

**IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE EFICACIA PARA EL
PROCESAMIENTO DE COMPONENTES AMBIENTALES, EN LA
PLATAFORMA AMBIENSQ SUITE DE LA EMPRESA K2 INGENIERÍA S.A.S.**

NATHALIA ANDREA ARIZA NIÑO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL FLORIDABLANCA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
2020**

**IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE EFICACIA PARA EL
PROCESAMIENTO DE COMPONENTES AMBIENTALES, EN LA
PLATAFORMA AMBIENSQ SUITE DE LA EMPRESA K2 INGENIERÍA S.A.S.**

NATHALIA ANDREA ARIZA NIÑO

**PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

DIRECTORA

MSc. CLAUDIA SOFIA QUINTERO DUQUE

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL FLORIDABLANCA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
2020**

NOTA DE ACEPTACIÓN

MSc. Claudia Sofia Quintero Duque
Docente supervisora

Bucaramanga, octubre de 2020

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a DIOS en agradecimiento por las bendiciones que recibo a diario de él, por permitirme cumplir mis sueños y no desfallecer en los momentos de oscuridad. También deseo compartir este logro con mi madre que ha sido mi motor, mi centro y por su amor incondicional que me demuestra cada día; este logro es tanto mío como suyo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por las bendiciones recibidas a diario, por iluminarme durante mi proceso de pregrado y culminarlo con éxito.

También quisiera agradecer a mis padres por todo el amor, a mis abuelos, mis tíos y primos por el apoyo, por las palabras de cariño y motivación que siempre me han brindado en mi vida; es un privilegio tenerlos y llamarlos familia.

De igual manera agradecerles a mis amigos a quienes han estado en las buenas y en las malas, quienes han celebrado cada logro que he alcanzado como si fueran de ellos mismos; como siempre he dicho no importa la cantidad de amigos que tenga sino la calidad de ellos y ustedes tienen esa calidad.

De último y no menos importante, quisiera agradecer a la empresa K2 Ingeniería S.A.S por la oportunidad que me dieron de poder realizar mis practicas con ellos, también por el apoyo y acompañamiento que tuve de cada uno. ¡GRACIAS TOTALES!

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	14
<i>2.1 Objetivo general</i>	14
<i>2.2 Objetivos específicos</i>	14
3. GLOSARIO	15
4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	18
5. MARCO TEÓRICO	20
6. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	25
6.1. Seguimiento y control a la plataforma AmbiensQ Suite	25
6.2. Realización de reportes de voladura cada diez minutos	27
6.3. Validación de datos y análisis de estaciones de monitoreo	30
6.5. Informes diarios y semanales de meteorología y aire	45
7. CONCLUSIONES	48
8. RECOMENDACIONES	49
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
10. ANEXOS	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Predicción meteorológica de Meteosim durante la voladura	28
Tabla 2. Procesamiento de datos meteorológicos por el método Meteosim	31
Tabla 3. Procesamiento de datos meteorológicos de una estación durante un mes	33
Tabla 4. Temperatura promedio diaria de todas las estaciones durante el mes analizado	37
Tabla 5. Temperatura promedio diaria de todas las estaciones durante el mes analizado	38
Tabla 6. Datos de cantidad y calidad del agua	40
Tabla 7. Prueba de cuartiles	41
Tabla 8. Validación de datos de pH	42
Tabla 9. Indicadores de calidad	42
Tabla 10. Resultados estadísticos de las variables in situ del periodo analizado	44

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Estructura Organizacional de K2 Ingeniería</i>	19
<i>Figura 2. Aporte de emisiones de fuentes fijas y móviles en inventarios de ciudades</i>	22
<i>Figura 3. Plataforma AmbiensQ Suite</i>	25
<i>Figura 4. Variables PM10 y PM 2.5</i>	26
<i>Figura 5. Datos de velocidad y dirección del viento cada 10 minutos procesados en la plantilla de Excel</i>	28
<i>Figura 6. Trayectoria del material particulado durante y después de la voladura</i>	29
<i>Figura 7. Reporte final de voladura</i>	30
<i>Figura 8. Perfil horario de la estación monitoreada durante el mes</i>	34
<i>Figura 9. Temperatura promedio horaria mensual de la estación</i>	34
<i>Figura 10. Temperatura promedio mensual de la estación monitoreada</i>	35
<i>Figura 11. Temperatura y precipitación diaria registrada</i>	35
<i>Figura 12. Descarga de datos desde la plataforma del IDEAM</i>	36
<i>Figura 13. Graficas obtenidas de los datos de temperatura de todas las estaciones analizadas</i>	38
<i>Figura 14. Comportamiento de la variable pH durante el periodo de análisis</i>	43
<i>Figura 15. Plantilla de Excel del componente meteorológico</i>	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de cantidad y calidad	55
Anexo 2. Validación de datos de la variable agua	56

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: IMPLEMENTACION DE ESTRATEGIAS DE EFICACIA PARA EL PROCESAMIENTO DE COMPONENTES AMBIENTALES, EN LA PLATAFORMA AMBIENSQ SUITE DE LA EMPRESA K2 INGENIERIA S.A.S.

AUTOR(ES): NATHALIA ANDREA ARIZA NIÑO

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR(A): CLAUDIA SOFIA QUINTERO DUQUE

RESUMEN

El presente documento contiene el desarrollo del seguimiento de las variables meteorológicas, aire y agua, utilizando las herramientas ofimáticas como plantillas de Excel y plataforma AmbiensQ Suite, con el objetivo de sistematizar los datos adquiridos en los diferentes proyectos que maneja la empresa K2 Ingeniería S.A.S de las variables ambientales. Se realizó la validación de datos por medio de plantillas de Excel, informes diarios y semanales de meteorología y aire; al igual que en el desarrollo de plantillas de Excel para determinar los indicadores de calidad de agua. El proceso permitió la sistematización de manera rápida del procesamiento de los componentes ambientales para el desarrollo de informes.

PALABRAS CLAVE:

monitoreo, variables ambientales, PM10, validación de datos, meteorología, aire, agua.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: IMPLEMENTATION OF EFFICIENCY STRATEGIES FOR THE PROCESSING OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS, IN THE PLATFORM AMBIENSQ SUITE OF THE COMPANY K2 INGENIERÍA S.A.S.

AUTHOR(S): NATHALIA ANDREA ARIZA NIÑO

FACULTY: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR: CLAUDIA SOFIA QUINTERO DUQUE

ABSTRACT

This document contains the development of the follow-up of the meteorological variables, air and water, using the office automation tools such as Excel templates and AmbiensQ Suite platform, with the aim of systematizing the data acquired in the different projects managed by K2 Ingeniería S.A.S of the environmental variables. Data validation was carried out by means of Excel templates, daily and weekly meteorology and air reports; as well as the development of Excel templates to determine water quality indicators. The process allowed the rapid systematization of the processing of the environmental components for the development of reports.

KEYWORDS:

monitoring, environmental variables, PM10, data validation, meteorology, air, water.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

La práctica empresarial, es una oportunidad de desarrollo de experiencia en el área laboral para los estudiantes de ingeniería ambiental, la cual no solo brinda la posibilidad de adquirir conocimientos técnicos, si no también reforzar la formación ya recibida en la academia, permitiendo al estudiante dar a conocer su trabajo en el campo de acción abriendo puertas a nivel profesional.

En el caso de estudiantes en ingeniería ambiental que desean llevar su carrera desde la rama enfocada a abordar problemáticas asociadas a la contaminación atmosférica, del agua y predicciones meteorológicas, ejecutando actividades de tipo sistemático, para el procesamiento y verificación de variables ambientales, resulta fundamental la experiencia de practica ya que esta permite el contacto con herramientas de medición tal como la plataforma AmbiensQ Suite, el cual es un software de gestión y organización que permite hacer un seguimiento a metas , programas, planes, obtener indicadores y estadísticas de componentes ambientales en tiempo real (AmbiensQ Suite, 2015).

La práctica fue desarrollada en la empresa K2 Ingeniería, empresa colombiana, que integra la experiencia en diferentes ingenierías y especialistas en áreas ambiental, civil, mecánica, electrónica y sistemas con el fin de ofrecer diferentes servicios en consultoría, monitoreo e integración de tecnologías, cabe resaltar que esta empresa se ha especializado en el área ambiental, sector en el que ha desarrollado proyectos que se han distinguido a nivel nacional (K2 ingeniería, 2017).

La labor consistió en la revisión diaria de la plataforma AmbiensQ Suite, con el fin de realizar reportes cada diez minutos de la velocidad y dirección del viento en el que se dispersa el material particulado producido por la voladura realizada en la labor minera, previniendo la llegada del mismo a la población residente en los alrededores, cada uno de los proyectos es monitoreado y se realizan diferentes métodos para la validación de datos relacionados con variables meteorológicas, una de ellas utilizando hojas de Excel creadas para este fin. Para el procesamiento de información meteorológica se utilizan herramientas como la plataforma AmbiensQ Suite y la plataforma del IDEAM. Dentro de las labores

igualmente se encuentra la realización de informes diarios y semanales de cada proyecto, todo lo anterior descrito con detalle a lo largo del presente trabajo académico.

Para la empresa la labor desarrollada desde el cargo de practicante ambiental, es importante puesto que agiliza la entrega de resultados necesarios para dar continuidad a las actividades que se desarrollan en los diferentes proyectos manejados por K2 Ingeniería S.A.S, permitiendo a su vez en la estudiante, el desarrollo de habilidades favorables para su formación profesional.

2. OBJETIVOS

2.1 *Objetivo general*

Implementación de estrategias de eficacia como la sistematización de datos, para el procesamiento de componentes ambientales y la verificación de las variables agua, aire y meteorología encontradas en la plataforma AmbiensQ Suite, en cada proyecto ejecutado, realizando actividades normativas y de cumplimiento establecidas por la empresa K2 Ingeniería S.A.S

2.2 *Objetivos específicos*

- . Seguimiento de los componentes ambientales de meteorología y aire, con el fin de realizar reportes diarios e informes semanales para el control de medidas a posibles afectaciones.
- . Validar los datos suministrados para la generación de la documentación necesaria en cada proyecto ambiental ejecutado por K2 ingeniería S.A.S
- . Determinar los indicadores de calidad de agua mediante las hojas de cálculo, para sistematizar la información como herramienta en la respectiva entrega.

3. GLOSARIO

Monitoreo ambiental: seguimiento continuo de los niveles de contaminación en una región específica con el fin de dar cumplimiento a los estándares establecidos o aplicar programas de estrategias con objetivos definidos (Sánchez, 2011)

AmbiensQ Suite: plataforma integrada de gestión ambiental diseñada para administrar la calidad del aire y las emisiones contaminantes, las cuales pueden expandible a otros recursos (Systems, s.f.).

Meteosim: plataforma creada para el desarrollo e investigación en modelos de simulación del tiempo de mesoescala y microescala en la industria eólica, calidad del aire y otros sectores meteorológicamente sensibles (METEOSIM, s.f.).

PST: se define como las partículas suspendidas totales, las cuales conforman la mezcla de compuestos microscópicos en forma líquida y sólida suspendida en el aire que varía dependiendo del tamaño, forma y composición (Subsecretaría Gestión Ambiental, 2017).

PM 10: son partículas como polvo, ceniza, hollín, metálicas, cemento ó polen dispersas en la atmósfera, las cuales tienen un diámetro inferior a 10 micras, que pueden penetrar en el aparato respiratorio y afectar los alveolos pulmonares. Las principales fuentes de estas partículas son la combustión industrial, domestica combustóleo, diesel, procesos industriales, incendios, erosión eólica y erupciones volcánicas (Sánchez, 2011).

PM 2.5: son aquellas partículas con diámetro inferior a 2.5 micras, estas partículas son nocivas para la salud, pues afecta el sistema respiratorio y circulatorio; en su composición se encuentran elementos tóxicos, como los metales pesados (Contaminación atmosférica, 2012).

Fuentes fijas: son instalaciones emplazadas en un solo sitio y no representan movilidad, su propósito es el de ejecutar operaciones o procesos industriales, comerciales y de servicios (Aragón, 2011).

Fuentes móviles: procesos emisores que se desplazan y no permanecen en un mismo sitio, como las emisiones de vehículos automotores, ferrocarriles, aviones y helicópteros (Aragón, 2011).

Nivel del agua: se define como la elevación de la superficie del agua en una corriente y en un punto determinado (De la Lanza, Caceres, Adame & Hernandez, s.f).

pH: Logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno, los cuales dan una aproximación de cuan ácida ó alcalina es el agua; estas se determinan con una prueba que varía de 0 (ácido), 7 (neutro) y 14 (alcalino) (De la Lanza, Caceres, Adame & Hernandez, s.f).

Conductividad: define la concentración total de sales solubles contenidas en el agua, la variación de la conductividad permite la información sobre la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica (Corporación Autónoma Regional del Tolima, s.f)

Oxígeno disuelto: la fuente principal del oxígeno es el aire, el cual se difunde en el agua por medio de la turbulencia en los ríos y el viento; normalmente los valores varían entre 7.0 y 8.0 mg/L. Este depende de factores como la reoxigenación atmosférica, respiración animal y vegetal, demanda bioquímica y béntica (Corporación Autónoma Regional del Tolima, s.f).

Turbiedad: es la opacidad producida en el agua por la materia particulada en suspensión como la arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica y microorganismos; estos materiales determinan la transferencia del agua que limita el paso de la luz a través de ella (Corporación Autónoma Regional del Tolima, s.f).

Sólidos disueltos totales (SDT): es la cantidad de materia disuelta en el agua, corresponde al residuo seco con filtración previa; esta materia puede ser orgánica o inorgánica tanto en aguas subterráneas como superficiales (Lapeña, p,32).

4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

K2 INGENIERÍA S.A.S

Es una empresa colombiana, que cuenta con 20 años de experiencia en el área de la ingeniería especialmente ambiental, civil, mecánica, electrónica y sistemas, ofreciendo al mercado servicios de consultoría, monitoreo e integración de tecnologías. Cuenta con un gran recorrido en el área ambiental, sector en el cual ha desarrollado proyectos de un gran impacto nacional como internacional; perfilándose como una de las principales organizaciones proveedoras de consultoría ambiental en el país, por su labor de investigación, desarrollo, implementación y distribución de nuevas tecnologías al mercado en el sector público y privado.

La empresa ha desarrollado su actividad bajo dos premisas principales, el desarrollo de proyectos integrales con visión de largo plazo y resultados sobresalientes de proyección nacional e internacional, y proyectos de integración y personalización de sistemas de administración ambiental, donde se fusiona el manejo, transmisión y automatización de instrumentación y validación de información, utilizando herramientas de alta tecnología, como software base web, SIG, módulos telemétricos, entre otros.

4.1 MISIÓN

K2 ingeniería es una organización de conocimiento especializado en ingeniería ambiental, que brinda servicios a través de proyectos de alto impacto y calidad superior, donde la innovación y tecnología de punta son la inspiración fundamental.

4.2 VALORES CORPORATIVOS

- . Innovación
- . Recompensa al mérito
- . Confianza
- . Sacrificio
- . Imagen

. Superioridad

4.3 ORGANIGRAMA

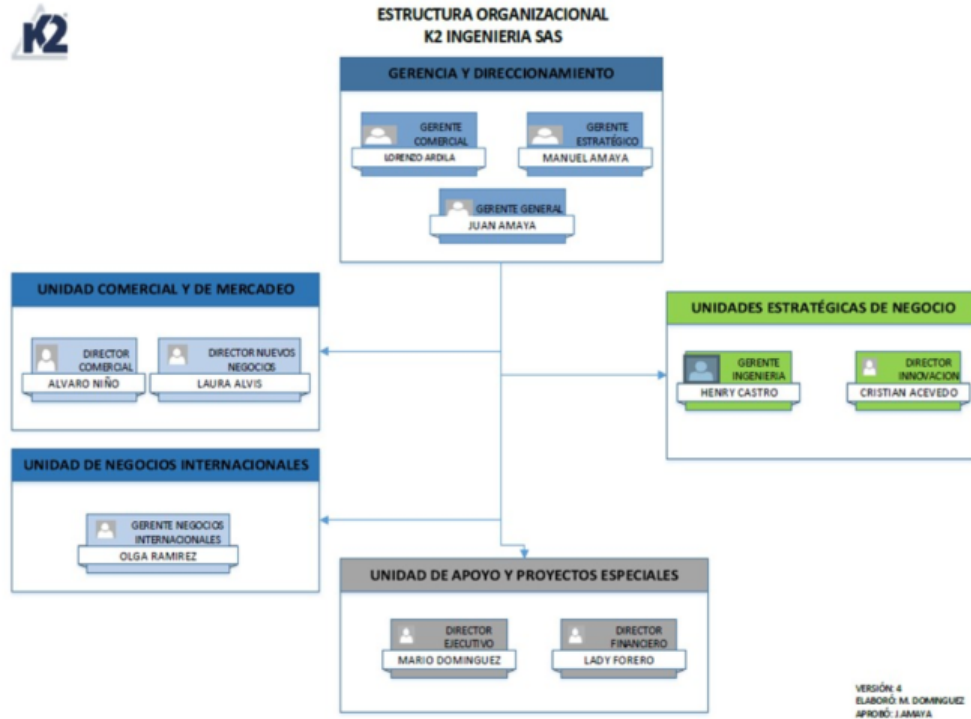


Figura 1. Estructura Organizacional de K2 Ingeniería

4.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La empresa K2 INGENIERIA S.A.S está compuesta por gerencia y direccionamiento, que a su vez está conformada por el gerente comercial, estratégico y gerente general. Las actividades económicas que desempeña la empresa se dividen en cuatro unidades diferentes de negocio las cuales son, unidad comercial y de mercado, unidad de negocios internacionales, unidad de apoyo y proyectos especiales y unidades estratégicas de negocio; la unidad donde se desarrollará la práctica empresarial será en el área de estrategias de negocio, la cual es la encargada de realizar consultorías y monitoreos ambientales obtenidos de los diferentes proyectos a nivel nacional.

5. MARCO TEÓRICO

Suarez y Molina (2014) señalan que el desarrollo industrial induce la reactivación económica en el territorio donde se genera, mejorando así la calidad de vida de la población, sin embargo también es capaz de generar una influencia negativa sobre el bienestar y la salud de la misma, debido a diversas formas de contaminación del aire, agua y suelo, agotamiento de recursos naturales y degradación de los mismos, por lo cual se hace necesario prevenir el impacto ambiental y en la salud, derivados de estos proyectos, utilizando diferentes estrategias entre ellas el monitoreo ambiental. López, De armas, Almeida y Alonzo (2012), indican que este constituye uno de los instrumentos fundamentales para materializar la gestión ambiental, siendo mayormente abordado en el ámbito del manejo de los recursos naturales y de la biodiversidad, sin dejar de ser importante en el ámbito empresarial donde la gestión ambiental se hace cada vez más fundamental.

Los mismos autores citan a Sors (1987) definiendo el monitoreo ambiental como “un sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control” (p.2). Hernández, López y Moya (2019) por su parte citan a la Unesco (2002) quienes indican que el monitoreo ambiental permite que se genere una evaluación constante del proceso de gestión ambiental, donde se identifican aspectos equivocados que deben ser solucionados, permite la detección de desperdicios, impactos no previstos, eventos del proceso productivo que pueden elevar costos, al igual que comprobar que las medidas ambientales se están llevando a cabo y cuál es su eficacia.

Existen fuentes de contaminación atmosférica de origen humano y natural, como son el consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad, los medios de transporte, procesos industriales y el uso de disolventes, la agricultura, el tratamiento de residuos; entre las emisiones de tipo natural se encuentran las erupciones volcánicas, el polvo arrastrado por el viento, el aerosol de sal marina y las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de las plantas. (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2017). Por esto, el control de variables meteorológicas resulta igualmente importante, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (2016) citado por Ruiz, Vides y Pardo (2018) “la información suministrada por las estaciones es vital para monitorear el cambio climático,

el comportamiento de las cuencas hidrográficas y en la determinación de recursos eólicos y solares, así como en el establecimiento de políticas relacionadas con el medio ambiente” (P.334).

En Colombia, el monitoreo y control de la contaminación atmosférica se ha vuelto cada vez más relevante, debido a que, según cifras del Departamento Nacional de Planeación, durante el año 2015, los efectos de la contaminación del aire estuvieron asociados a 10.527 muertes y 67,8 millones de síntomas y enfermedades, lo cual pone en evidencia la necesidad de seguir implementando estrategias para controlar, evaluar y monitorear este elemento (IDEAM, s.f). Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, el nivel máximo permisible de PM10 y PM2.5 es de $75 \mu\text{m}/\text{m}^3$ en un tiempo de exposición de 24 horas (resolución 2454 de 2017). El material particulado es uno de los compuestos de mayor estudio y de los que mayor afectación para la salud de la población produce, ya que tal como refiere Sbarato, Sbarato y Ortega (2004) está constituido por partículas sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en el aire con composición química diversa y su tamaño variable entre 0,005 y 100 μg de diámetro aerodinámico; este material es producido por motores ciclo Diesel y la combustión incompleta de combustible sólidos, o por la condensación de vapores de ácido y compuestos orgánicos semi volátiles.

De acuerdo con el informe del estado de la calidad del aire en Colombia del 2018, desarrollado por el IDEAM (2019), el incremento de material particulado se debe a que el 77,1% de los habitantes del país se ubican en las cabeceras municipales, lo cual acelera actividades como el crecimiento del parque automotor, la industrialización de actividades agrícolas y artesanales, la ubicación de actividades mineras con fines de explotación y construcción que si no se realizan de manera racional y proporcionada, aumentan la liberación de sustancias potencialmente contaminantes a la atmósfera, generando graves efectos en el ambiente y por ende en la salud de las personas.

En el Estudio de Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia, realizado por el Observatorio Nacional de Salud (ONS), se evidenció que la contaminación atmosférica es el principal factor de riesgo ambiental, por encima de la mala calidad del agua y la exposición a metales tóxicos o peligrosos, y con el potencial de ocasionar 15.681 muertes anuales asociadas a diferentes enfermedades respiratorias, cardíacas y cerebro vasculares (IDEAM,

2019). No solo en Colombia la población se ve afectada por la contaminación atmosférica, a nivel mundial según datos de la Organización Mundial de la Salud, OMS (2018) “nueve de cada diez personas respiran aire con altos niveles de contaminantes. Las estimaciones actualizadas muestran que siete millones de personas mueren cada año por la contaminación del aire ambiente (de exteriores) y doméstico; es una cifra alarmante”.

El sistema de información ambiental de Colombia SIAC (s.f) indica que según los inventarios de emisiones realizados para los centros urbanos, en las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali, el material particulado es emitido principalmente por la quema de combustibles fósiles, por el transporte automotor y el sector industrial, se estima que aproximadamente el 80 % de las partículas PM 2,5 son generadas por las fuentes móviles mientras que el 20 % restante lo aportan las fuentes fijas.

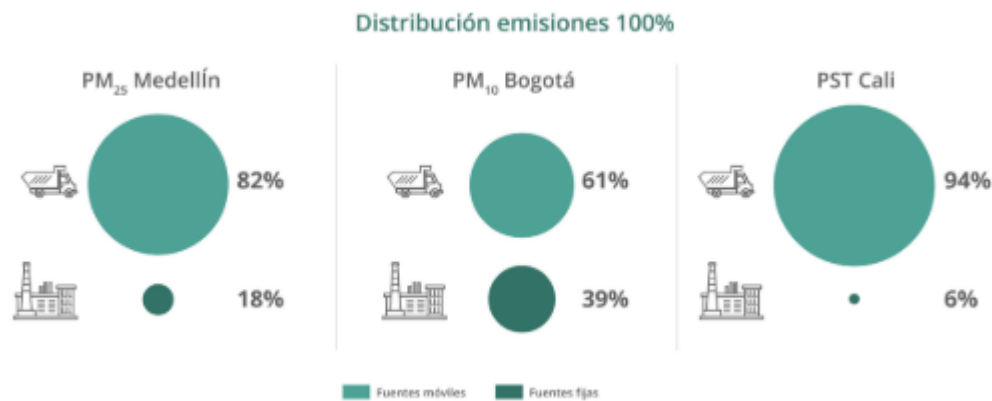


Figura 2. Aporte de emisiones de fuentes fijas y móviles en inventarios de ciudades

Fuente: IDEAM, 2018

El IDEAM (2019) reporta que, en Colombia durante el año 2018, se contó con 203 estaciones de monitoreo, siendo 169 fijas y 34 indicativas, el monitoreo abarcó 83 municipios y 22 departamentos, tanto para PM10 y PM2.5 los lugares donde la calidad del aire sobrepasó el límite máximo establecido por la norma fueron en, localizadas en Bogotá, La Jagua de Ibirico (Cesar), Barranquilla, Sabaneta (Antioquia) y Medellín.

Por su parte, para el Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía, OSMAN (s.f) señala que otra variable ambiental importante de monitorear y tener control es el ruido ambiental, ya que es una de las grandes problemáticas en las ciudades y en lugares donde se ejecutan grandes proyectos industriales, definiendo el ruido como aquel sonido no deseado o nocivo generado por las actividades humanas. El ruido Ambiental es generado por fuentes móviles y fijas, siendo de las que más afectan a la población directamente, generando la aparición de diferentes problemáticas de tipo auditivo, además de otras como estrés, pérdida de sueño, ansiedad, depresión, cambios en el comportamiento y baja productividad. La ley colombiana vigente sobre Ruido Ambiental establece horarios diurnos de 7:01 a las 21:00 horas y nocturno de las 21:01 a las 7:00 horas para generar ruido, los niveles máximos permisibles de su emisión se caracterizan dependiendo del lugar en que se encuentren y está entre los rangos de 55 dB en lugares tranquilos y el máximo de 75 dB en zonas de industrias en general (Resolución 0627 de 2006).

Otro de los recursos ambientales gravemente afectados y necesariamente monitoreado es el agua, necesaria gracias a su contribución con la regular del clima del planeta e indispensable para la existencia humana, siendo igualmente importante su control y seguimiento ya que su fácil contaminación genera enfermedades crónicas en las personas, según la Organización Mundial de la Salud (2012) citada Gamarra, Muñoz, Osorio y Sánchez (s.f) “se calcula que las enfermedades diarreicas causan alrededor del 3,6% del total de los años de vida ajustados en función de la discapacidad debidos a enfermedades y causan 1,5 millones de fallecimientos cada año” (p.2).

Escobar (2002) señala que entre el 70% y el 75% de la contaminación marina global es consecuencia de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre, donde un 90% de los contaminantes es transportado por los ríos al mar; el panorama de la contaminación hídrica en América Latina y el Caribe señala es producto descargas municipales de origen doméstico e industrial, seguido de las mineras, por otro lado la actividad agrícola utiliza un promedio cercano al 70% de todas las fuentes de suministro de agua siendo reconocida como una de las principales fuentes difusas de contaminación de agua dulce y costera, encontrando también las diferentes formas de explotación minera, que constituyen una fuente de contaminación que puede llegar a niveles significativos,

dependiendo de los métodos, equipos, minerales, volúmenes y disposición de los materiales estériles o relaves, pueden afectar el suelo, el aire y el agua, por separado o combinadamente. El mismo autor citando a Kraemer, Choudhury y Kampa (2001) indica que la mayor parte de los efluentes industriales que ocurren en la región, son descargados a las redes de alcantarillado municipales y transportadas a los ríos que drenan al mar u otros cuerpos de agua, en conjunto con los desechos domésticos.

En Colombia, según Ojeda y Arias (2000) citados por Escobar (2002), las industrias vierten a los ríos “142.000 m³ /día de desechos sin carne, 102.600 m³ /día de minerales, 76.000 m³ /día de desechos de la fabricación del vidrio, 60.000 m³ /día de derivados de la fabricación de cerveza, 59.640 m³ /día de la industria del papel” sumado a los vertimientos de las poblaciones ribereñas, que comprende cerca de 4.400 t/día de sólidos (SS), además de que las actividades económicas aportan al Pacífico más de 84.000 galones/año de residuos de combustibles, no especificados y más de 27 millones de toneladas/año de sólidos. Cabe mencionar que actualmente, el país cuenta con la vigencia de la normativa 631 de 2015 expedida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, la cual establece los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales, a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público dictando igualmente otras disposiciones (Resolución 631 de 2015).

6. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

En el transcurso de la práctica empresarial, se ejecutaron actividades relacionadas con la ingeniería ambiental, las cuales permitieron desarrollar mayor conocimiento práctico y mejorando las habilidades para el manejo de softwares y herramientas ofimáticas con las que cuenta la empresa, facilitando el cumplimiento a los objetivos inicialmente planteados.

6.1. Seguimiento y control a la plataforma AmbiensQ Suite

Para el cumplimiento de esta actividad, todos los días se debe revisar la plataforma AmbiensQ Suite, en la cual se recopilan y almacenan los datos obtenidos de las variables ambientales, de los diferentes proyectos mineros en donde la empresa opera, en la figura 3 se observa el inicio de la plataforma cuando se selecciona un proyecto, y se puede identificar las diferentes opciones que tiene.

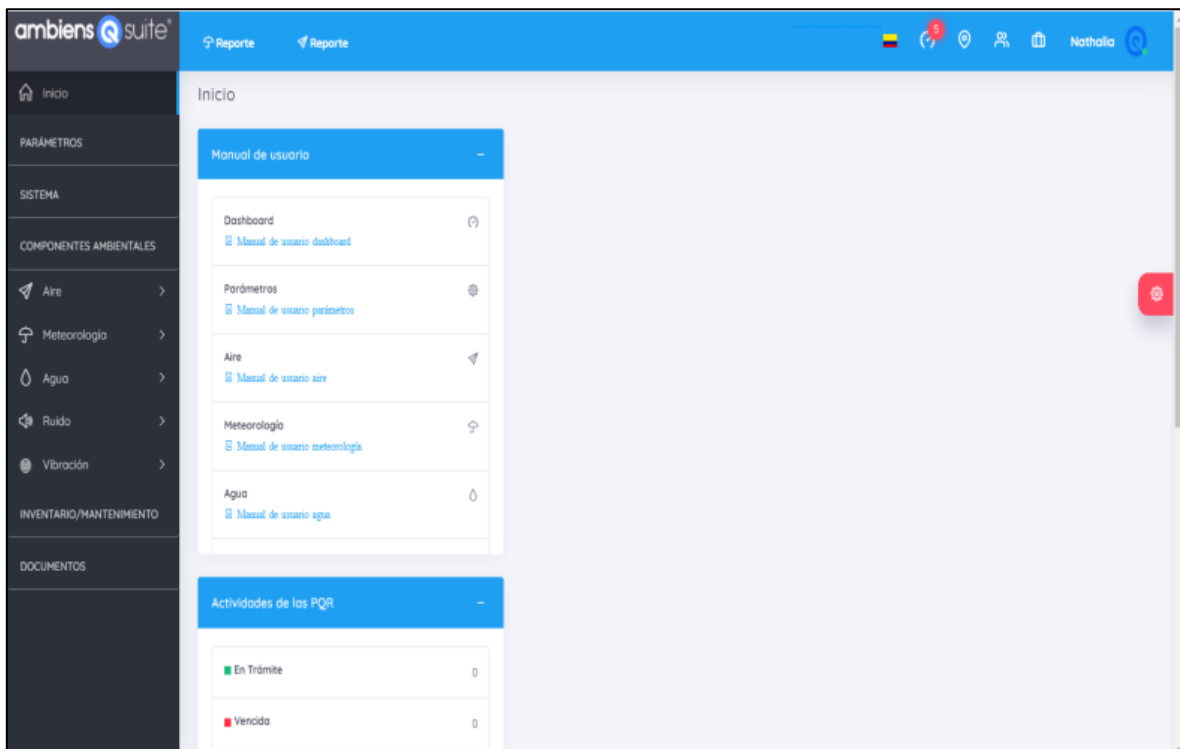


Figura 3. Plataforma AmbiensQ Suite

La figura 4 muestra las diferentes variables ambientales cuando se selecciona la fecha inicial y final, así como la estación, variable y resolución temporal. En este caso se seleccionó tres estaciones, las variables PM 10, PM 2.5 y sin agrupar, lo que significa que se mostrarán todos los datos recolectados cada 10 minutos, de esta forma se puede llevar un seguimiento de las estaciones y verificar el cumplimiento de los límites establecidos para cada variable.

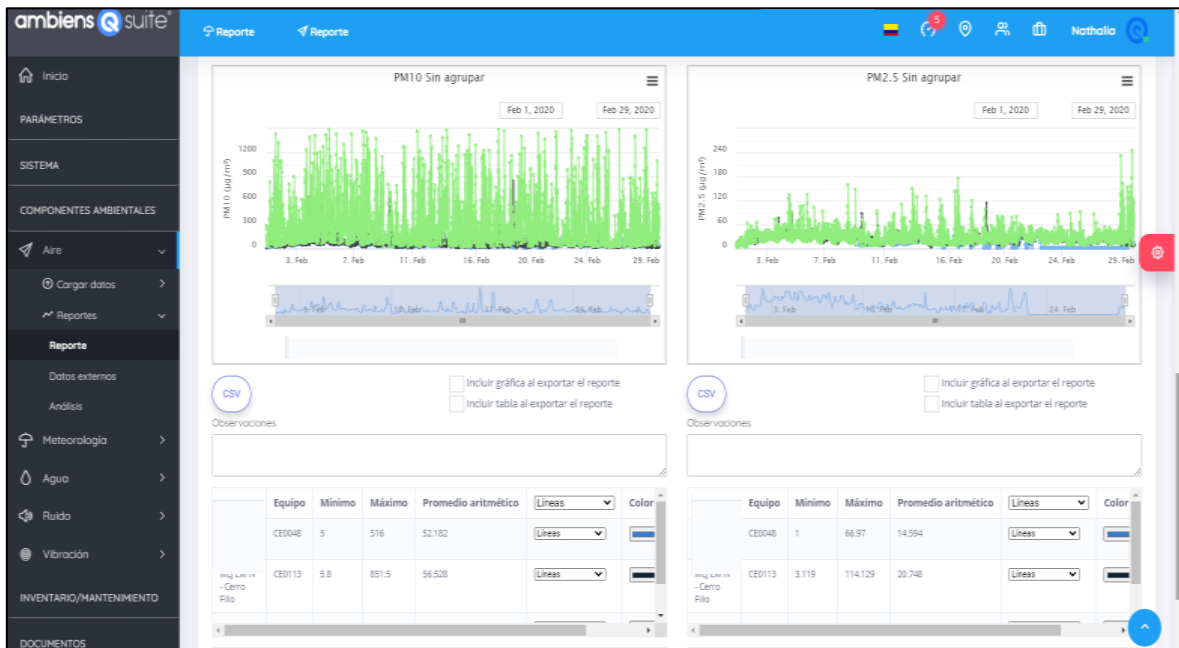


Figura 4. Variables PM10 y PM 2.5

En su revisión se debe controlar que los valores recolectados estén entre los siguientes límites:

Parámetros meteorológicos

Dirección del viento: 0 a 360°

Velocidad del viento: 0 a 20 m/s

Humedad Relativa: 45 a 100%

Temperatura: 22 a 35°C

Radian Solar: 0 a 1200 W/m²

Presión atmosférica: Mayor e igual a 740 mmHg

Parámetros atmosféricos

PM10: 5 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Solo una estación contiene concentraciones mayores a 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Parámetros para agua

Los caudales manejados por la empresa van de 8,5 a 60 m^3/s .

Parámetros para ruido

Rango entre 45 a 85 dB

En caso de presentarse un valor atípico en alguna de las estaciones monitoreadas se debe informar al ingeniero a cargo para determinar la causa raíz del evento e iniciar acciones correctivas; ya sea una falla en los equipos de medición, un error humano o por condiciones ambientales.

6.2. Realización de reportes de voladura cada diez minutos

Los reportes de voladura permiten conocer la velocidad y dirección del viento, los cuales son necesarios antes y durante la voladura ya que este proceso genera una gran nube de material particulado, cuando se presentan velocidades mayores a 5 m/s, la masa de aire se desplaza hacia las poblaciones aledañas generando mayor dispersión, sin embargo, cuando es menor a 5 m/s la dispersión de la nube de polvo es lenta, evitando afectaciones a la calidad del aire de las poblaciones vecinas.

Este reporte se realiza todos los días entre las 11:00h y 12:00h, la información de las variables velocidad y dirección del viento se descarga cada 10 minutos, estos datos son procesados en una tabla de Excel como se observa en la figura 5. La tabla de Excel permite observar la dirección del viento (N-S-O-E) y la velocidad del viento en m/s más frecuente en los 10 minutos analizados.

FECHA	WS	WD	DIRECCIÓN	FECHA
4/02/2020 11:30	2.24	308	NW	4/02/2020 11:30
4/02/2020 11:31	2.68	282	SSW	4/02/2020 11:31
4/02/2020 11:32	3.13	265	W	4/02/2020 11:32
4/02/2020 11:33	2.24	334	SSW	4/02/2020 11:33
4/02/2020 11:34	2.84	322	SSW	4/02/2020 11:34
4/02/2020 11:35	2.24	309	NW	4/02/2020 11:35
4/02/2020 11:36	2.64	319	NW	4/02/2020 11:36
4/02/2020 11:37	2.79	319	NW	4/02/2020 11:37
4/02/2020 11:38	3.13	292	SSW	4/02/2020 11:38
4/02/2020 11:39	2.45	283	SSW	4/02/2020 11:39

WS max - WD		WS promedio - WD Predominante		
Fecha	WS	WD	WS	WD
4/02/2020 11:30	0.0	#¡VALOR!	2.7	SSW

Process

*Cuando la celda en amarillo no encuentre el vector predominante, usar la dirección predominante en la casilla de color azul

Figura 5. Datos de velocidad y dirección del viento cada 10 minutos procesados en la plantilla de Excel

En la tabla 1 se puede observar la predicción meteorológica que arroja la plataforma Metosim relacionada con el tiempo de la voladura, es importante tener estos datos ya que se debe dar seguimiento a la trayectoria del material particulado de acuerdo a las condiciones meteorológicas.

PREDICCIÓN-METEO SIM			
	WSPD 10M	WDIR 10M	
	(m/s)	(°)	
4/02/2020 11:00	3	231	SW
4/02/2020 12:00	2	236	SW
4/02/2020 13:00	3	241	SW
4/02/2020 14:00	2	243	SW

Fecha y hora (UTC-5)	TOTAL CLDR (%)	TEMP 2M (°C)	HUM 2M (%)	WSPD 10M (m/s)	WDIR 10M (°)	WGUST 10M (m/s)	CLOUDS (%)	PREC (mm)	PBLH (m)	KINDEX (%)	MSLP (hPa)
4/02/2020 11:00	0	33	38	3	231	3	0	0	1276	20	1011
4/02/2020 12:00	0	34	35	2	236	2	0	0	1518	25	1009
4/02/2020 13:00	0	36	31	3	241	3	0	0	1803	27	1008
4/02/2020 14:00	0	36	29	2	243	2	0	0	2081	30	1007

Tabla 1. Predicción meteorológica de Meteosim durante la voladura

En la figura 6 se muestra un ejemplo de un mapa de zona de voladura y la predicción de la trayectoria de las partículas durante la hora de la voladura.

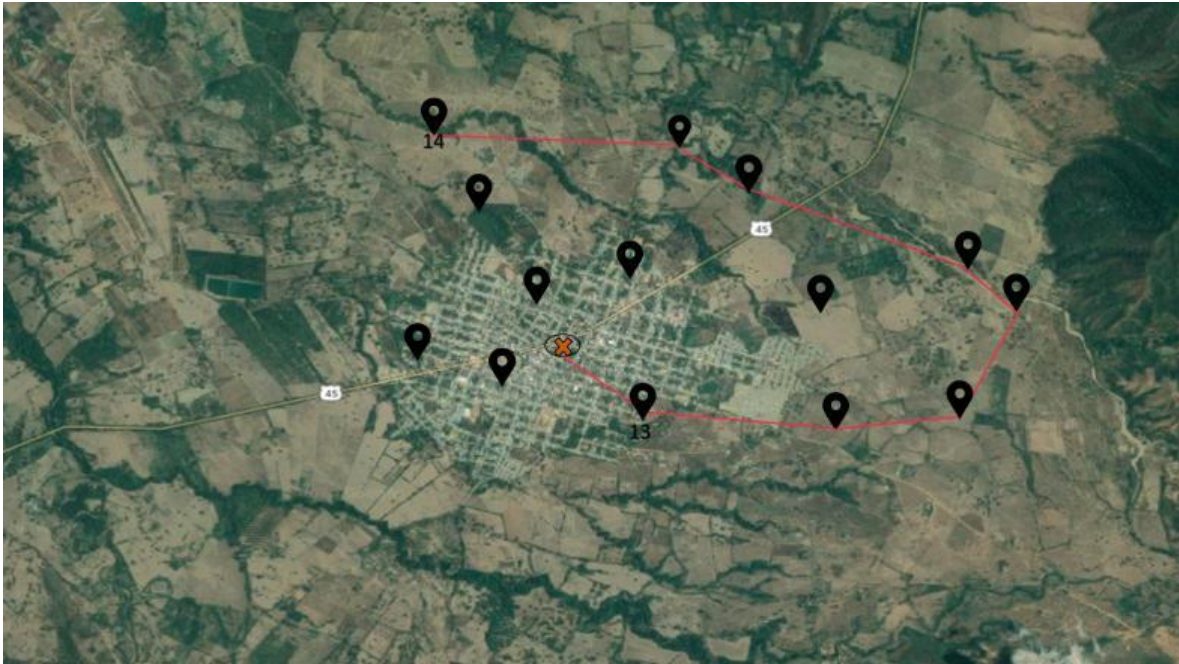


Figura 6. Trayectoria del material particulado durante y después de la voladura

La plataforma Meteosim de igual forma pronostica la dispersión del material partícula durante la operación de la voladura, así como también determina las diferentes concentraciones y el área que puede alcanzar el material particulado.

En la figura 7 se observa el ejemplo de un reporte final de voladura realizado desde las 11:20hr hasta las 11:30hr, este reporte se envía junto con la trayectoria y dispersión del material particulado a los encargados del proyecto, para tener un mejor conocimiento de las condiciones meteorológicas.

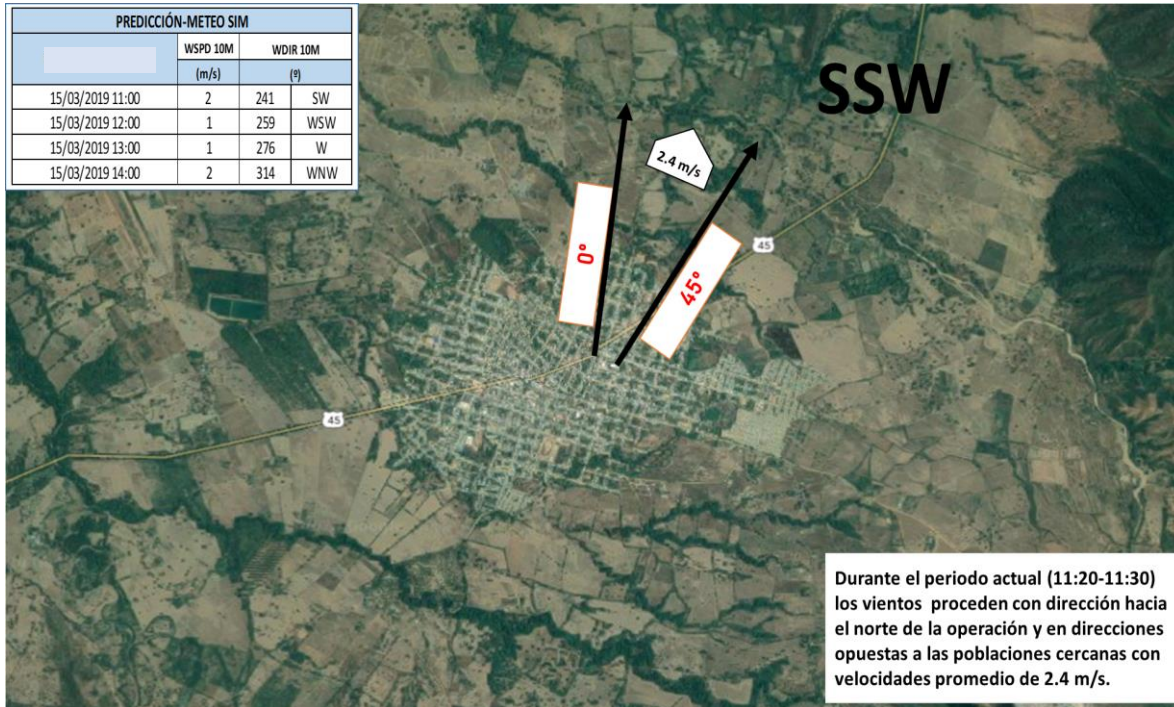


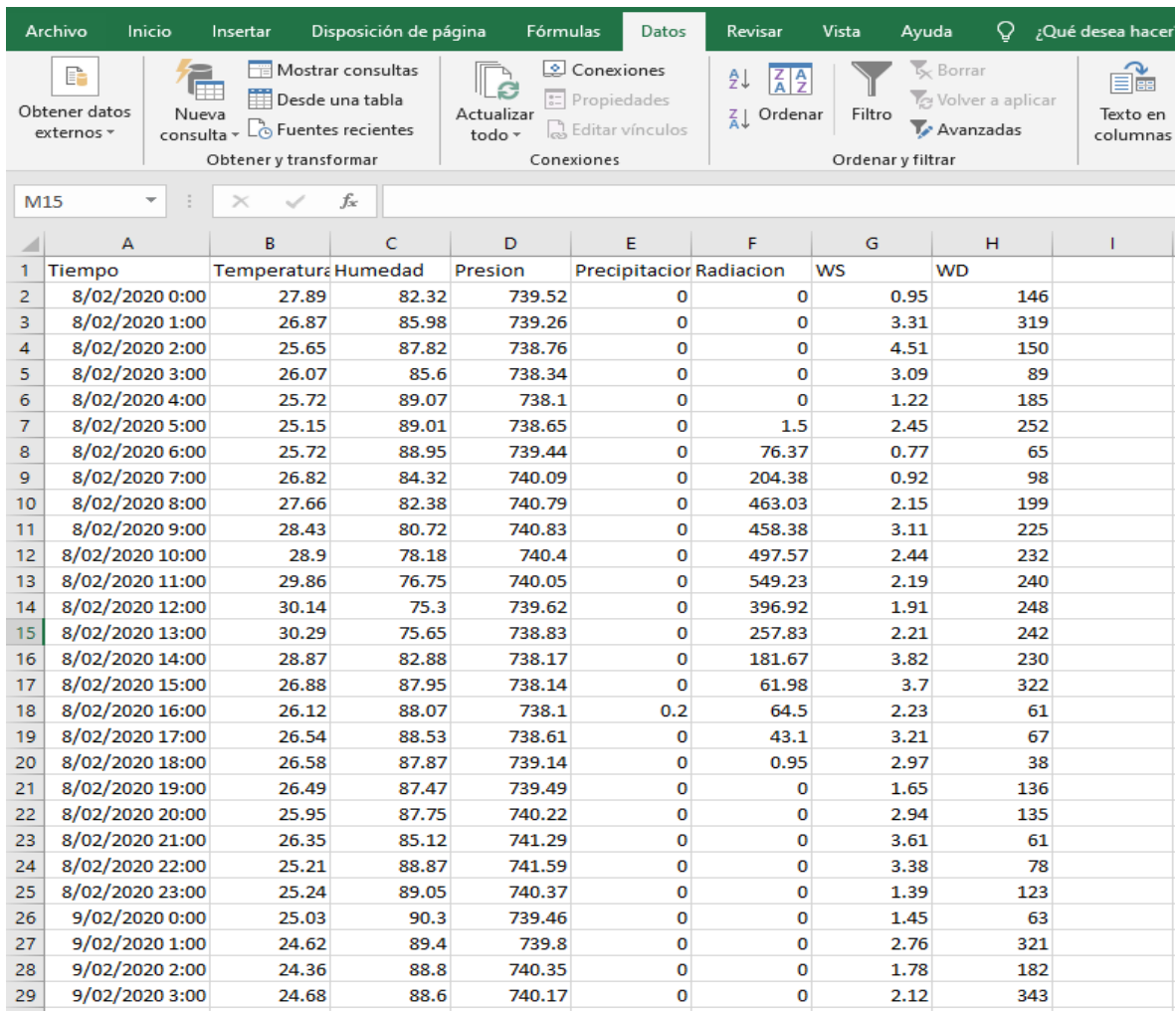
Figura 7. Reporte final de voladura

6.3. Validación de datos y análisis de estaciones de monitoreo

Para cada estación y proyecto se realiza la validación de datos de diferente manera, como se explica continuación:

6.3.1. Variables meteorológicas, se realiza día por medio (METEOSIM)

En la plataforma AmbiensQ Suite se descargan los datos de temperatura, humedad, presión, precipitación, radiación, velocidad y dirección del viento, estos datos se analizan con el fin que no existan datos atípicos o casillas vacías; ya que al momento de cargar datos se encuentran estos errores en el sistema, y se procede a organizar la información procesada en columnas para pegar en una plantilla de Excel, para posteriormente ser subida a la plataforma METEOSIM como se evidencia en la tabla 2.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Tiempo	Temperatura	Humedad	Presion	Precipitacion	Radiacion	WS	WD	
2	8/02/2020 0:00	27.89	82.32	739.52	0	0	0.95	146	
3	8/02/2020 1:00	26.87	85.98	739.26	0	0	3.31	319	
4	8/02/2020 2:00	25.65	87.82	738.76	0	0	4.51	150	
5	8/02/2020 3:00	26.07	85.6	738.34	0	0	3.09	89	
6	8/02/2020 4:00	25.72	89.07	738.1	0	0	1.22	185	
7	8/02/2020 5:00	25.15	89.01	738.65	0	1.5	2.45	252	
8	8/02/2020 6:00	25.72	88.95	739.44	0	76.37	0.77	65	
9	8/02/2020 7:00	26.82	84.32	740.09	0	204.38	0.92	98	
10	8/02/2020 8:00	27.66	82.38	740.79	0	463.03	2.15	199	
11	8/02/2020 9:00	28.43	80.72	740.83	0	458.38	3.11	225	
12	8/02/2020 10:00	28.9	78.18	740.4	0	497.57	2.44	232	
13	8/02/2020 11:00	29.86	76.75	740.05	0	549.23	2.19	240	
14	8/02/2020 12:00	30.14	75.3	739.62	0	396.92	1.91	248	
15	8/02/2020 13:00	30.29	75.65	738.83	0	257.83	2.21	242	
16	8/02/2020 14:00	28.87	82.88	738.17	0	181.67	3.82	230	
17	8/02/2020 15:00	26.88	87.95	738.14	0	61.98	3.7	322	
18	8/02/2020 16:00	26.12	88.07	738.1	0.2	64.5	2.23	61	
19	8/02/2020 17:00	26.54	88.53	738.61	0	43.1	3.21	67	
20	8/02/2020 18:00	26.58	87.87	739.14	0	0.95	2.97	38	
21	8/02/2020 19:00	26.49	87.47	739.49	0	0	1.65	136	
22	8/02/2020 20:00	25.95	87.75	740.22	0	0	2.94	135	
23	8/02/2020 21:00	26.35	85.12	741.29	0	0	3.61	61	
24	8/02/2020 22:00	25.21	88.87	741.59	0	0	3.38	78	
25	8/02/2020 23:00	25.24	89.05	740.37	0	0	1.39	123	
26	9/02/2020 0:00	25.03	90.3	739.46	0	0	1.45	63	
27	9/02/2020 1:00	24.62	89.4	739.8	0	0	2.76	321	
28	9/02/2020 2:00	24.36	88.8	740.35	0	0	1.78	182	
29	9/02/2020 3:00	24.68	88.6	740.17	0	0	2.12	343	

Tabla 2. Procesamiento de datos meteorológicos por el método Meteosim

La validación de las variables ambientales se realiza para calibrar el modelo de predicción meteorológico en tiempo real, esta información es cargada a la plataforma Meteosim.

6.3.2. Ruido ambiental, se realiza semanalmente

La información es descargada todos los lunes de los equipos por los técnicos de campo, estos datos se procesan en un programa llamado dBitrat, el cual arroja valores máximos, mínimos, niveles estadísticos como el percentil 90 y 10, los cuales se cargan a la plataforma de manera manual.

6.3.3. Procesamiento de la información meteorológica

Para uno de los proyectos que es ejecutado por K2 Ingeniería, se debe realizar el procesamiento de los datos de doce (12) estaciones, cada estación cuenta con una plantilla de Excel la cual genera gráficas y promedios de las diferentes variables meteorológicas analizadas.

En otra plantilla de Excel llamada ‘Gráficas Meteorológicas’ se inserta los datos de temperatura, precipitación y velocidad del viento tanto diaria y horaria, esto se realiza para generar las gráficas de las estaciones monitoreadas, las cuales van en un informe mensual enviado a una entidad nacional, esta actividad se realiza al inicio de cada mes durante todo el año.

Hay tres maneras de procesar esta información, que son:

6.3.3.1. Plataforma AmbiensQ Suite

Se descargan los datos del mes de las variables meteorológicas en tres grupos, primer grupo, temperatura, humedad, presión y radiación solar, segundo grupo, velocidad y dirección del viento; tercer grupo precipitación, esto se debe a que los equipos miden en horas diferentes. Al tenerlos se copian en una plantilla de Excel con el nombre de la estación la cual tiene la información de los meses anteriores, a estos datos se les llama ‘datos crudos’ lo cual significa que este es el historial de los datos, cada variable meteorológica se pega en hojas separadas, estas están configuradas para que arrojen gráficas de cada variable y datos mínimos, máximos y promedios. Se debe analizar que los datos no sean atípicos o que las gráficas tengan un comportamiento común o parecidas a meses anteriores; un ejemplo de esto se puede observar en la tabla 3.

ID_2	ID	Fecha Hora	Date	Time	Temp_Out	Estadísticos	Temp (°C)	Fecha Diaria	Temp (°C)
120200	438310	1/01/2020 0:00	1/01/2020	12:00 a. m.	26.26	Numero de Datos	22440	1/01/2020	28.42
120200	438310	1/01/2020 0:10	1/01/2020	12:10 a. m.	26.15	Promedio	30.29	2/01/2020	28.04
120200	438310	1/01/2020 0:20	1/01/2020	12:20 a. m.	25.99	Max Inst.	40.772	3/01/2020	28.58
120200	438310	1/01/2020 0:30	1/01/2020	12:30 a. m.	25.86	Fecha_hora Max Int.	5/03/2020 15:00	4/01/2020	28.96
120200	438310	1/01/2020 0:40	1/01/2020	12:40 a. m.	25.72	Min Inst.	18.68	5/01/2020	28.83
120200	438310	1/01/2020 0:50	1/01/2020	12:50 a. m.	25.56	Fecha_hora Min Int	10/01/2020 6:50	6/01/2020	27.66
120201	438311	1/01/2020 1:00	1/01/2020	1:00 a. m.	25.45	Desv. Estandar	4.41	7/01/2020	28.95
120201	438311	1/01/2020 1:10	1/01/2020	1:10 a. m.	25.31			8/01/2020	29.30
120201	438311	1/01/2020 1:20	1/01/2020	1:20 a. m.	25.18			9/01/2020	30.05
120201	438311	1/01/2020 1:30	1/01/2020	1:30 a. m.	25.07			10/01/2020	28.51
120201	438311	1/01/2020 1:40	1/01/2020	1:40 a. m.	24.99			11/01/2020	30.36
120201	438311	1/01/2020 1:50	1/01/2020	1:50 a. m.	24.82			12/01/2020	30.32
120202	438312	1/01/2020 2:00	1/01/2020	2:00 a. m.	24.68			13/01/2020	30.12
120202	438312	1/01/2020 2:10	1/01/2020	2:10 a. m.	24.57			14/01/2020	30.13
120202	438312	1/01/2020 2:20	1/01/2020	2:20 a. m.	24.45			15/01/2020	31.14
120202	438312	1/01/2020 2:30	1/01/2020	2:30 a. m.	24.32			16/01/2020	31.22
120202	438312	1/01/2020 2:40	1/01/2020	2:40 a. m.	24.24			17/01/2020	31.58
120202	438312	1/01/2020 2:50	1/01/2020	2:50 a. m.	24.18			18/01/2020	30.90
120203	438313	1/01/2020 3:00	1/01/2020	3:00 a. m.	24.09			19/01/2020	31.77
120203	438313	1/01/2020 3:10	1/01/2020	3:10 a. m.	24.04			20/01/2020	29.17
120203	438313	1/01/2020 3:20	1/01/2020	3:20 a. m.	24			21/01/2020	29.08
120203	438313	1/01/2020 3:30	1/01/2020	3:30 a. m.	24			22/01/2020	27.21
120203	438313	1/01/2020 3:40	1/01/2020	3:40 a. m.	23.97			23/01/2020	28.92
120203	438313	1/01/2020 3:50	1/01/2020	3:50 a. m.	23.97			24/01/2020	28.62
120204	438314	1/01/2020 4:00	1/01/2020	4:00 a. m.	23.98			25/01/2020	29.61
120204	438314	1/01/2020 4:10	1/01/2020	4:10 a. m.	23.89			26/01/2020	29.46
120204	438314	1/01/2020 4:20	1/01/2020	4:20 a. m.	23.83			27/01/2020	29.00
120204	438314	1/01/2020 4:30	1/01/2020	4:30 a. m.	23.8			28/01/2020	28.96
120204	438314	1/01/2020 4:40	1/01/2020	4:40 a. m.	23.69			29/01/2020	28.01
120204	438314	1/01/2020 4:50	1/01/2020	4:50 a. m.	23.66			30/01/2020	29.53
120205	438315	1/01/2020 5:00	1/01/2020	5:00 a. m.	23.64			31/01/2020	30.07

Tabla 3. Procesamiento de datos meteorológicos de una estación durante un mes

En la figura 8, se evidencia el comportamiento horario de la temperatura durante todo el mes de enero, los colores dependen de la intensidad del calor, las menores temperaturas van asociadas a los colores blanco y el amarillo claro, las temperaturas mayores se reflejan con los colores naranja y rojo. De la figura se concluye que las menores temperaturas se presentan entre las 21:00hr hasta las 06:00hr de cada día, las mayores temperaturas se registran desde las 10:00hr hasta las 17:00hr. La gráfica permite observar la temperatura promedio horario durante todo el mes.

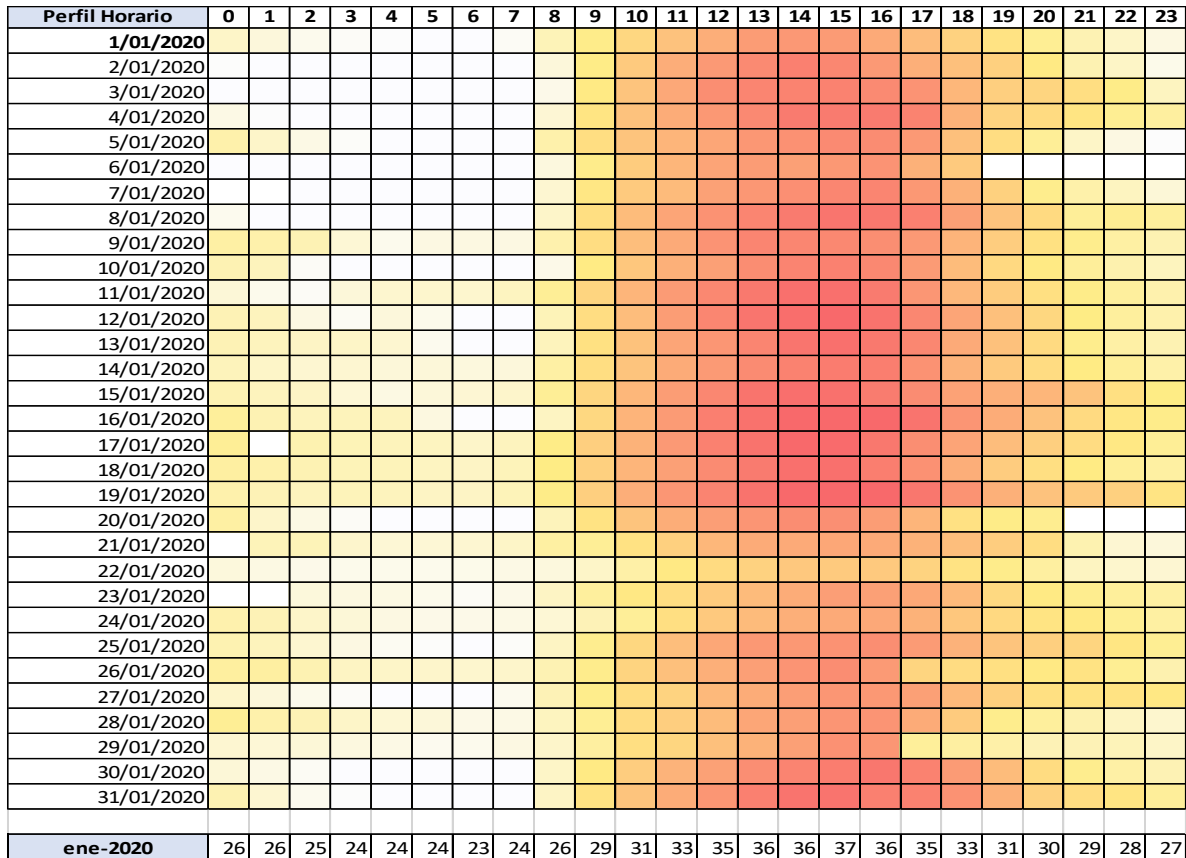


Figura 8. Perfil horario de la estación monitoreada durante el mes

En la figura 9 se observa la temperatura promedio horaria por meses. De la gráfica se concluye que las menores temperaturas se presentan entre las 21:00hr hasta las 06:00hr de cada día, las mayores temperaturas se registran desde las 10:00hr hasta las 17:00hr.

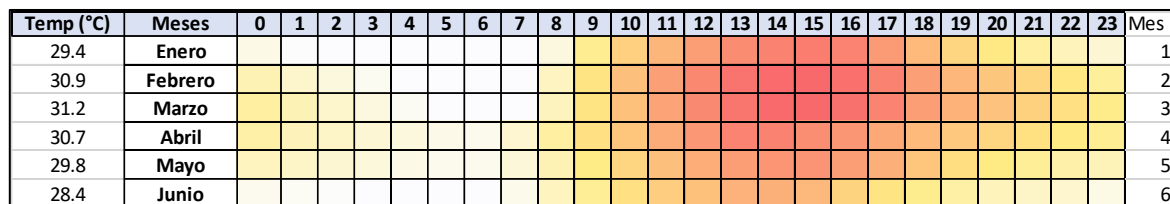


Figura 9. Temperatura promedio horaria mensual de la estación

La figura 10, muestra el promedio de la temperatura mensual. Se concluye que en la mayor temperatura registrada es de 31.2 °C en el mes de marzo y el mes que registro menor temperatura fue en junio con una temperatura de 28.4 °C.

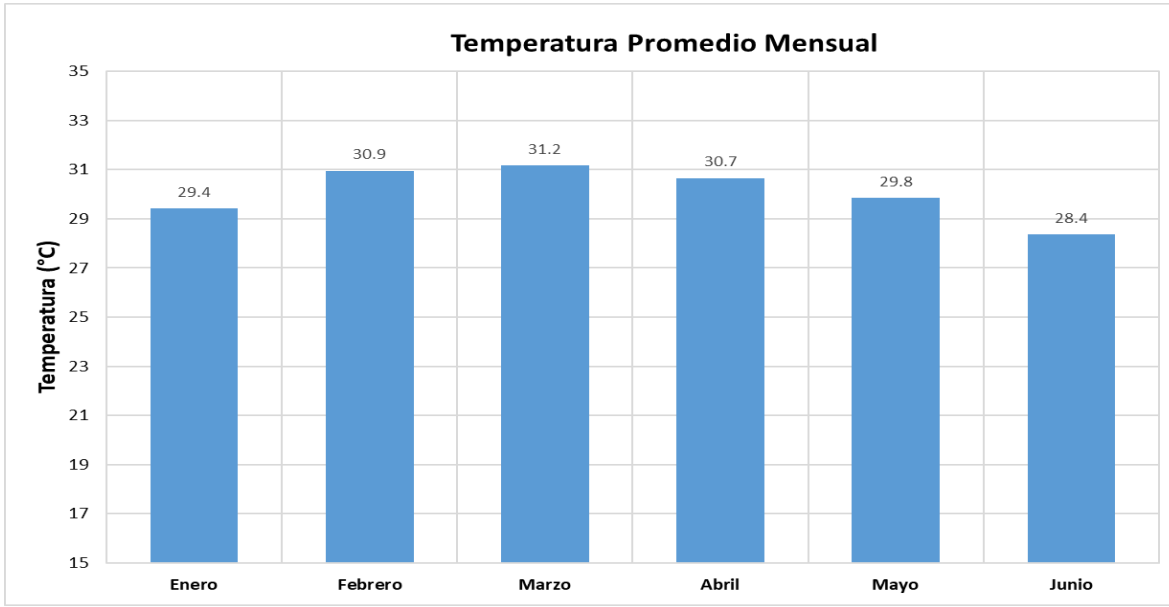


Figura 10. Temperatura promedio mensual de la estación monitoreada

En la figura 11 se muestra la relación entre la temperatura y la precipitación diaria, se observa que el día de mayor precipitación fue el 02 de marzo del 2020, a partir del día 14 de marzo no hubo precipitaciones hasta finalizar el mes; la mayor temperatura registrada fue el día 19 de marzo y la menor se registra el 22 de marzo.

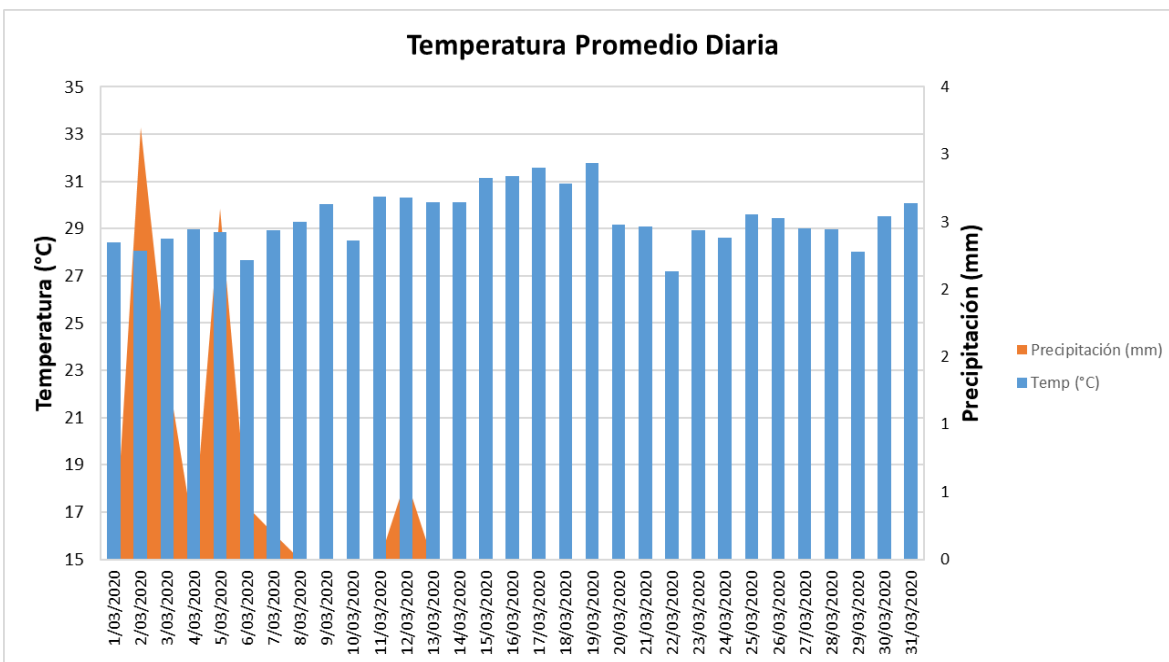


Figura 11. Temperatura y precipitación diaria registrada

6.3.3.2. Plataforma IDEAM

En la figura 12 se puede observar la dinámica de la página del IDEAM. Se descargan los datos de cada una de las estaciones y las variables se seleccionan de la siguiente manera: temperatura del aire a 2 metros, humedad relativa a 2 metros horaria, radiación global horaria validada, precipitación acumulada, dirección y velocidad del viento y estas tres últimas cada 10 minutos. Los datos obtenidos se importan a las plantillas de Excel de la organización.

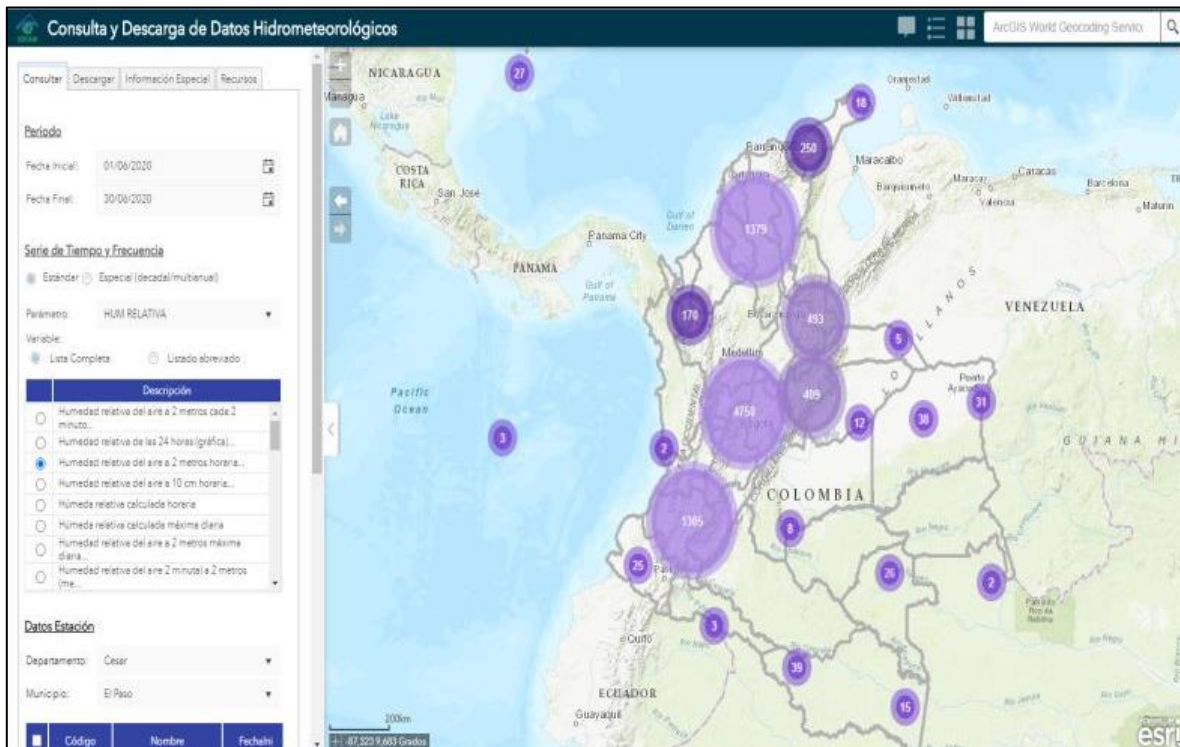


Figura 12. Descarga de datos desde la plataforma del IDEAM

Fuente. IDEAM.

6.3.3.3. Envío de información

Para dos estaciones en específico la información meteorológica es enviada por una entidad asociada con la empresa, para el procesamiento de estos datos se debe tener en cuenta que la precipitación se envía en unidades diferentes, por lo cual se debe realizar un factor de

corrección, el cual consiste en multiplicar los datos enviados por 25.4 pulgadas, y se realiza el procedimiento anterior.

Cuando se válida todas las estaciones, se abre la plantilla llamada gráficas meteorológicas, se utilizan los valores obtenidos de promedio diario y horaria de las variables temperatura, precipitación y velocidad del viento como se evidencia en las tablas 4 y 5.

Temperatura Promedio DIARIA								
1/06/2020	28.9	24.1	26.0	29.4	28.7	28.9	28.59	28.8
2/06/2020	27.8	23.0	26.7	28.3	28.0	27.9	27.68	27.8
3/06/2020	27.8	22.8	27.4	27.9	27.7	27.8	27.46	27.4
4/06/2020	30.1	25.3	30.5	30.5	29.8	30.4	29.61	29.7
5/06/2020	29.5	24.8	29.9	30.0	28.3	30.0	29.34	30.1
6/06/2020	28.3	24.1	28.9	29.2	27.8	29.2	28.13	28.7
7/06/2020	28.6	24.1	29.2	29.6	27.6	29.5	28.51	29.4
8/06/2020	30.4	25.9	30.7	31.0	29.1	30.9	29.76	30.4
9/06/2020	29.8	25.4	30.9	30.6	28.2	30.4	28.71	29.4
10/06/2020	26.1	21.0	25.8	26.4	25.5	25.9	25.81	25.6
11/06/2020	27.7	22.6	28.2	28.5	27.6	28.5	26.93	27.8
12/06/2020	26.7	21.8	26.7	27.3	26.7	26.9	26.62	26.9
13/06/2020	28.4	24.2	29.0	28.9	28.0	28.5	28.63	28.7
14/06/2020	29.4	24.7	29.8	30.0	31.1	30.0	28.76	29.6
15/06/2020	27.1	22.0	27.2	27.3	27.6	27.2	26.34	27.2
16/06/2020	30.2	23.5	28.8	28.9	28.4	28.8	28.11	28.8
17/06/2020	30.1	23.4	28.4	28.7	25.8	28.6	27.93	27.9
18/06/2020	30.3	23.4	27.8	28.8	30.6	28.7	27.47	28.4
19/06/2020	31.5	23.8	28.4	28.9	29.1	28.5	27.87	28.3
20/06/2020	29.8	24.6	29.1	29.2	27.6	29.4	27.80	28.8
21/06/2020	30.3	24.2	28.9	29.1	29.5	28.6	28.50	29.1
22/06/2020	31.6	25.0	30.0	29.9	29.4	25.8	29.27	29.1
23/06/2020	32.8	27.0	32.3	32.6	28.1	27.8	31.06	31.0
24/06/2020	32.3	26.4	30.9	31.7	30.2	32.6	30.15	30.7
25/06/2020	32.5	27.1	32.3	32.4	29.6	32.1	30.50	31.0
26/06/2020	31.7	25.5	31.1	30.9	31.9	30.9	29.28	29.9
27/06/2020	30.5	25.3	28.9	30.1	28.7	29.8	28.90	29.0
28/06/2020	28.3	23.5	29.8	28.4	29.8	27.9	27.64	28.0
29/06/2020	30.3	24.6	29.6	29.5	30.7	29.5	29.23	28.9
30/06/2020	31.7	25.5	27.6	30.5	29.3	30.7	29.82	29.7
Promedios	29.69	24.29	29.04	29.48	28.68	29.05	28.48	28.87

Tabla 4. Temperatura promedio diaria de todas las estaciones durante el mes analizado

Perfil Horario de Temperatura								
0:00		21.77	26.67	27.0	25.94	26.29	26.14	26.53
1:00	26.435	21.41	26.28	26.7	25.75	25.90	25.75	26.16
2:00	26.278	21.15	25.94	26.4	25.59	25.71	25.38	25.80
3:00	25.896	20.84	25.65	26.1	25.41	25.49	25.17	25.57
4:00	25.564	20.61	25.41	25.9	25.26	25.29	24.97	25.39
5:00	25.487	20.39	25.27	25.7	25.18	25.14	24.85	25.22
6:00	25.563	20.30	25.51	25.7	25.24	25.20	25.11	25.35
7:00	26.205	21.13	26.63	26.9	26.12	26.13	26.18	26.37
8:00	27.102	22.77	28.02	28.4	27.42	27.94	27.61	27.66
9:00	28.345	24.34	29.30	29.8	28.83	29.51	29.02	29.05
10:00	29.812	25.85	30.59	31.0	29.80	30.90	30.27	30.17
11:00	30.997	27.10	31.63	32.1	31.25	31.94	31.04	31.17
12:00	31.815	28.16	32.48	33.0	31.99	33.08	31.78	32.08
13:00	32.360	28.74	33.32	33.6	33.30	33.46	32.35	32.72
14:00	32.955	29.11	33.74	34.0	33.10	34.02	32.89	33.21
15:00	33.151	29.23	33.80	34.2	32.76	34.26	32.90	33.40
16:00	32.927	28.67	33.22	33.8	31.06	34.04	32.50	33.16
17:00	32.173	27.78	32.21	33.3	29.92	33.16	31.47	32.48
18:00	30.886	26.17	30.66	31.5	29.09	31.39	29.95	30.67
19:00	29.727	24.83	29.51	29.9	28.60	29.61	28.71	29.50
20:00	28.835	24.00	29.07	29.1	28.12	28.58	28.08	28.77
21:00	28.234	23.41	28.37	28.4	27.49	27.76	27.61	28.00
22:00	27.718	22.79	27.64	27.8	26.93	27.26	27.18	27.40
23:00	27.261	22.37	27.18	27.5	26.21	26.78	26.62	26.98

Tabla 5. Temperatura promedio diaria de todas las estaciones durante el mes analizado

El procesamiento de datos genera la figura 13, siendo el insumo para el ente consultor encargado de la generación del informe mensual de las estaciones, es importante que las estaciones presenten una dinámica similar en sus graficas ya que todas las estaciones se encuentran en la misma zona del departamento del Cesar.

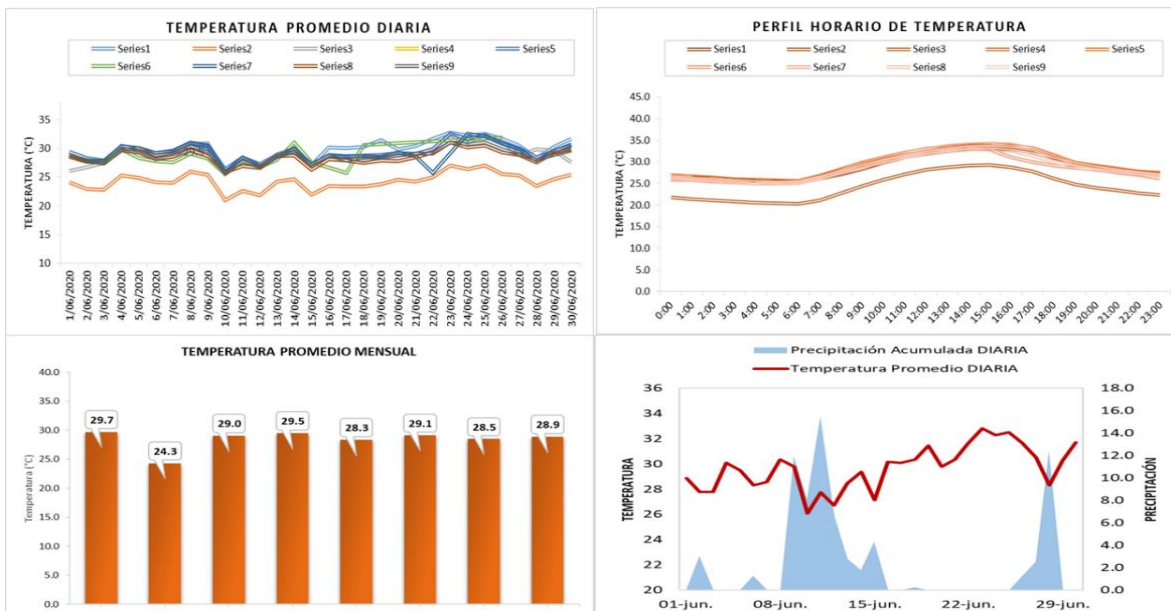


Figura 13. Graficas obtenidas de los datos de temperatura de todas las estaciones analizadas

La validación de datos de las variables meteorológicas es importante ya que permite reconocer si la información recolectada y analizada es correcta y así evitar colocar información errónea en los informes, también se realiza para llevar un seguimiento histórico de las estaciones monitoreadas y de esta forma evidenciar cualquier fallo que presenten.

6.4. Realización de plantillas de cálculo para el procesamiento de la variable agua

Para los proyectos ejecutados por la empresa K2 Ingeniería S.A.S se realiza un monitoreo constante y en tiempo real de parámetros de calidad de agua dando cumplimiento a las normas nacionales, los parámetros se miden de forma in situ, se descargan y procesan de la siguiente manera:

De la plataforma AmbiensQ Suite se selecciona la estación, la fecha diaria y los parámetros de cantidad: nivel del agua, velocidad superficial y caudal. A su vez los parámetros de calidad: pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, turbiedad, salinidad, sólidos suspendidos, disueltos totales y temperatura.

Como se evidencia en la tabla 6, estos datos son descargados y se digitan en la plantilla de cálculo de Excel llamada 'datos mensuales' de la cual es posible obtener el promedio cada diez minutos, considerándose el historial de cada estación.

Fecha redondeada 10 min	Fecha	Nivel (ve) (m)	pH (pH units)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	Temperatura Agua (Celsius)	Salinidad (ppt)	Velocidad superficial (m/s)	Caudal aforos (m³/s)	Sólidos Disueltos Totales (ppm)	Sólidos suspendidos (g/L)
1/06/2020 0:00	1/06/2020 0:00	0.143	7.479	2093.739	7.313	1.978	29.499	1.122	1.116	0.336	1210.63	0.007
1/06/2020 0:10	1/06/2020 0:10	0.143	7.479	2090.81	7.278	1.653	29.546	1.121	1.113	0.335	1209.42	0.007
1/06/2020 0:20	1/06/2020 0:20	0.143	7.478	2094.02	7.298	1.602	29.558	1.122	1.108	0.333	1210.76	0.007
1/06/2020 0:30	1/06/2020 0:30	0.144	7.478	2093.469	7.271	2.303	29.565	1.122	1.113	0.337	1210.41	0.007
1/06/2020 0:40	1/06/2020 0:40	0.143	7.477	2093.969	7.285	10.02	29.573	1.122	1.116	0.336	1210.67	0.007
1/06/2020 0:50	1/06/2020 0:50	0.144	7.478	2095.61	7.29	1.924	29.575	1.123	1.098	0.332	1211.699	0.007
1/06/2020 1:00	1/06/2020 1:00	0.144	7.479	2095.1	7.287	1.946	29.584	1.122	1.123	0.34	1210.859	0.007
1/06/2020 1:10	1/06/2020 1:10	0.144	7.478	2094.11	7.277	1.379	29.594	1.122	1.12	0.339	1210.839	0.007
1/06/2020 1:20	1/06/2020 1:20	0.143	7.479	2096.29	7.272	1.552	29.605	1.123	1.116	0.336	1212.089	0.007
1/06/2020 1:30	1/06/2020 1:30	0.144	7.479	2096.26	7.265	1.658	29.629	1.123	1.12	0.339	1212.099	0.007
1/06/2020 1:40	1/06/2020 1:40	0.144	7.478	2096.55	7.272	1.339	29.631	1.123	1.12	0.34	1212.199	0.007
1/06/2020 1:50	1/06/2020 1:50	0.144	7.479	2096.458	7.278	1.159	29.648	1.123	1.12	0.339	1212.219	0.007
1/06/2020 2:00	1/06/2020 2:00	0.145	7.479	2096.728	7.27	2.286	29.652	1.123	1.12	0.342	1212.31	0.007
1/06/2020 2:10	1/06/2020 2:10	0.144	7.479	2096.05	7.277	1.38	29.671	1.123	1.12	0.34	1211.93	0.007
1/06/2020 2:20	1/06/2020 2:20	0.143	7.479	2097.08	7.304	10.009	29.701	1.123	1.12	0.337	1212.569	0.007
1/06/2020 2:30	1/06/2020 2:30	0.143	7.478	2084.938	7.273	1.016	29.724	1.115	1.12	0.338	1201.949	0.007
1/06/2020 2:40	1/06/2020 2:40	0.144	7.476	2093.1	7.282	0.892	29.784	1.119	1.116	0.337	1207.969	0.007
1/06/2020 2:50	1/06/2020 2:50	0.142	7.476	2097.459	7.28	1.006	29.842	1.124	1.12	0.334	1212.77	0.007
1/06/2020 3:00	1/06/2020 3:00	0.14	7.476	2098.05	7.271	1.141	29.832	1.124	1.108	0.326	1213.02	0.007
1/06/2020 3:10	1/06/2020 3:10	0.139	7.475	2098.429	7.267	0.843	29.863	1.124	1.108	0.323	1213.3	0.007
1/06/2020 3:20	1/06/2020 3:20	0.137	7.474	2098.08	7.264	0.888	29.931	1.124	1.098	0.318	1213.109	0.007
1/06/2020 3:30	1/06/2020 3:30	0.138	7.475	2097.639	7.245	1.125	29.967	1.124	1.093	0.317	1212.969	0.007
1/06/2020 3:40	1/06/2020 3:40	0.137	7.475	2097.919	7.256	0.825	29.996	1.124	1.093	0.315	1213	0.007
1/06/2020 3:50	1/06/2020 3:50	0.138	7.475	2098.949	7.28	0.793	30.054	1.124	1.095	0.317	1213.55	0.007
1/06/2020 4:00	1/06/2020 4:00	0.138	7.474	2090.728	7.249	0.722	30.082	1.118	1.108	0.322	1208.75	0.007

Tabla 6. Datos de cantidad y calidad del agua

En otra plantilla de cálculo de Excel llamada validación de datos, se toman los datos cada diez minutos del paso anterior, logrando generar gráficas y promedios que indican como se encuentra la calidad del agua de cada estación.

Los datos descargados deben ser validados de acuerdo a la prueba de cuartiles 1 y 3, los cuartiles evalúan la dispersión y la tendencia central del conjunto de datos analizados, el cuartil 1 (Q1) equivale al 25% de los datos siendo menor que o igual a este valor y el cuartil 3 (Q3) describe el 75% de los datos siendo menor que o igual a este valor. Así como el rango intercuartílico determina la distancia entre el tercer y primer cuartil, el máximo y mínimo de los datos.

Las fórmulas utilizadas para hallar los cuartiles son:

$$Q1 = \frac{N + 1}{4}$$

Ecuación 1. Fórmula para hallar el cuartil tres

$$Q3 = \frac{3(N + 1)}{4}$$

Ecuación 2. Fórmula para hallar el cuartil tres

Donde N es el total de datos.

En la tabla 7 se muestra los cálculos estadísticos de la variable pH, se puede observar que el cuartil 3 es igual a 7.854775 lo que significa que el 25% de los datos son inferiores o igual a este valor, el cuartil 1 equivale a 7.6951 siendo el 75% de los datos menores o igual, el rango de ambos cuartiles equivale al 0.159675, el máximo y mínimo corresponde a 8.20606 y 7.343815 respectivamente.

pH		
Prueba Cuartiles	Q3	7.854775
	Q1	7.6951
	Rango	0.159675
	Máximo	8.20606
	Mínimo	7.343815

Tabla 7. Prueba de cuartiles

En la tabla 8 se evidencia como se valida los datos de las variables in situ recolectadas, se tiene en cuenta la fecha y hora del monitoreo, el valor obtenido del muestreo y la validación señalada con un ok cuando los datos pasan por la prueba estadística conocida para verificar si es un dato real o atípico; si en la columna de validación aparece un no puede deberse a que el sensor del equipo por su sensibilidad probablemente se desequilibra por factores externos como: nivel insuficiente de agua para realizar la medición, paso de un animal, alguna envoltura o bolsa que atrapa el sensor lo que impide la medición de las variables en determinado tiempo.

Fecha	pH	Validación	pH Final	Indicador Calidad pH
1/07/2020 0:00	7.9545	ok	7.9545	2
1/07/2020 0:10	7.9591	ok	7.9591	2
1/07/2020 0:20	7.9613	ok	7.9613	2
1/07/2020 0:30	7.9628	ok	7.9628	2
1/07/2020 0:40	7.963	ok	7.963	2
1/07/2020 0:50	7.9618	ok	7.9618	2
1/07/2020 1:00	7.9622	ok	7.9622	2
1/07/2020 1:10	7.9688	ok	7.9688	2
1/07/2020 1:20	7.9759	ok	7.9759	2
1/07/2020 1:30	7.9808	ok	7.9808	2
1/07/2020 1:40	7.982	ok	7.982	2
1/07/2020 1:50	7.982	ok	7.982	2
1/07/2020 2:00	7.9805	ok	7.9805	2

Tabla 8. Validación de datos de pH

Se establecen indicadores de control de calidad los cuales permitirán llevar un registro de los valores que son sometidos a las distintas técnicas de validación, mostrando la situación del sistema. A continuación, se observa en la tabla 9 los indicadores de calidad, los cuales se obtienen por medio de la norma OMM N°305.

Indicador de calidad	Descripción	Cantidad
0	No se prevé observar el parámetro	0
1	No se ha efectuado el control de calidad	0
2	El valor observado a resultado correcto en el control de calidad	3229
3	El valor observado ha resultado correcto en la inspección manual; el método estadístico indica un valor sospechoso/erróneo	0
4	El valor observado ha indicado sospechoso en el control de calidad	0
5	El valor observado ha resultado erróneo en el control de calidad	0
6	El valor observado ha resultado sospechoso/erróneo en el control de calidad y se ha introducido el valor más probable, según método estadístico	0
7	Faltaba el valor observado y se ha introducido el valor más probable, calculado con un método estadístico.	1
/	Dato perdido o no medido	0
(-)	Datos fuera del rango de operación y/o medición	143
	Cantidad datos analizados	3373

Tabla 9. Indicadores de calidad

En la figura 14 se refleja el comportamiento de la variable de pH durante el tiempo de análisis, las dos líneas muestran las dos estaciones analizadas, en la primera estación se evidencia una ausencia de datos probablemente por una falla externa o del equipo, la segunda estación durante el mes de julio presento mayor concentración de pH.

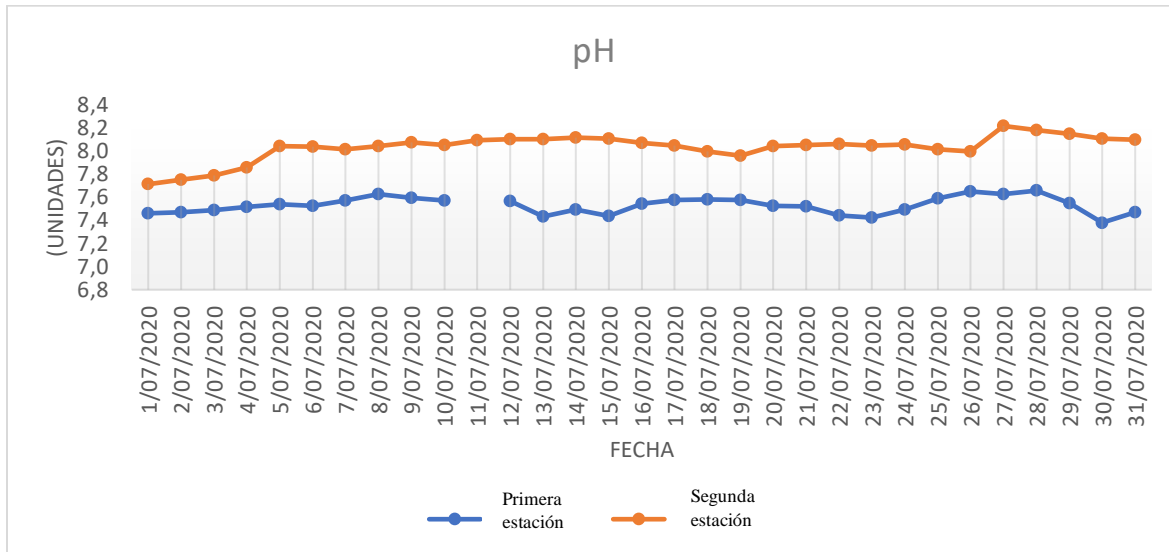


Figura 14. Comportamiento de la variable pH durante el periodo de análisis

En la tabla 10 se observan los resultados estadísticos (mínimo, máximo, promedio y desviación estándar) de los parámetros de calidad de las variables procesadas.

Parámetros	Unidad	Resultados estadísticos	Primera estación	Segunda estación
Temperatura	°C	Mínimo	28.428	29.756
		Máximo	32.761	35.194
		Promedio	30.640	31.614
		Des. Estándar	0.746	0.923
pH	unid	Mínimo	7.316	7.698
		Máximo	7.778	8.254
		Promedio	7.531	8.026
		Des. Estándar	0.084	0.123
Oxígeno D.	mg/l	Mínimo	7.051	6.171
		Máximo	7.986	8.099
		Promedio	7.531	7.101
		Des. Estándar	0.084	0.380
Conductividad	µS/cm	Mínimo	2057.060	2018.739
		Máximo	2287.570	4428.240
		Promedio	2103.775	3108.061
		Des. Estándar	43.916	693.985
Salinidad	(PPT)	Mínimo	1.102	1.049
		Máximo	1.226	2.373
		Promedio	1.127	1.648
		Des. Estándar	0.024	0.387
SDT	mg/l	Mínimo	1189.479	1132.380
		Máximo	1322.619	2560.280
		Promedio	1216.387	1776.834
		Des. Estándar	25.464	417.615
SST	g/l	Mínimo	0.000	0.001
		Máximo	0.028	0.060
		Promedio	0.009	0.013
		Des. Estándar	0.010	0.009
Turbidez	NTU	Mínimo	0.000	0.126
		Máximo	66.124	31.881
		Promedio	2.546	5.481
		Des. Estándar	5.334	3.848

Tabla 10. Resultados estadísticos de las variables in situ del periodo analizado

La realización de estas plantillas de Excel resulta importante, ya que es un monitoreo automático de calidad y cantidad de agua en tiempo real, por lo cual se realiza una validación diaria de los datos medidos en cada estación por los sensores; verificando que estas mediciones correspondan a las condiciones propias de cada estación, y que no envíen a la operación los informes (diarios, semanas y mensuales) que son los posibles datos atípicos medidos por los sensores.

6.5. Informes diarios y semanales de meteorología y aire

Para tres proyectos se deben realizar informes meteorológicos y atmosféricos con su respectivo análisis, sin embargo, uno de estos debe estar en inglés, el informe consta de cuatro plantillas de Excel las cuales se configuran para ser enviadas de acuerdo a las necesidades o especificaciones acordadas con el proveedor y consisten en:

De la plataforma se escogen las estaciones y las variables que se analizarán, en meteorología, temperatura, humedad, presión, precipitación, dirección y velocidad del viento junto con las variables atmosféricas, PM10 y PST.

En la figura 15, se observa un ejemplo de la primera plantilla del informe, en la cual se analiza la meteorología de las tres estaciones, se colocan las rosas de viento las cuales se descargan desde la plataforma AmbiensQ Suite, estas rosas de viento se clasifican de acuerdo a la escala de Beaufort, esta escala mide la intensidad o fuerza del viento en doce grados, siendo el grado cero la calma y el grado doce corresponde a huracán, con una velocidad de más de 64 nudos.

Los cuadros de meteorología se llenan con los datos de una de las estaciones, debido a que ésta se encuentra en un nivel central en la mina, en general las estaciones tienen un comportamiento similar. Es importante saber si en las estaciones hubo precipitación, ya que cuando se presentan días lluviosos hay una remoción húmeda natural del material particulado, esto determina el análisis para PM10 y PST; de igual forma se escoge que tipo de gráfica, se coloca en el informe y se utiliza la variable velocidad del viento cuando no hay precipitación, o la variable de precipitación si se presentaron lluvias desde la plataforma Windy donde se descarga el pronóstico meteorológico de la semana en la que se realiza el informe.

El análisis se realiza respecto a la velocidad y dirección del viento de las estaciones durante esos días de análisis, encontrando datos significativos como la dirección del viento de la primera y segunda estación que provienen del Oeste-suroeste (WSW) encontrando sus velocidades entre 10.9 y 13.9 m/s respectivamente y en la tercera estación, la dirección de

Los vientos provienen del Este (E) con velocidades de 8.0 m/s, debido a que no se presentaron precipitaciones la gráfica utilizada es la de velocidad del viento promedio horaria.

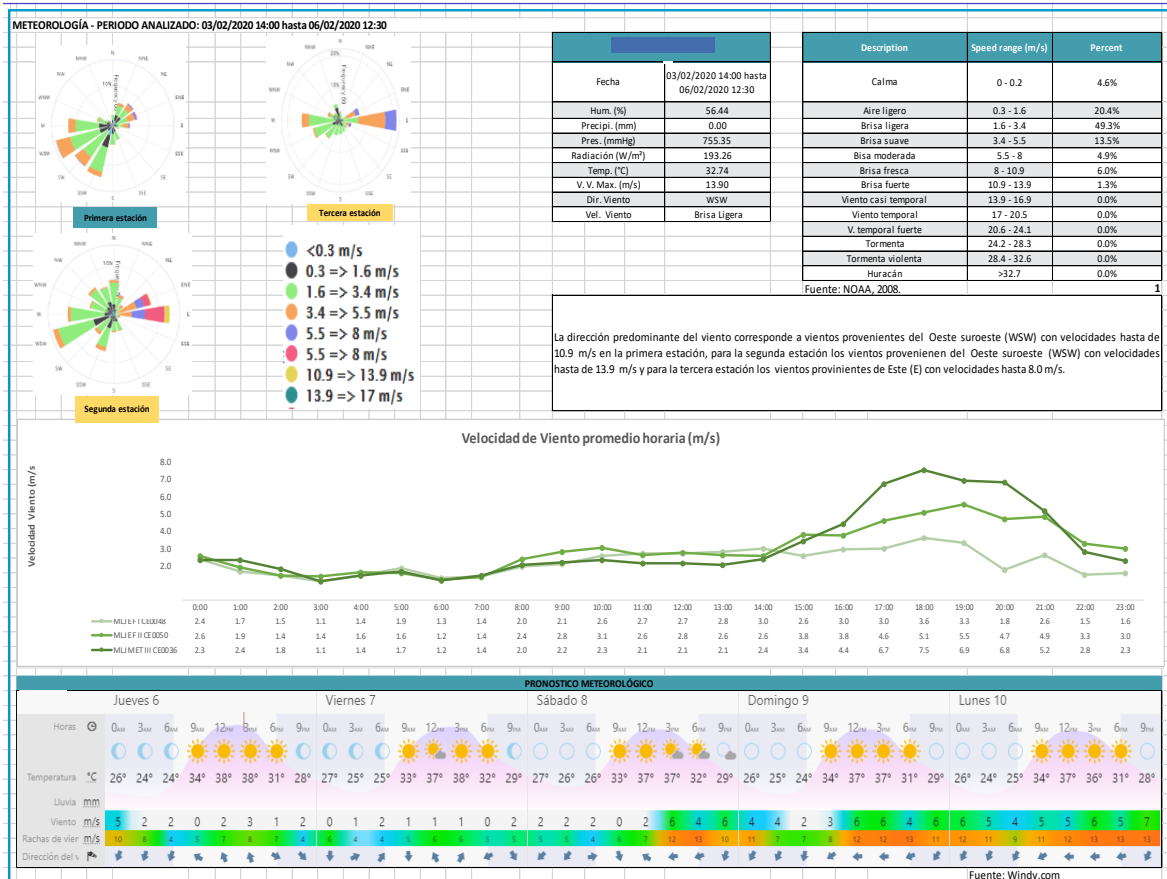


Figura 15. Plantilla de Excel del componente meteorológico

Las plantillas restantes de los informes diarios y semanales se basan en el comportamiento que presenta las concentraciones de PM10 y PST en estaciones fijas y móviles, en la plataforma AmbiensQ Suite, en la cual se generan estas variables, seleccionando la opción de alerta denominada alerta de control-estaciones fijas 1, la cual tiene un límite de 145 µg/m3, alerta de control – estación móvil PST y alarma de control – estación móvil, cada uno con un límite de valor 700 µg/m3 y 1100 µg/m3 respectivamente; en las cuales se activa una alerta, que se puede identificar mediante la gráfica que informa el día y las concentraciones de PM10 que sobrepasan este límite.

Por consiguiente, el análisis se realiza dependiendo de las alarmas presentadas en las estaciones durante los días de análisis, se hace mención a velocidad, dirección del viento y las horas en que se produjeron estas alarmas por el incremento de las concentraciones de material particulado.

Es importante tener en cuenta que los límites de las alertas internas de cada estación son escogidos por el análisis de la información histórica y del comportamiento en las estaciones ubicadas en diferentes sitios de la operación.

En la última plantilla del informe, se puede evidenciar las estaciones móviles, en las cuales se realiza el análisis de las rosas de contaminación, estas se hacen descargando los datos de PM10, dirección y velocidad del viento; donde posteriormente estos son procesados en diferentes plantillas de Excel. Al tener los datos procesados se abre el software estadístico Openair del programa y se copia la ruta de los datos, la cual arroja la rosa de contaminación correspondiente a cada estación.

Por último, se tiene como límite de concentración lo establecido por la resolución 2254 del 2017. La concentración máxima de PM10 es de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de acuerdo a la rosa de contaminación se puede observar si los aportes de material particulado son de fuentes lejanas o locales, las fuentes distantes se dan cuando las velocidades presentadas por la rosa de contaminación son mayores a 3 m/s y las fuentes locales cuando las velocidades son entre 0 a 2 m/s; esto con base al Sistema de Vigilancia y Calidad del Aire Industrial (SVCAI) logrando así una comparación visual y normativa del comportamiento del material particulado en las estaciones.

7. CONCLUSIONES

Se dio cumplimiento al objetivo general del trabajo, al implementar la sistematización de datos por medio de plantillas de Excel, logrando la agilización de todas las actividades desarrolladas, lo cual se evidencia a lo largo de la descripción en el apartado seis (6).

Para la validación de datos se creó junto con el ingeniero encargado del proyecto, plantillas de Excel, que facilitaron el desarrollo de informes semanales y mensuales sobre la calidad del agua; teniendo en cuenta la normativa vigente colombiana, para dar cumplimiento a las actividades requeridas durante este proceso.

Se logró realizar el seguimiento de los componentes ambientales como las concentraciones de PM10, precipitación, velocidad y dirección del viento llevados a cabo en la plataforma AmbiensQ Suite, mediante reportes de voladura e informes diarios y semanales, dando a conocer a la operación las condiciones ambientales que se presentaban durante la realización de las actividades.

Para la documentación necesaria en cada proyecto ambiental ejecutado por K2 Ingeniería S.A.S, se logró validar los datos de meteorología, que permitieron calibrar el modelo de predicción meteorológico y comprobar las predicciones arrojadas por la plataforma, teniendo un mínimo de porcentaje de error por debajo del 2% a través de la intercomparación de lo real y pronosticado; generando la mayor información meteorológica consolidada en diferentes sitios de la zona de estudio y fortaleciendo el análisis realizado de la calidad del aire.

La implementación de la plataforma AmbiensQ Suite, facilitó la realización de las actividades que se desarrollaron a lo largo del proyecto, permitiendo a la organización la obtención de datos en tiempo real de las diferentes estaciones, y facilitando el seguimiento de los componentes ambientales, la realización de gráficas, la obtención de datos históricos y alarmas en los casos donde las variables ambientales superan los límites establecidos.

8. RECOMENDACIONES

Mejorar la validación y procesamiento de datos por medio de códigos de programación adecuados para dicha actividad.

Revisar y reportar cada valor atípico que se presente en el procesamiento de datos, ya que un valor anormal en las variables representa algún fallo operativo o de deterioro en los equipos de medición.

Finalmente, es importante que cada labor, proyecto o actividad se siga realizando con la mejor calidad bajo la supervisión de los ingenieros, para dar mejores resultados y obtener mayores acuerdos de trabajo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Europa del Medio Ambiente. (9 de Octubre, 2017). *Contaminación atmosférica.*

Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/es/themes/air/intro>

AmbiensQ Suite. (2015). Software de gestión y organización. Bucaramanga, Colombia.

Recuperado de: <http://www.ambiensq.com/qmng.html>

Aragón, A. Piña. (2011). *¿COMO SON LAS PARTICULAS ATMOSFERICAS*

ANTROPÉNICAS Y CUÁL ES SU RELACIÓN CON LOS DIVERSOS TIPOS DE

FUENTES CONTAMINANTES? Recuperado de

[https://books.google.com.co/books?id=3nBwYqICF30C&printsec=frontcover&dq=](https://books.google.com.co/books?id=3nBwYqICF30C&printsec=frontcover&dq=QUE+SON+LAS+PARTICULAS+PM+2.5&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiEipLRjIzrAhVslHIEHZVeC-oQ6AEwBXoECAYQAg#v=onepage&q&f=false)

[QUE+SON+LAS+PARTICULAS+PM+2.5&hl=es-](https://books.google.com.co/books?id=3nBwYqICF30C&printsec=frontcover&dq=QUE+SON+LAS+PARTICULAS+PM+2.5&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiEipLRjIzrAhVslHIEHZVeC-oQ6AEwBXoECAYQAg#v=onepage&q&f=false)

[419&sa=X&ved=2ahUKEwiEipLRjIzrAhVslHIEHZVeC-](https://books.google.com.co/books?id=3nBwYqICF30C&printsec=frontcover&dq=QUE+SON+LAS+PARTICULAS+PM+2.5&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiEipLRjIzrAhVslHIEHZVeC-oQ6AEwBXoECAYQAg#v=onepage&q&f=false)

[oQ6AEwBXoECAYQAg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=3nBwYqICF30C&printsec=frontcover&dq=QUE+SON+LAS+PARTICULAS+PM+2.5&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiEipLRjIzrAhVslHIEHZVeC-oQ6AEwBXoECAYQAg#v=onepage&q&f=false)

Corporacion Autonoma Regional del Tolima. (s.f). Recuperado de

[https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_prado/diagnostico/l211.pdf)

[pom_prado/diagnostico/l211.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_prado/diagnostico/l211.pdf)

De la Lanza, G. Espino, Caceres, C. Martinez, Adame, S. Martinez, Hernandez, S. Pulido.

(s.f). *DICCIONARIO DE HIDROLOGIA Y CIENCIAS AFINEZ.* Recuperado de

<https://books.google.com.co/books?id=My27250twg0C&pg=PA194&dq=que+es+e>

[l+nivel+del+agua&hl=es-](https://books.google.com.co/books?id=My27250twg0C&pg=PA194&dq=que+es+e)

419&sa=X&ved=2ahUKEwjAm7yhp4zrAhUHj3IEHTsTDGkQ6AEwAHOECAQQ
Ag#v=onepage&q&f=false

Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL. Recursos naturales e infraestructura (50).pp. 3-63. Recuperado de <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>

Gallego, A. Pico, González, I. Fernández, Sánchez, B. Gimeno, Fernández, Pilar. Hernando, Garcinuño, R. Martínez, Bravo, J. Yagüe, Pradana, J. Pérez, Gracia, A. Mayor, Durand, J. Alegria. (2012). *Contaminación atmosférica*. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=7xYvtMyRP7EC&pg=PT74&dq=QUE+SON+LAS+PARTICULAS+PM+2.5&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiQ1u3Wk4zrAhWSknIEHXQZDgM4ChDoATAAegQIBhAC#v=onepage&q=QUE%20SON%20LAS%20PARTICULAS%20PM%202.5&f=false>

Gamarra, J., Muñoz, M., Osorio, L. y Sánchez, I. (s.f). *Relación de la calidad del agua para consumo humano con la incidencia de enfermedad diarreica aguda en Colombia, 2017*. Instituto nacional de salud. Recuperado de <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/Enfermedades%20vehiculizadas%20por%20agua%202017.pdf>

Hernández, Y., López, D. y Moya, F. (2019). Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental. *Revista Espacios*, 40(3). Recuperado de <http://www.revistaespacios.com/a19v40n03/a19v40n03p17.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (s.f). *Calidad del aire*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2019). *Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2018*. Recuperado de <http://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20estado%20calidad%20del%20aire%202018.pdf>

K2 ingeniería. (2017). Nuestra empresa. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: <https://www.k2ingenieria.com/nosotros/>

López, L., De armas, Y., Almeida, M. y Alonzo, L. (2012). *Procedimiento para planificar el monitoreo ambiental en empresas hoteleras*. Avanzada Científica, 15(1), pp. 35-50. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3920394>

METEOSIM. (s.f). Recuperado de <https://www.meteosim.com/es/>

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía.(s.f). *Ruido y Salud*. Recuperado de https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824

Organización Mundial de la Salud OMS (2 de mayo, 2018). *Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

Resolución 0627 de 2006. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. 7 de

Abril de 2006. Recuperada de
<http://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2006resolucion627.pdf>

Resolución 631 de 2015. (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible). Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. 18 de Abril de 2015.
Recuperada de
https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf

Resolución 2254 de 2017. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones. 01 de Noviembre de 2017. Recuperada de
<https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf>

Rigola, M., Lapeña. (s.f). Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales.
Recuperado de
https://books.google.com.co/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA32&dq=que+son+los+solidos+disueltos+totales+en+el+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiL4P_j54zrAhVChuAKHXDUBvAQ6AEwAHoECAQQAQ#v=onepage&q=que%20son%20los%20solidos%20disueltos%20totales%20en%20el%20agua&f

- Ruiz, D., Vides, C. y Pardo, A. (2018). *Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos*. Revista de investigación desarrollo e innovación, 8(2), pp. 333-341. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ridi/v8n2/2027-8306-ridi-8-02-00333.pdf>
- Sbarato, D., Sbarato, V. y Ortega, J. (2004). *Predicción y Evaluación de Impactos Ambientales Sobre la Atmosfera*. Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=xNnHxgwU_toC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Sanchez, A. y Gándara. (2011). *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable*. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=L8v8CRDFm-oC&pg=PA181&dq=que+significa+un+monitoreo+ambiental&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjGxuSGgIzrAhVwZN8KHbFeB-wQ6AEwAnoECAEQAg#v=onepage&q&f=false>
- Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC. (s.f). *Emisiones*. Recuperado de <http://www.siac.gov.co/emisionesaire>
- Subsecretaria Gestion Ambiental. (noviembre, 2017). *Principales Clases de Contaminantes del aire*. Recuperado de <https://www.sema.gob.mx/SGA-MONITOREO-CLASES.htm#>
- Suarez, S. y Molina, E. (2014). *El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente*. Revista Cubana Hig Epidemiol, 52 (3), Ciudad de la Habana, pp. 357-363. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig08314.pdf>

10. ANEXOS

Anexo 1. Datos de cantidad y calidad

Fecha redondeada 10 min	Fecha	Nivel (ve) (m)	pH (pH units)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	Temperatura Agua (Celsius)	Salinidad (ppt)	Velocidad superficial (m/s)	Caudal aforos (m^3/s)	Sólidos Disueltos Totales (ppm)	Sólidos suspendidos (g/L)
1/06/2020:00	1/06/2020:00	0.143	7.479	2093.739	7.313	1.978	29.499	1.122	1.116	0.336	1210.63	0.007
1/06/2020:10	1/06/2020:10	0.143	7.479	2090.81	7.278	1.653	29.546	1.121	1.113	0.335	1209.42	0.007
1/06/2020:20	1/06/2020:20	0.143	7.478	2094.02	7.298	1.602	29.558	1.122	1.108	0.333	1210.76	0.007
1/06/2020:30	1/06/2020:30	0.144	7.478	2093.469	7.271	2.303	29.565	1.122	1.113	0.337	1210.41	0.007
1/06/2020:40	1/06/2020:40	0.143	7.477	2093.969	7.285	10.02	29.573	1.122	1.116	0.336	1210.67	0.007
1/06/2020:50	1/06/2020:50	0.144	7.478	2095.61	7.29	1.924	29.575	1.123	1.098	0.332	1211.699	0.007
1/06/2020:1:00	1/06/2020:1:00	0.144	7.479	2095.1	7.287	1.946	29.584	1.122	1.123	0.34	1210.859	0.007
1/06/2020:1:10	1/06/2020:1:10	0.144	7.478	2094.11	7.277	1.379	29.594	1.122	1.12	0.339	1210.839	0.007
1/06/2020:1:20	1/06/2020:1:20	0.143	7.479	2096.29	7.272	1.552	29.605	1.123	1.116	0.336	1212.089	0.007
1/06/2020:1:30	1/06/2020:1:30	0.144	7.479	2096.26	7.265	1.658	29.629	1.123	1.12	0.339	1212.099	0.007
1/06/2020:1:40	1/06/2020:1:40	0.144	7.478	2096.55	7.272	1.339	29.631	1.123	1.12	0.34	1212.199	0.007
1/06/2020:1:50	1/06/2020:1:50	0.144	7.479	2096.458	7.278	1.159	29.648	1.123	1.12	0.339	1212.219	0.007
1/06/2020:2:00	1/06/2020:2:00	0.145	7.479	2096.728	7.27	2.286	29.652	1.123	1.12	0.342	1212.31	0.007
1/06/2020:2:10	1/06/2020:2:10	0.144	7.479	2096.05	7.277	1.38	29.671	1.123	1.12	0.34	1211.93	0.007
1/06/2020:2:20	1/06/2020:2:20	0.143	7.479	2097.08	7.304	10.009	29.701	1.123	1.12	0.337	1212.569	0.007
1/06/2020:2:30	1/06/2020:2:30	0.143	7.478	2084.938	7.273	1.016	29.724	1.115	1.12	0.338	1201.949	0.007
1/06/2020:2:40	1/06/2020:2:40	0.144	7.476	2093.1	7.282	0.892	29.784	1.119	1.116	0.337	1207.969	0.007
1/06/2020:2:50	1/06/2020:2:50	0.142	7.476	2097.459	7.28	1.006	29.842	1.124	1.12	0.334	1212.77	0.007
1/06/2020:3:00	1/06/2020:3:00	0.14	7.476	2098.05	7.271	1.141	29.832	1.124	1.108	0.326	1213.02	0.007
1/06/2020:3:10	1/06/2020:3:10	0.139	7.475	2098.429	7.267	0.843	29.863	1.124	1.108	0.323	1213.3	0.007
1/06/2020:3:20	1/06/2020:3:20	0.137	7.474	2098.08	7.264	0.888	29.931	1.124	1.098	0.318	1213.109	0.007
1/06/2020:3:30	1/06/2020:3:30	0.138	7.475	2097.639	7.245	1.125	29.967	1.124	1.093	0.317	1212.969	0.007
1/06/2020:3:40	1/06/2020:3:40	0.137	7.475	2097.919	7.256	0.825	29.996	1.124	1.093	0.315	1213	0.007
1/06/2020:3:50	1/06/2020:3:50	0.138	7.475	2098.949	7.28	0.793	30.054	1.124	1.095	0.317	1213.55	0.007
1/06/2020:4:00	1/06/2020:4:00	0.138	7.474	2090.728	7.249	0.722	30.082	1.118	1.108	0.322	1208.75	0.007

