

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO TÉCNICO:**

**“ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE MOVILIDAD EN EL  
CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CUENCA Y SU  
RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE  
TÉCNICAS ESTADÍSTICAS”**

**AUTORES:**

Morocho Guaman Jhon Emanuel

Valdez Pilataxi Luis Manuel

**TUTOR:**

Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde MSc.

**Cuenca-Ecuador**

**2018**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jhon Emanuel Morocho Guaman con C.I. 0302270053, y Valdez Pilataxi Luis Manuel con C.I. 0302684857, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE MOVILIDAD EN EL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CUENCA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2018



---

Jhon Emanuel Morocho Guaman  
C.I. 030227005-3



---

Luis Manuel Valdez Pilataxi  
C.I. 030268485-7

## **CERTIFICACIÓN**

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE MOVILIDAD EN EL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CUENCA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS”**, realizado por, Jhon Emanuel Morocho Guaman y Luis Manuel Valdez Pilataxi, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre de 2018



---

Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde MSc.

C.I. 0103898995

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jhon Emanuel Morocho Guaman con cedula de identidad N° 030227005-3 y Luis Manuel Valdez Pilataxi con cedula de identidad N° 030268485-7, autores del Trabajo de Titulación: **“ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE MOVILIDAD EN EL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CUENCA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AIRE MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS”**, certificamos que el total contenido del Proyecto Técnico, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre de 2018



---

Jhon Emanuel Morocho Guaman

C.I. 030227005-3



---

Luis Manuel Valdez Pilataxi

C.I. 030268485-7

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a mis padres Francisco y Sisa, que fueron y siempre serán los pilares fundamentales en mi vida, por todo el esfuerzo que brindaron por mi bienestar y educación para culminar mi carrera en la universidad politécnica salesiana.

A mi esposa Verónica por su apoyo y animo de todos los días y a mi hijo Alan Leonel, quien ha sido el motor de mi vida para seguir adelante con mis sueños, el motor que siempre esta encendido, gracias hijo por esos momentos de alegría y felicidad a pesar de tu corta edad siempre con sus ocurrencias me sacas una sonrisa.

A mis hermanos que están siempre alentándome y apoyándome para que siga siempre en el ámbito educativo

**Jhon Morocho.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto principalmente a toda mi familia, de manera especial a mis padres y hermanos, quienes, con su amor, cariño y su apoyo incondicional han hecho posible para culminar mi carrera universitaria.

**Luis Valdez.**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Francisco y Sisa quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me apoyaron incondicionalmente a culminar mi carrera universitaria, que a pesar de la distancia doy gracias por confiar y creer en mí en todas las decisiones que eh decidido, pese a los tropiezos e inconvenientes que se presentaron en el transcurso de mi vida.

A mis Abuelitos que me vieron crecer y que me educaron como una persona humilde siempre dando consejos positivos para que sea una persona de bien.

A mi esposa Verónica quien, con su amor, su apoyo moral y su presencia me ha sabido acompañar en momentos y situaciones difíciles, muchas gracias porque siempre estas animándome y ayudándome.

A mis hermanos Joel y Sarita que de una u otra manera me brindaron su apoyo para culminar la Universidad.

Y por último mi profundo agradecimiento a nuestro tutor de tesis Ing. Néstor Rivera. Por brindar su tiempo y compartir sus conocimientos, para el desarrollo de nuestro proyecto de titulación con éxito

**Jhon Morocho.**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y fortalezas para enfrentar los retos en cada aspecto de mi vida, por haberme permitido conocer y convivir con personas que han sido y seguirán siendo un pilar fundamental en el trayecto de mi formación tanto personal como profesional.

A mi madre Marina Pilataxi y a mi padre Roberto Valdez que con su amor y apoyo motivaron la culminación de mis estudios universitarios.

A mi hermano Carlos Valdez que siempre me ha ayudado desinteresadamente durante mi carrera universitaria.

Y finalmente agradezco al Ing. Néstor Rivera por su confianza y el tiempo prestado en la realización de este proyecto.

**Luis Valdez.**

## **GLOSARIO**

**CO**, Monóxido de Carbono ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

**O<sub>3</sub>**, Ozono Troposférico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**NO**, Óxido Nítrico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**NO<sub>2</sub>**, Dióxido de Nitrógeno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**NO<sub>x</sub>**, Óxido de Nitrógeno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**SO<sub>2</sub>**, Dióxido de Azufre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**MP<sub>2.5</sub>**, Material particulado menor a 2.5 micras ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

**EMOV**, Empresa Pública de Movilidad

**GIIT**, Grupo de investigación en Ingeniería del Transporte

**MCIA**: Motores de combustión interna alternativos

**PMS**, Punto Muerto Superior

**PMI**, Punto Muerto Inferior

**MEP**, Motores de encendido provocado

**MEC**: Motores de encendido por compresión

**RTV**, Revisión Técnica Vehicular

**NCAA**, Normas de la calidad del aire

**H.R**, Humedad Relativa

**P.A**, Presión Atmosférica

**T.A**, Temperatura del aire

**V.V**, Velocidad del Viento

**PCA**, Principal Component Analysis

## RESUMEN

En el presente estudio se realizó el análisis de la matriz de movilidad del Centro Histórico de la ciudad de Cuenca y su relación con la calidad del aire, con el fin de establecer un análisis concluyente y valedero sobre cuanto influye el tráfico vehicular a la calidad del aire para el centro urbano de la ciudad. Para esto, se aplicó técnicas estadísticas que facilita a tomar decisiones óptimas de este estudio.

En la fase I, se inicia con una investigación teórica acerca de matriz de movilidad y su influencia con la calidad del aire, en la que se encontró información bibliografías, que permita establecer un formato de referencia para conocer sobre el estado del arte del tema.

En la fase II, se procede a adquirir una base de datos de la empresa EMOV-EP, los cuales contiene información sobre la red de monitoreo de la estación automática ubicada en el centro de la ciudad las cuales son: CO, O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y PM<sub>2.5</sub>, además, de datos meteorológicos tales como: la presión atmosférica, la temperatura ambiente, humedad relativa y la velocidad del viento, y datos de los índices de tráfico vehicular en el sector del Centro Histórico.

En la fase III, se realiza el análisis estadístico, lo cual se determinó promedios mensuales, diagramas de cajas de todas las variables y caracterización de emisiones contaminantes según semana laboral y fin de semana, con la finalidad de establecer un horario pico, donde la emisión tiene mayor concentración los gases.

En la fase IV, es la etapa final se realiza un análisis ANOVA para establecer si las variables de respuesta tienen valores significativamente diferentes, finalmente se obtuvo los resultados de la correlación entre las variables de entrada los cuales son: tráfico vehicular, presión atmosférica, la temperatura ambiente, radiación solar y la velocidad del viento y las variables de salida que son los gases contaminantes. Una vez realizado la correlación de las variables se procederá a aplicar el método deductivo para determinar conclusiones y recomendaciones.

## **TABLA DE CONTENIDO**

1. INTRODUCCIÓN .....	22
2. PROBLEMA .....	23
3. OBJETIVOS.....	23
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	23
4. REVISIÓN LITERARIA DEL ESTADO DEL ARTE .....	24
4.1. Motores de combustión interna alternativos (MCIA).....	24
4.1.1. Motores de encendido provocado (MEP).....	24
4.1.2. Motores de encendido por compresión (MEC) .....	25
4.2. Procedimiento de emisiones de gases contaminantes de los vehículos .....	26
4.2.1. Monóxido de Carbono (CO) y Bióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).....	26
4.2.2. Óxidos de Nitrógeno (NO, NO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> ) .....	26
4.2.3. Bióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	27
4.2.4. Hidrocarburos no Combustionados (HC).....	27
4.2.5. Material particulado (MP <sub>2.5</sub> y MP <sub>10</sub> ).....	27
4.2.6. Ozono .....	28
4.3. Combustibles utilizados para la automoción en el Ecuador .....	28
4.3.1. Gasolina ECOPAÍS .....	28
4.3.2. Gasolina Super.....	28
4.3.3. Combustible diesel .....	29
4.4. Índice de la Calidad de Aire (ICA).....	29
4.5. Análisis de Componentes Principales.....	29
4.6. Software MATLAB ® .....	30
4.7. Software estadístico MINITAB .....	30
5. MARCO METODOLÓGICO .....	31
5.1. Fase I: Revisión bibliográfica acerca de la matriz de movilidad y la calidad del aire en la ciudad de Cuenca .....	31
5.1.1. Ubicación geográfica y división política del cantón Cuenca .....	31

5.1.2.	Red de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca .....	33
5.1.3.	Estación automática de calidad del aire.....	35
5.1.4.	Matriz de movilidad o redes de tráfico vehicular en el Centro Histórico. 36	
5.1.5.	Flujos principales.....	37
5.1.6.	Saturación de fuentes móviles en el Centro Histórico.....	38
5.1.7.	Calidad de aire en la ciudad de Cuenca.....	39
5.1.8.	Vehículos aprobados en la RTV 2008 a 2016 .....	40
5.1.9.	Norma de la calidad del aire .....	41
5.2.	Fase II: Adquisición de la base de datos de la Empresa de Movilidad EMOV 41	
5.2.1.	Ubicación el área del estudio: zona del Centro Histórico .....	41
5.2.2.	Variables que intervienen en el estudio.....	42
5.2.2.1.	Variables de entrada .....	42
5.2.2.2.	Variables meteorológicas .....	42
5.2.2.3.	Variables de salida o de respuesta.....	43
5.2.3.	Adquisición de datos de emisiones de gases contaminantes .....	43
5.2.3.1.	Emisiones de monóxido de Carbono (CO) .....	44
5.2.3.2.	Emisiones de Ozono Troposférico (O <sub>3</sub> ) .....	45
5.2.3.3.	Emisiones de Óxido de Nitrógeno (NO).....	46
5.2.3.4.	Emisiones de Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	47
5.2.3.5.	Emisiones de Óxidos Nitrosos (NO <sub>x</sub> ) .....	48
5.2.3.6.	Emisiones de Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	49
5.2.3.7.	Emisiones de Material Particulado menor a 2.5 micras (MP <sub>2.5</sub> ) .....	50
5.2.4.	Adquisición de datos de la estación meteorológicas .....	51
5.2.4.1.	Humedad Relativa (H.R.).....	52
5.2.4.2.	Presión Atmosférica (P.A.) .....	53
5.2.4.3.	Temperatura Ambiente (T.A.).....	54
5.2.4.4.	Radiación solar (R.S.) .....	56
5.2.4.5.	Velocidad del viento (V.V) .....	57
5.2.5.	Tráfico vehicular.....	58
5.2.5.1.	Índice del tráfico vehicular.....	58
5.3.	Fase III: Análisis de los datos obtenidos aplicando Técnicas Estadísticas.....	61

5.3.1.	Análisis del comportamiento del promedio mensual de los contaminantes registrados a través del uso diagrama de cajas .....	61
5.3.1.1.	Promedios mensuales y diagrama de cajas del CO .....	61
5.3.1.2.	Promedios mensuales y diagrama de caja del O <sub>3</sub> .....	62
5.3.1.3.	Promedios mensuales y diagrama de caja del Óxido Nítrico.....	63
5.3.1.4.	Promedios mensuales y diagrama de caja del NO <sub>2</sub> .....	64
5.3.1.5.	Promedios mensuales y diagrama de caja del NO <sub>x</sub> .....	66
5.3.1.6.	Promedios mensuales y diagrama de caja del SO <sub>2</sub> .....	67
5.3.1.7.	Promedios mensuales y diagrama de cajas del Material P. (MP <sub>2.5</sub> )..	68
5.3.2.	Análisis del comportamiento meteorológico según el mes .....	69
5.3.2.1.	Promedios mensuales y diagrama de cajas de la Temperatura del Aire .....	70
5.3.2.2.	Promedios mensuales y diagrama de cajas de la Presión Atmosférica .....	71
5.3.2.3.	Promedios mensuales y diagrama de cajas de la Radiación Solar ....	72
5.3.2.4.	Promedios mensuales y diagrama de cajas de la Humedad Relativa .....	73
5.3.2.5.	Promedios mensuales y diagrama de cajas de la velocidad del viento .....	74
5.3.3.	Caracterización de las emisiones según los días de la semana (Laboral y fin de semana) .....	75
5.3.3.1.	Caracterización del Monóxido de Carbono (CO) .....	75
5.3.3.2.	Caracterización del Ozono Troposférico (O <sub>3</sub> ).....	75
5.3.3.3.	Caracterización del Óxido Nítrico (NO) .....	76
5.3.3.4.	Caracterización del Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	77
5.3.3.5.	Caracterización del Óxido de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) .....	78
5.3.3.6.	Caracterización del Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ).....	78
5.3.3.7.	Caracterización del Material Particulado (MP <sub>25</sub> ).....	79
5.3.3.8.	Comportamiento anual de las emisiones.....	80
5.4.	Fase IV: Generación de la correlación entre las diferentes variables de salida	82
5.4.1.	ANOVA: Análisis unidireccional de varianza .....	82
5.4.1.1.	ANOVA de un solo factor para el Monóxido de Carbono.....	84
5.4.1.2.	ANOVA de un solo factor para el Ozono .....	85

5.4.1.3.	ANOVA de un solo factor para el Óxido Nítrico.....	86
5.4.1.4.	ANOVA unidireccional para el Dióxido de Nitrógeno.....	87
5.4.1.5.	ANOVA unidireccional para el Óxido de Nitrógeno.....	88
5.4.1.6.	ANOVA unidireccional para el Dióxido de Azufre.....	89
5.4.1.7.	ANOVA unidireccional para el Material Particulado (MP <sub>2.5</sub> ) .....	91
5.4.2.	Preparación de datos para el análisis multivariante por Componentes Principales (PCA).....	92
5.4.2.1.	Análisis de la relación entre gases contaminantes y el tráfico vehicular.....	92
5.4.2.2.	Análisis de la relación entre variables meteorológicas y emisiones contaminantes .....	94
5.4.3.	Algoritmo para el Análisis por Componentes Principales (PCA) .....	95
5.4.4.	Grafica de sedimentación .....	96
5.4.5.	Análisis de la gráfica de doble proyección de los dos primeros componentes.....	97
6.	CONCLUSIONES .....	99
7.	RECOMENDACIONES .....	100
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	101
9.	ANEXOS.....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Componentes principales de un MCIA. <b>Fuente:</b> (Rovira & Muñoz Domínguez , 2015) .....	24
<b>Figura 2:</b> Esquema de combustión en los motores alternativos de encendido provocado. <b>Fuente:</b> (Rovira & Muñoz Domínguez , 2015) .....	25
<b>Figura 3:</b> Esquema de combustión en los motores de encendido por compresión (MEC). <b>Fuente:</b> (Rovira & Muñoz Domínguez , 2015) .....	26
<b>Figura 4:</b> Ventana principal del software estadístico MINITAB. <b>Fuente:</b> MINITAB. 31	
<b>Figura 5:</b> Ubicación del Cantón Cuenca. <b>Fuente:</b> (EMOV, 2016).....	32
<b>Figura 6:</b> Parroquias urbanas de Cuenca. <b>Fuente:</b> (Arias Montaña & Ludeña Ayala , 2018).....	32
<b>Figura 7:</b> Parroquias rurales de Cuenca. <b>Fuente:</b> (Arias Montaña & Ludeña Ayala , 2018).....	33
<b>Figura 8:</b> Ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del aire de la ciudad de Cuenca. <b>Fuente:</b> (EMOV, 2016).....	33
<b>Figura 9:</b> Estación de monitoreo automática ubicada en el centro de la ciudad. <b>Fuente:</b> (EMOV, 2016).....	34
<b>Figura 10:</b> Representación gráfica de la red de calles. <b>Fuente:</b> Google Maps .....	36
<b>Figura 11:</b> Intensidades medias diarias del tráfico vehicular. <b>Fuente:</b> (Cuenca, 2015) 37	
<b>Figura 12:</b> Flujos de origen y destino para la ciudad de Cuenca. <b>Fuente:</b> (Cuenca, 2015).....	38
<b>Figura 13:</b> Porcentajes de saturación en diferentes zonas del Centro Histórico. <b>Fuente:</b> (Cuenca, 2015) .....	38
<b>Figura 14:</b> Diagrama del número de vehículos aprobados la RTV en la ciudad de Cuenca. <b>Fuente:</b> Autores .....	40
<b>Figura 15:</b> Proceso de análisis de datos. <b>Fuente:</b> Autores.....	42
<b>Figura 16:</b> Concentraciones de CO durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	44
<b>Figura 17:</b> Concentraciones de CO durante el mes de Julio de 2018. <b>Fuente:</b> Autores	45
<b>Figura 18:</b> Emisiones de Ozono durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> Autores	45
<b>Figura 19:</b> Emisiones de Ozono durante el mes de Julio del 2018: <b>Fuente:</b> Autores...	46

<b>Figura 20:</b> Concentraciones de NO durante el mes de Septiembre del 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	46
<b>Figura 21:</b> Emisiones de Óxido de Nitrógeno durante el mes de Julio del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	47
<b>Figura 22:</b> Emisiones de Dióxido de Nitrógeno durante el mes Septiembre del 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	48
<b>Figura 23:</b> Concentraciones de NO <sub>2</sub> durante el mes de Julio del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	48
<b>Figura 24:</b> Concentraciones de NO <sub>x</sub> durante el mes de diciembre de 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	49
<b>Figura 25:</b> Concentraciones de NO <sub>x</sub> durante el mes de Julio de 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	49
<b>Figura 26:</b> Concentraciones de SO <sub>2</sub> durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	50
<b>Figura 27:</b> Concentraciones de SO <sub>2</sub> durante el mes de Julio del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	50
<b>Figura 28:</b> Concentraciones de MP <sub>2.5</sub> durante el mes de Octubre del 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	51
<b>Figura 29:</b> Emisiones de Material Particulado < a 2.5 micras durante el mes de Julio del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	51
<b>Figura 30:</b> Datos registrados de la humedad relativa (%) en el mes de Agosto del 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	53
<b>Figura 31:</b> Datos registrados de la humedad relativa (%) en el mes de Julio del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	53
<b>Figura 32:</b> Datos registrados de la presión atmosférica (hPa) en el mes de Agosto del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	54
<b>Figura 33:</b> Datos registrados de la presión atmosférica (hPa) en el mes de julio del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	54
<b>Figura 34:</b> Datos registrados de la temperatura del aire en el mes de Agosto del 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	55
<b>Figura 35:</b> Datos registrados de la temperatura del aire en el mes de Julio del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	55
<b>Figura 36:</b> Datos registrados de la radiación solar en diferentes horas del día. <b>Fuente:</b> Autores .....	56

<b>Figura 37:</b> Datos de la radiación solar en diferentes horas del día durante el mes de julio. <b>Fuente:</b> Autores .....	56
<b>Figura 38:</b> Datos registrados de la V.V durante el mes de Agosto de 2017. <b>Fuente:</b> Autores .....	57
<b>Figura 39:</b> Datos registrados de la V.V durante el mes de Julio del 2018. <b>Fuente:</b> Autores .....	57
<b>Figura 40:</b> Tráfico vehicular presente en Google Maps. <b>Fuente:</b> Google Maps .....	58
<b>Figura 41:</b> Visualización de los datos del tráfico vehicular. <b>Fuente:</b> Autores .....	60
<b>Figura 42:</b> Promedios mensuales del Monóxido de Carbono. <b>Fuente:</b> Autores.....	61
<b>Figura 43:</b> Grafica de cajas para el Monóxido de Carbono. <b>Fuente:</b> Autores.....	62
<b>Figura 44:</b> Promedios mensuales del Ozono (O <sub>3</sub> ). <b>Fuente:</b> Autores .....	62
<b>Figura 45:</b> Gráfica de cajas para el Ozono Troposférico (O <sub>3</sub> ). <b>Fuente:</b> Autores.....	63
<b>Figura 46:</b> Promedios mensuales del Óxido Nítrico. <b>Fuente:</b> Autores.....	63
<b>Figura 47:</b> Gráfica de cajas para el Óxido Nítrico (NO). <b>Fuente:</b> Autores .....	64
<b>Figura 48:</b> Valores promedios mensuales del NO <sub>2</sub> . <b>Fuente:</b> Autores.....	65
<b>Figura 49:</b> Diagrama de cajas para el NO <sub>2</sub> . <b>Fuente:</b> Autores .....	65
<b>Figura 50:</b> Valores promedios mensuales del NO <sub>x</sub> . <b>Fuente:</b> Autores.....	66
<b>Figura 51:</b> Gráfica de cajas para el Óxido Nítrico. <b>Fuente:</b> Autores.....	67
<b>Figura 52:</b> Valores promedios mensuales del SO <sub>2</sub> . <b>Fuente:</b> Autores.....	67
<b>Figura 53:</b> Gráfica de cajas para el Dióxido de Azufre. <b>Fuente:</b> Autores .....	68
<b>Figura 54:</b> Valores promedios mensuales del MP2.5. <b>Fuente:</b> Autores .....	69
<b>Figura 55:</b> Diagrama de cajas para el Material particulado < 2.5 micras. <b>Fuente:</b> Autores .....	69
<b>Figura 56:</b> Promedios y comportamientos mensuales de la Temperatura de aire. <b>Fuente:</b> Autores .....	70
<b>Figura 57:</b> Gráfica de cajas de la temperatura del aire para cada mes. <b>Fuente:</b> Autores .....	70
<b>Figura 58:</b> Promedios y comportamientos mensuales de la Presión Atmosférica. <b>Fuente:</b> Autores .....	71
<b>Figura 59:</b> Grafica de cajas de la Presión Atmosférica para cada mes. <b>Fuente:</b> Autores .....	71
<b>Figura 60:</b> Comportamiento mensual de la Radiación Solar. <b>Fuente:</b> Autores.....	72
<b>Figura 61:</b> Grafica de cajas de la Radiación Solar para cada mes. <b>Fuente:</b> Autores....	72
<b>Figura 62:</b> Comportamiento mensual de la Humedad Relativa. <b>Fuente:</b> Autores.....	73

<b>Figura 63:</b> Grafica de cajas de la Humedad Relativa para cada mes. <b>Fuente:</b> Autores	73
<b>Figura 64:</b> Comportamiento mensual de la velocidad del viento. <b>Fuente:</b> Autores	74
<b>Figura 65:</b> Variación de la velocidad media mensual del viento. <b>Fuente:</b> Autores	74
<b>Figura 66:</b> Comportamiento anual de los contaminantes según los diferentes días. <b>Fuentes:</b> Autores	81
<b>Figura 67:</b> Graficas de probabilidad normal. a) si cumple. b) no cumple. <b>Fuente:</b> (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004)	82
<b>Figura 68:</b> Grafica de varianza constante. a) si cumple. b) no cumple. <b>Fuente:</b> (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004)	83
<b>Figura 69:</b> Grafica de independencia de residuos. a) Si cumple. b) No cumple. <b>Fuente:</b> (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004)	83
<b>Figura 70:</b> Gráfica de residuos para las diferentes muestras (meses) de CO. <b>Fuente:</b> Autores	85
<b>Figura 71:</b> Gráfica de residuos para las diferentes muestras (meses) de O <sub>3</sub> . <b>Fuente:</b> Autores	86
<b>Figura 72:</b> Gráfica de residuos para las diferentes muestras (meses) de NO. <b>Fuente:</b> Autores	87
<b>Figura 73:</b> Grafica de residuos para las diferentes muestras (meses) de NO <sub>2</sub> . <b>Fuente:</b> Autores	88
<b>Figura 74:</b> Grafica de residuos para las diferentes muestras (meses) de NO <sub>x</sub> . <b>Fuente:</b> Autores	89
<b>Figura 75:</b> Grafica de residuos para las diferentes muestras (meses) de SO <sub>2</sub> . <b>Fuente:</b> Autores	90
<b>Figura 76:</b> Grafica de residuos para las diferentes muestras (meses) de MP <sub>2,5</sub> . <b>Fuente:</b> Autores	91
<b>Figura 77:</b> Gráficas de dispersión y valores de correlación entre el tráfico vehicular y los gases contaminantes. <b>Fuente:</b> Autores	93
<b>Figura 78:</b> Gráficas de dispersión y valores de correlación entre variables atmosféricas y los gases contaminantes. <b>Fuente:</b> Autores	95
<b>Figura 79:</b> 95% de los datos expresada mediante el diagrama de Pareto. <b>Fuente:</b> Autores	96
<b>Figura 80:</b> Puntuaciones de los dos primeros componentes principales. <b>Fuente:</b> Autores	98

<b>Figura 81:</b> Puntuaciones de los 3 primeros componentes principales. <b>Fuente:</b> Autores	98
--	----

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Límites del Cantón Cuenca. <b>Fuente:</b> (Arias Montaña & Ludeña Ayala , 2018)	31
<b>Tabla 2:</b> Nombres y ubicaciones de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire. <b>Fuente:</b> (EMOV, 2016, pág. 25)	35
<b>Tabla 3:</b> Sensores utilizados en la estación automática para la monitorización de los gases contaminantes. <b>Fuente:</b> (EMOV, 2016, p. 27)	35
<b>Tabla 4:</b> Fuentes principales de emisiones de gases contaminantes en la ciudad de Cuenca. <b>Fuente:</b>	39
<b>Tabla 5:</b> Calificaciones de la incertidumbre de inventario de emisiones. <b>Fuente:</b> (Parra, 2014)	39
<b>Tabla 6:</b> Número de vehículos aprobados en el cantón Cuenca a partir del año 2008 al 2016. <b>Fuente:</b> (EMOV, 2016)	40
<b>Tabla 7:</b> Concentraciones permitidas de gases contaminantes basadas en la NCAA. <b>Fuente:</b>	41
<b>Tabla 8:</b> Índices utilizados para determinar el tráfico vehicular. <b>Fuente:</b> Autores	42
<b>Tabla 9:</b> Variables meteorológicas y sus unidades usadas para el análisis. <b>Fuente:</b> Autores	43
<b>Tabla 10:</b> Variables de salida. <b>Fuente:</b> Autores	43
<b>Tabla 11:</b> Matriz generada para la recolección de datos de los gases contaminantes. <b>Fuente:</b> Autores	43
<b>Tabla 12:</b> Modelo de la matriz para la Humedad Relativa. <b>Fuente:</b> Autores	52
<b>Tabla 13:</b> Codificación de la intensidad del tráfico. <b>Fuente:</b> Autores	59
<b>Tabla 14:</b> Matriz para la adquisición de datos del tráfico vehicular. <b>Fuente:</b> Autores	60
<b>Tabla 15:</b> Variación semanal del Monóxido de Carbono. <b>Fuente:</b> Autores	75
<b>Tabla 16:</b> Variación semanal del Ozono Troposférico (O <sub>3</sub> ). <b>Fuente:</b> Autores	76
<b>Tabla 17:</b> Variación semanal del Óxido Nítrico. <b>Fuente:</b> Autores	76
<b>Tabla 18:</b> Variación semanal del Dióxido de Nitrógeno. <b>Fuente:</b> Autores	77
<b>Tabla 19:</b> Variación semanal del Óxido de Nitrógeno. <b>Fuente:</b> Autores	78
<b>Tabla 20:</b> Variación semanal del Dióxido de Azufre. <b>Fuente:</b> Autores	79

<b>Tabla 21:</b> Variación semanal de Material Particulado <b>Fuente:</b> Autor .....	79
<b>Tabla 22:</b> Valor de p para el ANOVA de emisiones de CO. <b>Fuente:</b> Autores.....	84
<b>Tabla 23:</b> Valor de p para el ANOVA de emisiones de O3. <b>Fuente:</b> Autores.....	85
<b>Tabla 24:</b> Valor de p para el ANOVA de emisiones de NO. <b>Fuente:</b> Autores.....	86
<b>Tabla 25:</b> Valor de p para el ANOVA de emisiones de NO2. <b>Fuente:</b> Autores.....	87
<b>Tabla 26:</b> Valor de p para el ANOVA de emisiones de NOX. <b>Fuente:</b> Autores.....	89
<b>Tabla 27:</b> Valor de p para el ANOVA de emisiones de SO2. <b>Fuente:</b> Autores .....	90
<b>Tabla 28:</b> Valor de p para el ANOVA de emisiones de MP2,5. <b>Fuente:</b> Autores.....	91
<b>Tabla 29:</b> Relación del tráfico vehicular sobre la calidad del aire mediante los coeficientes de correlación de Pearson. <b>Fuente:</b> Autores .....	92
<b>Tabla 30:</b> Correlación entre variables meteorológicas y emisiones Contaminantes. <b>Fuente:</b> Autores .....	94
<b>Tabla 31:</b> Determinación del número de CP a partir de los valores propios. <b>Fuente:</b> Autores .....	97
<b>Tabla 32:</b> Coeficientes de las Componentes Principales. <b>Fuente:</b> Autores .....	97

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Tabla A- 1:</b> Datos del Monóxido de Carbono ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) emitidos durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	103
<b>Tabla A- 2:</b> Datos del Ozono Troposférico ( $\text{ug}/\text{m}^3$ ) emitidos durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	104
<b>Tabla A- 3:</b> Datos del Óxido Nítrico ( $\text{ug}/\text{m}^3$ ) emitidos durante el mes de septiembre del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	105
<b>Tabla A- 4:</b> Datos del Dióxido de Nitrógeno ( $\text{ug}/\text{m}^3$ ) emitidos durante el mes de septiembre del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	106
<b>Tabla A- 5:</b> Datos de Óxidos de Nitrógeno ( $\text{ug}/\text{m}^3$ ) emitidos durante el mes de diciembre del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	107
<b>Tabla A- 6:</b> Datos del Dióxido de Azufre ( $\text{ug}/\text{m}^3$ ) emitidos durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	108
<b>Tabla A- 7:</b> Datos de las emisiones del Material particulado menor a 2.5 micras durante el mes de octubre del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	109
<b>Tabla A- 8:</b> Datos registrados de la Humedad Relativa en el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	110
<b>Tabla A- 9:</b> Datos registrados de la Presión Atmosférica en el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	111
<b>Tabla A- 10:</b> Datos registrados de la Temperatura del Aire durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	112
<b>Tabla A- 11:</b> Datos registrados de la Radiación Solar durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	113
<b>Tabla A- 12:</b> Datos registrados de la Velocidad del Viento durante el mes de agosto del 2017. <b>Fuente:</b> EMOV .....	114
<b>Tabla A- 13:</b> Índices del tráfico vehicular del día lunes. <b>Fuente:</b> Autores.....	115
<b>Tabla A- 14:</b> Índices del tráfico vehicular del día martes. <b>Fuente:</b> Autores.....	115
<b>Tabla A- 15:</b> Índices del tráfico vehicular del día miércoles. <b>Fuente:</b> Autores.....	116
<b>Tabla A- 16:</b> Índices del tráfico vehicular del día jueves. <b>Fuente:</b> Autores .....	116

<b>Tabla A- 17:</b> Índices del tráfico vehicular del día viernes. <b>Fuente:</b> Autores.....	117
<b>Tabla A- 18:</b> Índices del tráfico vehicular del día sábado. <b>Fuente:</b> Autores .....	117
<b>Tabla A- 19:</b> Índices del tráfico vehicular del día domingo. <b>Fuente:</b> Autores .....	118

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca existe un gran número de vehículos que circulan por diferentes puntos del centro urbano, los cuales son los principales responsables del deterioro de la calidad del aire. Todo esto se da por el desarrollo de un proceso de combustión incompleta y es la responsable de las emisiones de gases contaminantes que emite a la atmósfera, esto ocasiona daños irreversibles en la salud de las personas y la calidad del aire de la ciudad de Cuenca.

La calidad del aire en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca depende de algunos factores como: la distancia de las principales fuentes de emisión, el parque automotor, meteorología y topografía. Un sensor ubicado en el Centro Histórico entre las calles Simón Bolívar y presidente Borrero monitorea algunos gases contaminantes como: Monóxido de Carbono (CO), Ozono troposférico (O<sub>3</sub>), Óxido de Nítrico (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Óxido de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Material particulado menor a 2.5 micras (MP<sub>2.5</sub>)

Los medios de transporte y la matriz de movilidad son los puntos fundamentales para este análisis sobre la incidencia del flujo vehicular en la calidad de aire en las zonas de tráfico lento que ocasiona gran congestionamiento vehicular en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca.

El resultado del análisis será proporcionado para el grupo de Investigación en Ingeniería de Transporte (GIIT), para su línea de investigación de Ingeniería del Mantenimiento Automotriz y Eficiencia Energética de la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana. Además, está dirigido a la Empresa Pública de Movilidad (EMOV) y para proyectos de investigaciones futuras.

## **2. PROBLEMA**

El problema principal radica por la falta de un análisis concluyente que permita conocer el aporte real y exacto de las emisiones contaminantes que genera el flujo vehicular sobre la calidad del aire en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, cabe destacar que la movilidad vehicular está formado por los vehículos de turismo, motos y buses, por otra parte, los documentos emitidos por la EMOV como “El informe de la calidad del aire” y “El inventario de emisiones del cantón Cuenca” son desarrollados en base a un factor de emisión; dado que, esta técnica proporciona el total de emisiones producidas por los vehículos, es decir multiplicando el total de vehículos por el factor de emisión, donde no diferencian el flujo vehicular sobre la calidad del aire en el Centro Histórico, finalmente, el método aplicado en los documentos de la EMOV los resultados se alejan de la realidad. Por otra parte, el “Informe de Plan de Movilidad de la ciudad de Cuenca” indica que el 33% de las calles soportan intensidades de 10.000 a 40.000 vehículos por día y más aún el 59% presentan cifras superiores a 40.000 vehículos por día en toda el área del Centro Histórico.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Analizar el flujo vehicular, mediante técnicas estadísticas, para la determinación de su incidencia en la calidad del aire en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca.

### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar un estudio del estado del arte, mediante una investigación bibliográfica acerca de la matriz de movilidad y la calidad del aire en la ciudad de Cuenca.
- Adquirir una base de datos, a través de la empresa pública de movilidad (EMOV) de la ciudad de Cuenca.
- Analizar los datos obtenidos, mediante técnicas estadísticas con la ayuda de un software matemático para la determinación de la incidencia de la matriz de movilidad y su relación con la calidad del aire en el Centro Histórico.

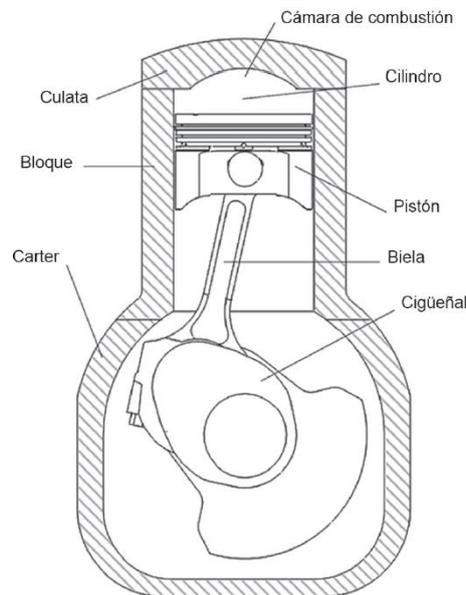
- Establecer la correlación entre las diferentes variables de entrada y salida, mediante un modelo estadístico y el uso del método deductivo.

#### 4. REVISIÓN LITERARIA DEL ESTADO DEL ARTE

##### 4.1. Motores de combustión interna alternativos (MCIA)

Los MCI alternativos, son motores térmicos de desplazamiento positivo cuyo trabajo se realiza mediante un mecanismo Biela-manivela, es decir durante el proceso de combustión la presión ejercida dentro del cilindro provoca una fuerza que empuja el pistón desde el punto muerto superior (PMS) hacia el punto muerto inferior (PMI). El mecanismo Biela-manivela transmite el movimiento hacia el cigüeñal transformando de esta manera un movimiento lineal en movimiento circular. Durante el funcionamiento del motor se repiten una serie de procesos básicos conocidos como ciclos de trabajo los cuales son: Admisión, Compresión, “Combustión y carrera de expansión” y escape. Se le denomina renovación de carga a los procesos de admisión y escape, ya que en estos dos procesos se intercambia masa con el exterior (Rovira & Muñoz Domínguez , 2015).

En la Figura 1, se presenta las partes que componen un motor de combustión interna.

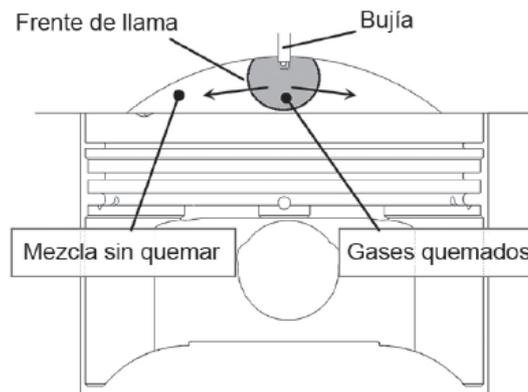


**Figura 1:** Componentes principales de un MCIA. **Fuente:** (Rovira & Muñoz Domínguez , 2015)

##### 4.1.1. Motores de encendido provocado (MEP)

Estos motores también son denominados como “*Motores de encendido por chispa o motores de ciclo Otto*”. La combustión se da al obtener una mezcla de aire-combustible,

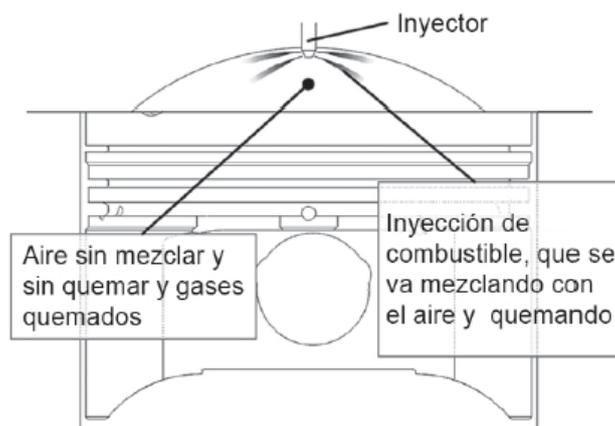
posteriormente esta mezcla se enciende por medio de una chispa (agente externo) y de esta manera la combustión se propaga a través de un frente de llama, por otra parte, cuando se da una combustión perfecta se expulsa al ambiente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) los cuales no son tóxicos, estas emisiones se producen al tener una mezcla estequiométrica, es decir, que para quemar un gramo de combustible se necesita 14,7 gramos de aire teóricamente (Rovira & Muñoz Domínguez , 2015).



**Figura 2:** Esquema de combustión en los motores alternativos de encendido provocado. **Fuente:** (Rovira & Muñoz Domínguez , 2015)

#### 4.1.2. Motores de encendido por compresión (MEC)

Reciben también el nombre de motores Diesel o motores de ciclo Diesel, el proceso de combustión en un motor de encendido por compresión (MEC) se produce al mezclar el aire con el diesel, a diferencia del motor de gasolina en este caso no se produce el encendido por chispa si no por la alta presión y temperatura dentro del cilindro a causa de la compresión de la mezcla. Por otra parte, al igual que en el motor a gasolina una combustión perfecta libera gases no contaminantes como el  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$ , pero durante el funcionamiento del motor no se da una combustión completa y se expulsan gases tóxicos como: Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y Material Particulado o partículas sólidas (Rovira & Muñoz Domínguez , 2015).



**Figura 3:** Esquema de combustión en los motores de encendido por compresión (MEC). **Fuente:** (Rovira & Muñoz Domínguez, 2015)

## 4.2. Procedimiento de emisiones de gases contaminantes de los vehículos

El Proceso de emisiones de gases contaminantes se originan dentro de los MCIAs por causa de la quema del carburante (gasolina, diesel, o biocombustibles) para posteriormente ser expulsados a través del tubo de escape. Los gases contaminantes expulsados son: el Monóxido y el Bióxido de Carbono ( $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$ ); los Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_x$ ), Bióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), los Hidrocarburos no Combustionados (o llamados HC), el Material Particulado ( $\text{MP}_{2.5}$  y  $\text{MP}_{10}$ ), el Plomo (Pb), metano y amoníaco. Cabe recalcar, que los HC también son emitidos por evaporación a través del tanque de combustible. A continuación, se explicará individualmente cada uno de los contaminantes principales emitidos por un motor en funcionamiento a excepción del Ozono ( $\text{O}_3$ ) que reacciona mediante la radiación solar (Gómez Iniesta & Franco Sandoval, 2009).

### 4.2.1. Monóxido de Carbono (CO) y Bióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )

El  $\text{CO}$  se forma muy rápidamente en la zona de “reacción” (es decir, cerca de la bujía, en motores de encendido de desplazamiento positivo) como producto de la combustión de los hidrocarburos presentes en el combustible; a su vez, el  $\text{CO}$  se oxida y se convierte en Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ , o Dióxido de Carbono). Sin embargo, la reacción es significativamente más lenta que la que genera el  $\text{CO}$ , y también se ve obstaculizada por la rápida disminución de la temperatura en la fase de expansión. El resultado es que no todo el  $\text{CO}$  producido se transforma en  $\text{CO}_2$  (Gómez Iniesta & Franco Sandoval, 2009).

### 4.2.2. Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$ y $\text{NO}_x$ )

Los Óxidos de Nitrógeno, entre los cuales el Monóxido de Nitrógeno ( $\text{NO}$ ) tiene un claro porcentaje predominante (alrededor del 98%), se derivan de la reacción de oxidación entre

el Nitrógeno y el Oxígeno presente en la mezcla aire y combustible. Esta reacción tiene lugar a altas temperaturas (más de 2000 K); sin embargo, la subsiguiente disminución rápida de la temperatura conduce al bloqueo de reacciones químicas que, en teoría, deberían dividir el oxígeno y el nitrógeno nuevamente. Por lo tanto, el NO permanece como un componente de los gases de combustión. Posteriormente, el monóxido de nitrógeno en presencia del ozono y radicales oxidativos se transforma en dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (Gómez Iniesta & Franco Sandoval, 2009).

#### **4.2.3. Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

Los fenómenos de contaminación compuestos de azufre son típico de las áreas antropizadas y se derivan de los procesos de combustibles fósiles y líquidos, que contienen Azufre, incluidos el carbón y los aceites combustibles. También hay emisiones de ácido sulfúrico en la producción y procesamiento de muchos plásticos. La emisión de SO<sub>2</sub> en algunos países de la Unión Europea es aproximadamente del 20% debido a la calefacción doméstica, el 40% de procesos industriales incluida la combustión y el 40% a la producción de electricidad mediante centrales termoeléctricas (Gómez Iniesta & Franco Sandoval, 2009).

#### **4.2.4. Hidrocarburos no Combustionados (HC)**

Durante la fase de compresión de la mezcla introducida en el cilindro, parte del mismo queda atrapada en pequeñas cavidades (como el pequeño volumen entre el cilindro, el pistón y los rines) donde el frente de llama generado por la bujía no alcanza. Además, los depósitos en la cámara de combustión y la eventual película de lubricante que se adhiere a las paredes del cilindro absorben los hidrocarburos de la mezcla aire combustible. En la fase de descarga, estos hidrocarburos no quemados (HC) son rechazados y son mezclados con los gases de combustión presentes en el cilindro (Gómez Iniesta & Franco Sandoval, 2009).

#### **4.2.5. Material particulado (MP<sub>2.5</sub> y MP<sub>10</sub>)**

El Material Particulado es a menudo el contaminante con mayor impacto ambiental en las áreas urbanas, para inducir a las autoridades competentes a tener bloques de tráfico en un intento de reducir el fenómeno. Los MP<sub>10</sub> representan las partículas que tienen un diámetro inferior a 10 micrones, mientras que las MP<sub>2.5</sub> que constituyen el 60% de las matriculas de MP<sub>10</sub>, representan las partículas que tienen un diámetro inferior a 2.5 micrones (Gómez Iniesta & Franco Sandoval, 2009).

#### **4.2.6. Ozono (O<sub>3</sub>)**

EL Ozono u Oxígeno triatómico (O<sub>3</sub>) está presente en más del 90% de la estratosfera donde se produce a partir del oxígeno molecular por acción de la radiación solar. Se produce una cantidad considerable de Ozono durante la oxidación de los hidrocarburos presentes en el aire. Por lo tanto, se puede afirmar que las principales fuentes antrópicas resultan ser aquellas que liberan los precursores contaminantes, es decir, el tráfico vehicular, los procesos de combustión, la evaporación de combustibles, los solventes, etc (Gómez Iniesta & Franco Sandoval, 2009).

#### **4.3. Combustibles utilizados para la automoción en el Ecuador**

En el mercado ecuatoriano existen tres tipos de combustibles usados en vehículos a gasolina y a diesel mostrados a continuación:

- Combustible ECOPAÍS de 87 octanos
- Combustible Super de 92 octanos
- Combustible Diesel

##### **4.3.1. Gasolina ECOPAÍS**

“Es un biocombustible compuesto del 5% de etanol y el 95% de la gasolina base y contiene 87 octanos, el precio del galón del combustible es 1,45 dólares, además, este combustible es proveniente de la caña de azúcar” (Urgilés Sánchez & Erreyes Erreyes , 2018, p. 13). Según el estudio realizado por Urgilés Sánchez & Erreyes Erreyes (2018) realizaron pruebas para determinar el octanaje con los siguientes resultados:

Los resultados fueron: 82,9 octanos, cuando en el análisis el combustible contiene 100% de gasolina ECOPAÍS; 84,1 octanos, cuando se le añade 25% de gasolina Súper en 75% de Ecopaís; 86,1 octanos, cuando se añade 50% de gasolina Súper en 50% de Ecopaís; 95,7 octanos cuando se mezcla 75% de gasolina súper en 25% de Ecopaís y finalmente se obtiene un octanaje de la gasolina Super de 91,2 sin mezclar ningún porcentaje en el combustible Súper. Por lo tanto, el valor del octanaje adecuado es el valor medio de RON de 87,05. (p. 42)

##### **4.3.2. Gasolina Súper**

La gasolina Súper, “se utiliza en vehículos que tienen motores con relación de compresión elevada, es decir, los hidrocarburos presentes en este tipo de gasolina tienen alto grado de

resistencia a elevadas presiones y temperaturas sin llegar a la destrucción de las moléculas” (Urgilés Sánchez & Erreyes Erreyes , 2018, p. 13).

#### **4.3.3. Combustible diesel**

También denominado gasóleo, “la gran parte de diesel se utiliza en vehículos y motores estacionarios que poseen una máquina que funciona específicamente con este combustible. Además, posee las siguientes propiedades: densidad, poder calorífico, azufre, viscosidad y aromáticos” (Ortiz Vallejo, 2015, págs. 25-30).

#### **4.4. Índice de la Calidad de Aire (ICA)**

El Índice de la Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca está basado en los documentos emitidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) dicho documento se titula: Plan Nacional de la calidad del Aire.

El ICA es un número adimensional que es utilizado para informar sobre el estado de la calidad del aire como consecuencia de los gases contaminantes emitidos a la atmosfera. El ICA esta categorizada mediante seis rangos, los cuales son: 0 a 50 (Bueno), 50 a 100 (Moderado), 100 a 150 (Poco saludable), 150 a 200 (Dañina), 200 a 300 (Muy dañina) y 300 a 500 (peligrosa). (Ministerio del Ambiente (MAE), 2010, p. 11)

#### **4.5. Análisis de Componentes Principales (ACP)**

Un problema central en el análisis de datos multivariantes es la reducción de la dimensionalidad: si es posible describir con precisión los valores de  $p$  variables por un pequeño subconjunto  $r < p$  de ellas, se habrá reducido la dimensión del problema a costa de una pequeña pérdida de información.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) tiene este objetivo: dando como  $n$  observaciones de  $p$  variables, se analiza si es posible representar adecuadamente esta información con un número menor de variables construidas como combinaciones lineales de las originales. Por ejemplo, con las variables con alta dependencia es frecuente que un pequeño número de nuevas variables (menos del 20 por 100 de las originales) expliquen la mayor parte (más del 80 por 100 de la variabilidad original). Su utilidad es doble:

- Permite representar ópticamente en un espacio de dimensión pequeñas observaciones de un espacio general  $p$ -dimensional. En este sentido, CP es el

primer paso para identificar las posibles variables latentes, no observadas que generan los datos.

- Permite transformar las variables originales, en general correlacionadas, en nuevas variables no correlacionadas, facilitando la interpretación de los datos.

#### **4.6. Software MATLAB ®**

MATLAB es un software de lenguaje de cálculo técnico que no exige una dimensión limitada para su matriz. Además, este software matemático ayuda a resolver un sin número de problemas numéricos, analizar datos, diseñar algoritmos y generar modelos matemáticos y trabaja con lenguajes de programación como: C++, BASIC o FORTRAN. (León Bacuilima & Piña Orellana , 2018, p. 18)

“MATLAB combina un entorno de escritorio en sintonía para los procesos de análisis y diseño iterativos con un lenguaje de programación matemática que expresa las matemáticas de matrices y arrays directamente” (MathWorks® I. , 2018).

Por otra parte, se emplea este software matemático para el Análisis multivariado mediante el método de Componentes Principales, que permite visualizar los resultados de una manera gráfica ya que en MATLAB la función *plot* muestra resultados de la relación entre dos variables, pero cuando existe decenas de variables se hace difícil visualizar sus relaciones, por lo tanto, es necesario recurrir a este método de análisis. (MathWorks®, 2018)

#### **4.7. Software estadístico MINITAB**

Minitab es una herramienta estadística, utilizada para analizar los datos eficientemente y efectivamente mediante estadísticas descriptivas e inferenciales a través de cálculos y resultados gráficos para su mejor interpretación de los datos. En la Figura 4 se presenta el interfaz de usuario de Minitab donde en la barra de herramientas se puede encontrar estadísticas descriptivas tales como: media, mediana, varianza, covarianza, gráficas de dispersión, diagrama de cajas, etc. También estadísticas inferenciales como: Regresión Múltiple, ANOVA, Análisis de Componentes Principales, Análisis Factorial, Análisis de elementos, etc. (Cintas, Almagro, & Martorell Llabrés , 2012, pág. 1)

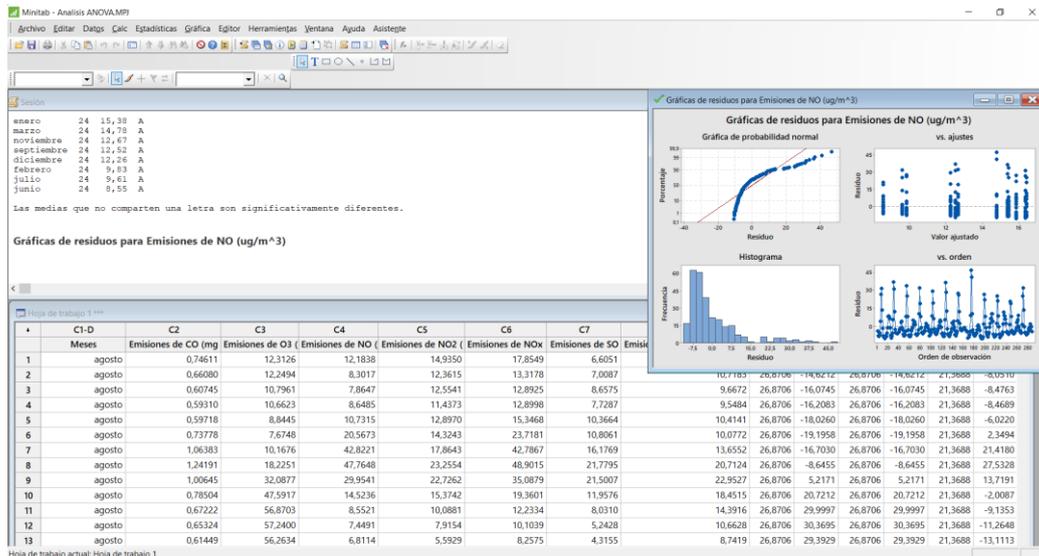


Figura 4: Ventana principal del software estadístico MINITAB. Fuente: MINITAB

## 5. MARCO METODOLÓGICO

### 5.1.Fase I: Revisión bibliográfica acerca de la matriz de movilidad y la calidad del aire en la ciudad de Cuenca

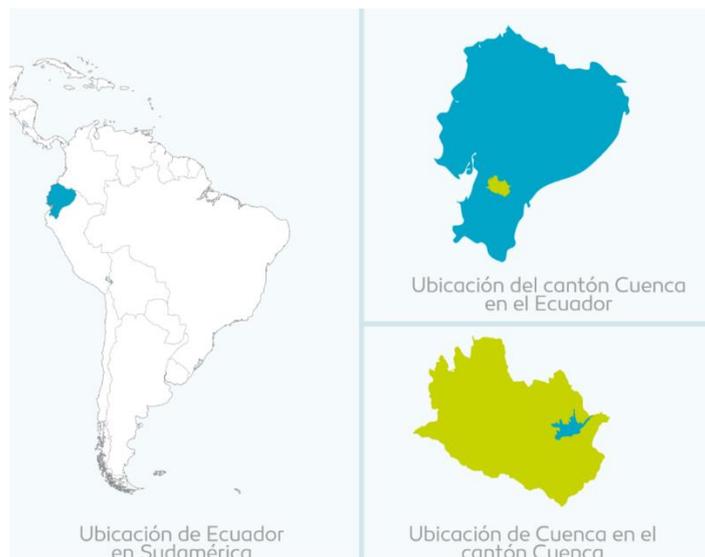
#### 5.1.1. Ubicación geográfica y división política del cantón Cuenca

Geográficamente el cantón Cuenca está ubicado al sur del Ecuador, como se muestra en la Figura 5, entre las coordenadas 2°39' a 3°00' de latitud sur con respecto al plano ecuatorial y 78°54' a 79°26' de longitud oeste con respecto al meridiano de referencia (meridiano de Greenwich), con una altura de 2538 metros sobre el nivel del mar (Arias Montaña & Ludeña Ayala , 2018).

En la Tabla 1, se presenta los límites territoriales del cantón Cuenca.

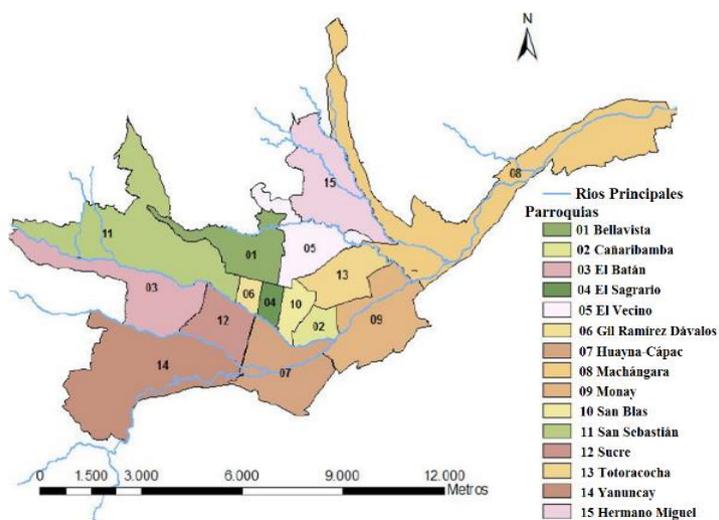
Tabla 1: Limites del Cantón Cuenca. Fuente: (Arias Montaña & Ludeña Ayala , 2018)

Limites	
<b>Norte</b>	Provincia del Cañar
<b>Sur</b>	<b>Cantones:</b> Camilo Ponce Enriquez San Fernando Santa Isabel y Girón
<b>Este</b>	<b>Cantones:</b> Paute Gualaceo Sígsig
<b>Oeste</b>	Provincia del Guayas

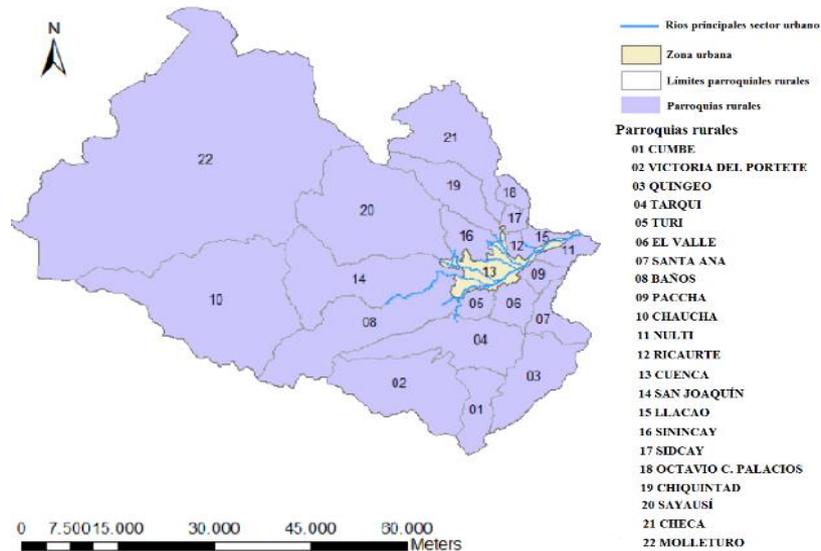


**Figura 5:** Ubicación del Cantón Cuenca. **Fuente:** (EMOV, 2016)

El cantón Cuenca está formada por 22 parroquias rurales (Figura 7) y 15 parroquias urbanas (Figura 6). Las parroquias urbanas son las que delimitan la ciudad de Cuenca.



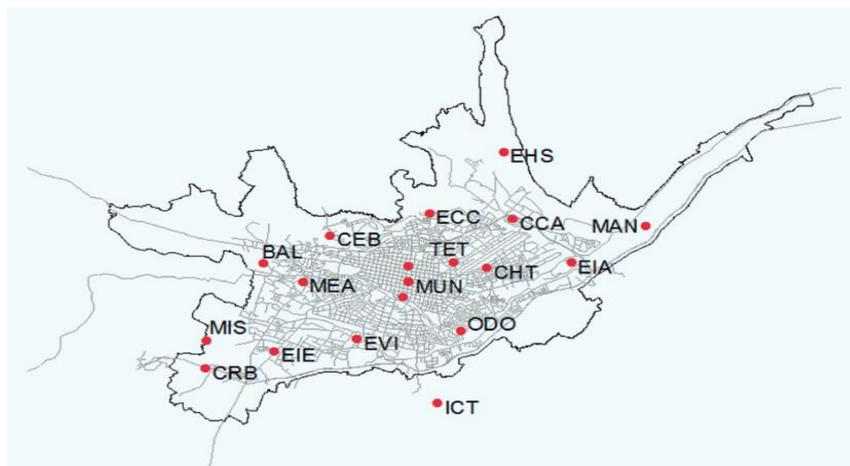
**Figura 6:** Parroquias urbanas de Cuenca. **Fuente:** (Arias Montaña & Ludeña Ayala , 2018)



**Figura 7:** Parroquias rurales de Cuenca. **Fuente:** (Arias Montaño & Ludeña Ayala , 2018)

### 5.1.2. Red de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca

Actualmente, la red de monitoreo de la Calidad del aire en la ciudad de Cuenca cuenta con veinte puntos de vigilancia, donde se encuentran instaladas las estaciones de monitoreo y registran la cantidad de emisiones de gases contaminantes generadas por cada minuto, estos datos son registrados por los sensores instalados en dichas estaciones que generan información necesaria para caracterizar la distribución espacial de la contaminación atmosférica, mediante la medición permanente de la calidad del aire en distintas áreas de la ciudad (EMOV, 2016).



**Figura 8:** Ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del aire de la ciudad de Cuenca. **Fuente:** (EMOV, 2016)

La red de monitoreo de la ciudad de Cuenca está compuesta por:

- ✓ “Una estación automática llamada MUN ubicada entre las calles Simón Bolívar y Presidente Borrero, lo cual, registra en tiempo real las concentraciones de CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, MP<sub>2.5</sub>, y dichos datos serán utilizados para análisis posteriores” (EMOV, 2016, p. 22).



**Figura 9:** Estación de monitoreo automática ubicada en el centro de la ciudad. **Fuente:** (EMOV, 2016)

- ✓ “Un sensor automático de material particulado menor a 2.5 micras (MP<sub>2.5</sub>), ubicado en la estación del Colegio Carlos Arízaga que mide las concentraciones en la zona del parque industrial” (EMOV, 2016, p. 22).
- ✓ Una subred pasiva de muestreo de contaminantes gaseosos en las 20 estaciones. Mide las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) con muestras de 10 a 12 días, dos veces por mes; Ozono (O<sub>3</sub>) con muestras de 10 a 12 días, dos veces por mes; Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos con muestras de 30 días, una vez por mes (EMOV, 2016).
- ✓ “Una subred de depósito de Partículas sedimentales (PS), con 18 puntos de medición” (EMOV, 2016, p. 22).
- ✓ “Una subred activa de Materia Particulado menor a 10 micras (MP<sub>10</sub>), conformada por 3 equipos semiautomático de alto volumen para la obtención de muestras durante 24 horas consecutivas” (EMOV, 2016, p. 22).

En la Tabla 2 se presenta las ubicaciones de cada uno de los puntos de monitoreo y sus respectivos contaminantes monitoreados en cada estación.

**Tabla 2:** Nombres y ubicaciones de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire. **Fuente:** (EMOV, 2016, pág. 25)

Código	Nombre	Ubicación	Contaminantes	Escala
MAN	Machángara	Jardines del Río y Calle Londres	O3, NO2, SO2, PS, BTEX	Vecinal
EIA	Escuela Ignacio Andrade	Reino de Quito y Av. González Suárez	O3, NO2, SO2, PS, BTEX	Vecinal
EHS	Escuela Héctor Sempértegui	Camino a Ochoa León	O3, NO2, SO2, PS, BTEX	Vecinal
CHT	Colegio Herlinda Toral	Altar Urco y Av. Paseo de los Cañaris	BTEX, SO2, O3, NO2, PS	Vecinal
TET	Terminal Terrestre	Avenidas Madrid y España	BTEX, SO2, O3, NO2, PS	Vecinal
ECC	Escuela Carlos Crespi II	Calle de la Bandolia y Calle de Arpa	O3, NO2, SO2, PS, BTEX	Vecinal
ODO	Facultad de odontología - U. de Cuenca	Av. Pasaje del Paraíso y Av. 10 de Agosto	BTEX, SO2, O3, NO2, PS	Vecinal
EVI	Escuela Velasco Ibarra	Av. Felipe II y Av. Isabel Católica	O3, NO2, SO2, PS, BTEX	Vecinal
BAL	Balzay CEA - U. de Cuenca	Av. Ordoñez laso y Av. Cerezos	O3, NO2, SO2, PS, BTEX	Vecinal
VEG	Vega Muñoz	Vega Muñoz y Luís Cordero	NO2, SO2, PS, BTEX	Microescala
CCA	Colegio Carlos Arízaga Vega	Calle J. Lavalle y Calle A. Ricaurte	BTEX, O3, SO2, NO2, PS, MP10	Urbana, vecinal
MUN	Municipio	Calle Simón Bolívar y Calle Presidente Borrero	BTEX, O3, SO2, NO2, CO, MP2.5, MP10, PS	Urbana, vecinal
EIE	Escuela Ignacio Escandón	Av. Loja y Calle Ignacio de Rocha	BTEX, O3, NO2, SO2, PS, MP10	Urbana, vecinal
BCB	Estación de bomberos	Calle Presidente Córdova y Luís Cordero	BTEX, SO2, NO2, PS, MP10	Microescala
LAR	Calle larga	Calle Larga y Borrero	NO2, SO2, BTEX	Microescala
ICT	Antenas de Ictocruz	Camino a Ictocruz	O3	Regional
CEB	Cebollar	Calle del Cebollar	O3, NO2, SO2, PS, BTEX	Vecinal
MIS	Misicata	Calle Carmela Malo	O3, NO2, SO2, PS, BTEX	Vecinal

En la Tabla 3 se presenta los métodos de medición y sensores de la red automática de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca, ubicado entre las calles Simón Bolívar y Presidente Borrero.

**Tabla 3:** Sensores utilizados en la estación automática para la monitorización de los gases contaminantes. **Fuente:** (EMOV, 2016, p. 27)

Contaminante	Método	Marca/Modelo
Monóxido de carbono (CO)	Absorción de radiación infrarroja no dispersiva USEPA Método de referencia EQOA-0992-087	Teledyne. M300E
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Fluorescencia por radiación ultravioleta USEPA Método de referencia EQSA-0495-100	Teledyne. M100E
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Quimioluminiscencia USEPA Método de referencia EQOA-0992-87	Teledyne. M200E
Material Particulado fino (MP <sub>2.5</sub> )	Atenuación de rayos beta USEPA Método equivalente EQPM-0308-170	Met One BAM-1020
Ozono (O <sub>3</sub> )	Absorción de radiación ultravioleta USEPA Método equivalente EQOA-0992-087	Teledyne. M400E

### 5.1.3. Estación automática de calidad del aire

Según el informe emitido por la EMOV (2016) afirma:

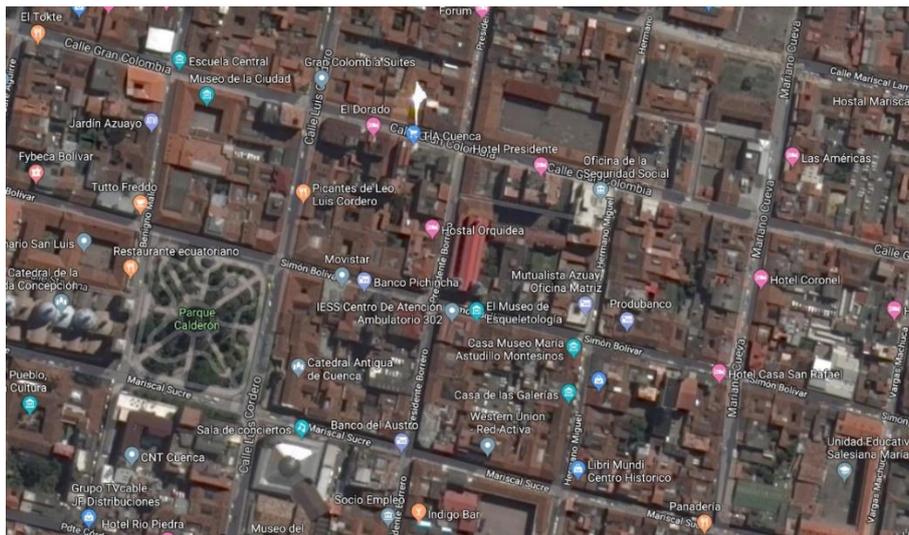
La cobertura temporal de la estación automática de la calidad del aire durante el año 2016 fue la siguiente: CO (98.9%), SO<sub>2</sub>(95.3%), O<sub>3</sub>(99.2%), MP<sub>2.5</sub>(97.0%) y

NO<sub>2</sub>(98.6%), además, los sensores ubicados en la estación municipal registran los datos de las concentraciones de gases contaminantes por minuto. (p. 28)

#### 5.1.4. Matriz de movilidad o redes de tráfico vehicular en el Centro Histórico

Actualmente el tamaño del parque automotor en las diferentes ciudades se ha duplicado considerablemente en los últimos años, debido a este incremento, el tráfico vehicular provocó que la matriz de movilidad se convierta en sistemas aún más complejos, por otra parte, si la congestión vehicular en estas matrices se aliviara adecuadamente, muchos problemas podrían ser resueltos como: el ahorro de tiempo, combustible y la reducción de gases contaminantes, por lo tanto es importante conocer el comportamiento de las redes de tráfico vehicular o matrices de movilidad vehicular (Palermo & Rivera Laguna, 2017).

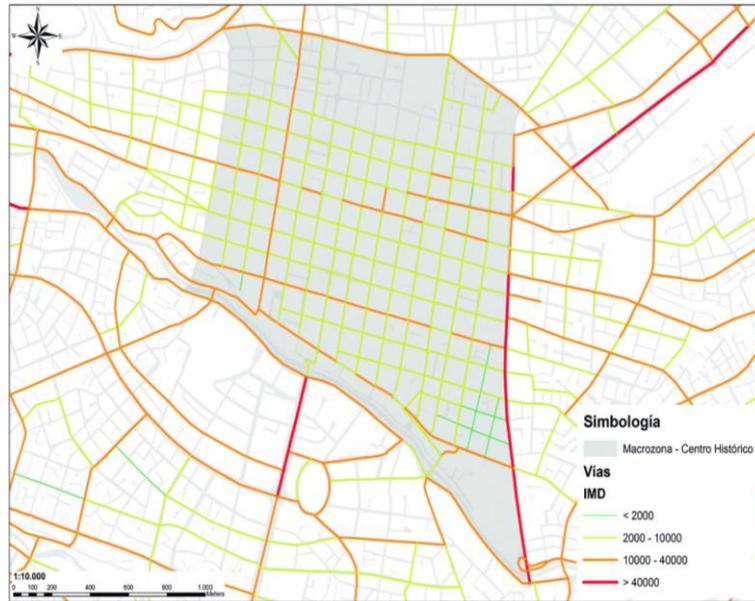
En la Figura 10 se presenta la estructura de la red de calles en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, cuyos nodos son conocidos también como intersecciones y son las conexiones de transporte, rutas o calles.



**Figura 10:** Representación gráfica de la red de calles. **Fuente:** Google Maps

Además, según el informe del plan de movilidad Cuenca (2015) afirma:

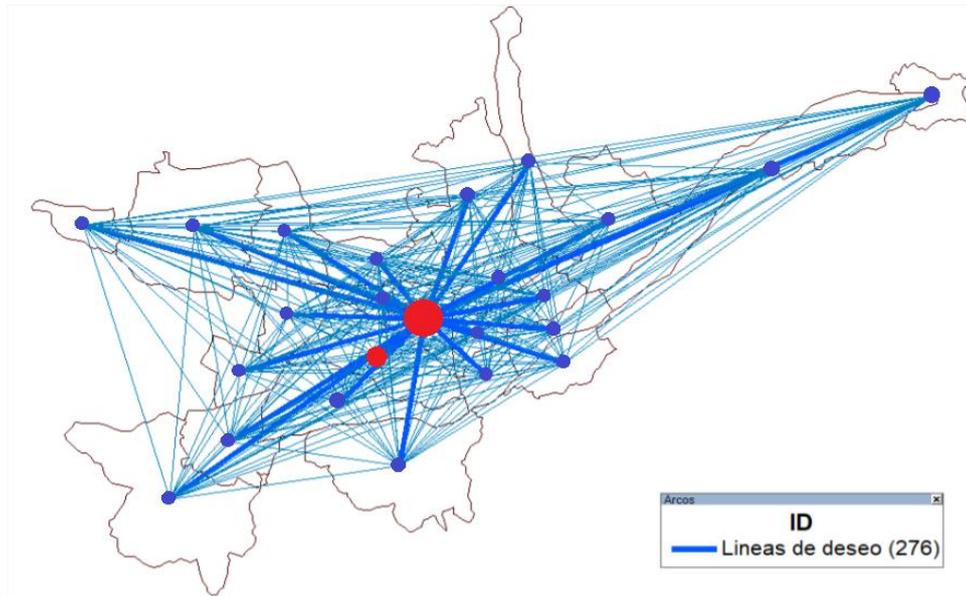
La totalidad de viajes al Centro Histórico es el 8%, el cual, es un rango aceptable de circulación vehicular considerando sus secciones de vía. Por eso es preocupante para la población los resultados del informe del Plan de Movilidad cuyo resultado explica que el 33% de las calles soportan intensidades de 10.000 a 40.000 vehículos por día y el 59% restante presenta cifras superiores a 40.000, afectando la calidad ambiental del Centro Histórico de la ciudad de Cuenca. (p. 20)



**Figura 11:** Intensidades medias diarias del tráfico vehicular. **Fuente:** (Cuenca, 2015)

### 5.1.5. Flujos principales

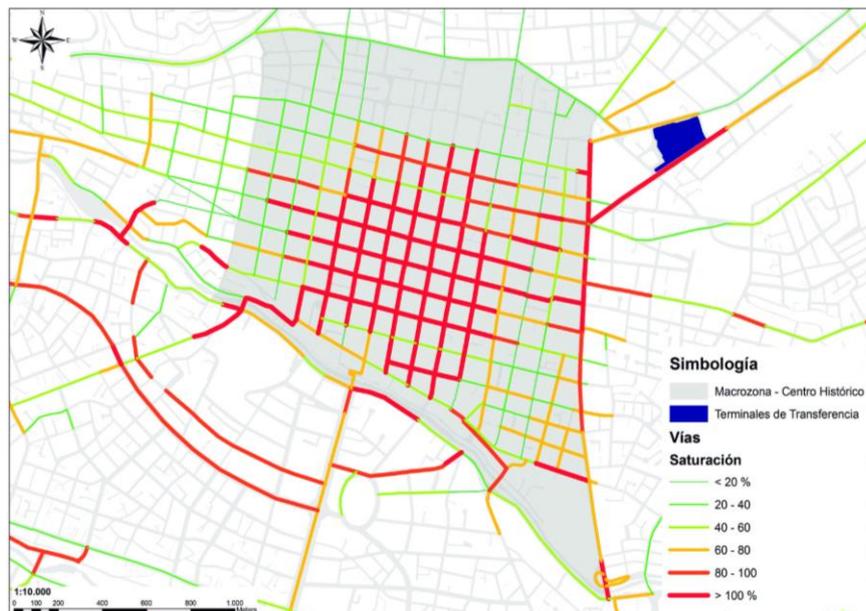
El flujo principal relaciona el origen y destino motorizado de la ciudad de Cuenca, se georreferencia para establecer un mapa comparativo de diferencia entre viajes generados vs viajes receptados presentados en la Figura 12, lo cual el color azul indica la zona de generación de viajes y el color rojo muestra la zona de receptora de viajes. El círculo de color rojo más grande señala una mayor intensidad de viajes receptados y se concluye que el Centro Histórico es el mayor receptor de viajes.



**Figura 12:** Flujos de origen y destino para la ciudad de Cuenca. **Fuente:** (Cuenca, 2015)

### 5.1.6. Saturación de fuentes móviles en el Centro Histórico

En la Figura 13 se presenta los porcentajes de saturación vehicular del 56%, los cuales se consideran inaceptables, ya que son áreas donde existe mayor presencia de vehículos, disminuyendo la calidad de aire y aumentando enfermedades en la salud de las personas. Además, en algunos tramos de la Av. Huayna Cápac y en el sector del Centro Histórico se presenta un grado de saturación del 100%.



**Figura 13:** Porcentajes de saturación en diferentes zonas del Centro Histórico. **Fuente:** (Cuenca, 2015)

### 5.1.7. Calidad de aire en la ciudad de Cuenca

Los resultados presentados en el último inventario de emisiones del cantón Cuenca elaborado en el año 2014 por la Empresa Pública de Movilidad (EMOV) menciona que las fuentes más importantes de emisión por contaminante primario son las siguientes:

**Tabla 4:** Fuentes principales de emisiones de gases contaminantes en la ciudad de Cuenca. **Fuente:** (EMOV, 2016)

Gases contaminantes	Fuentes
Monóxido de carbono (CO):	Tráfico vehicular 94.5%.
Óxidos de nitrógeno (NOx):	Tráfico vehicular 71.2%, térmicas 18.5%.
Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVNM):	Industrias 60.4%, térmicas 35.1%.
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ):	Industrias 48.2%, tráfico vehicular 30.2%, térmicas 21.1 térmicas%.
Material particulado fino (MP <sub>2.5</sub> ):	Tráfico vehicular 42.5, ladrilleras artesanales 38.5%, térmicas 11.3%.
Material particulado fino (MP <sub>10</sub> ):	Tráfico vehicular 55.6%, ladrilleras artesanales 24.6%.

Es importante recalcar que en todo inventario de emisiones contaminantes existen niveles de incertidumbre debido a que los modelos de emisiones no representan en su totalidad la información de los niveles de la actividad emisora. Por otra parte, los niveles altos de incertidumbre de aquellas fuentes con altos índices de emisiones se pueden mejorar. En la Tabla 5 se ilustra el método de calificación de los factores de emisión y de los niveles de actividad donde utiliza una calificación alfabética y colorimétrica similar al método utilizado en el inventario de emisiones de Quito.

**Tabla 5:** Calificaciones de la incertidumbre de inventario de emisiones. **Fuente:** (Parra, 2014)

Actividad	Factor de emisión				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

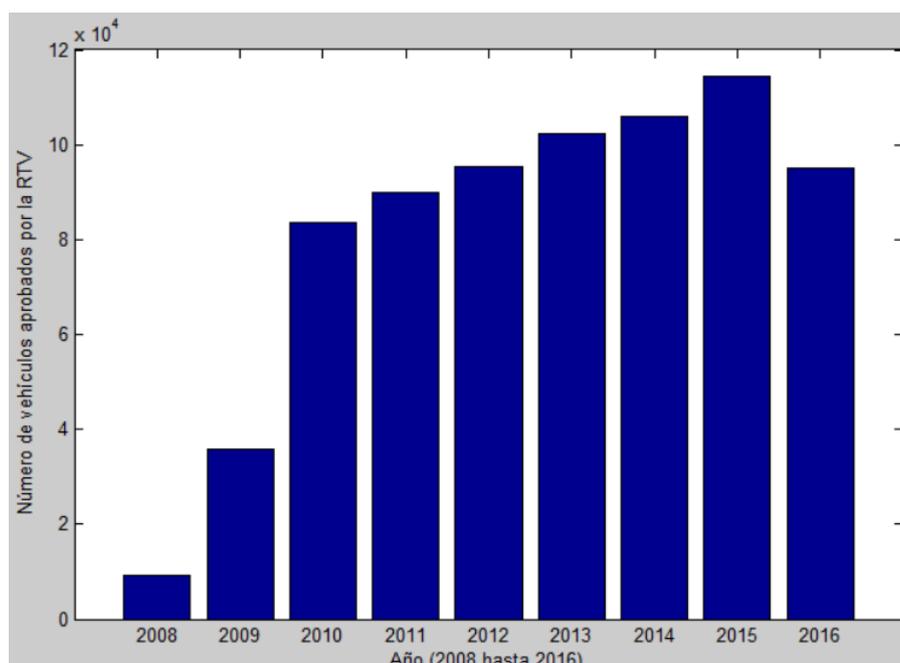
### 5.1.8. Vehículos aprobados en la RTV 2008 a 2016

Los registros de la Revisión Técnica Vehicular (RTV) muestran el número de vehículos que aprobaron en el cantón Cuenca en el periodo 2008 a 2016.

**Tabla 6:** Número de vehículos aprobados en el cantón Cuenca a partir del año 2008 al 2016. **Fuente:** (EMOV, 2016)

Año	Vehículos
2008	9.261
2009	35.937
2010	83.706
2011	89.840
2012	95.337
2013	102.202
2014	106.085
2015	114.408
2016	94.918

En la Figura 14 se observa un histograma del número de vehículos que aprobaron la Revisión Técnica Vehicular en la ciudad de Cuenca desde el año 2008 hasta el año 2016, donde se puede notar drásticamente el incremento de vehículos aprobados hasta el año 2015, mientras que en el año 2016 los vehículos aprobados se redujeron.



**Figura 14:** Diagrama del número de vehículos aprobados la RTV en la ciudad de Cuenca. **Fuente:** Autores

### 5.1.9. Norma de la calidad del aire

En la Tabla 7 se presenta la Norma de la Calidad del Aire Ambiente (NCAA) de los contaminantes más comunes vigente desde el 4 de abril de 2011, cuyos valores no deben exceder a lo estipulado en esta norma. Además, la Entidad Ambiental de control establecerá NCAA más exigentes que los valores actuales, si dado el caso los valores sobrepasaran las concentraciones permitidas.

**Tabla 7:** Concentraciones permitidas de gases contaminantes basadas en la NCAA. **Fuente:** (EMOV, 2016)

<b>Contaminante</b>	<b>Norma vigente</b>
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Promedio anual 40 ug/m <sup>3</sup> Promedio en 1 hora 200 ug/m <sup>3</sup>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Promedio en 24 horas 125 ug/m <sup>3</sup> Promedio anual 60 ug/m <sup>3</sup> Promedio en 10 min 500 ug/m <sup>3</sup>
Partículas sedimentales	1 mg/cm <sup>2</sup> durante 30 días
Material particulado con diámetros menor 10um (MP <sub>10</sub> )	Promedio anual 50 ug/cm <sup>3</sup> Promedio en 24 horas: 100 ug/m <sup>3</sup>
Material particulado con diámetros menor 2.5 um (MP <sub>2.5</sub> )	Promedio anual 15 ug/m <sup>3</sup> Promedio en 24 horas: 50 ug/m <sup>3</sup>
Monóxido de carbono (CO)	Promedio en 8 horas: 10000 ug/m <sup>3</sup> Promedio en 1 hora: 30000 ug/m <sup>3</sup>
Ozono (O <sub>3</sub> )	Promedio en 8 horas: 100 ug/m <sup>3</sup>

## 5.2. Fase II: Adquisición de la base de datos de la Empresa de Movilidad

### EMOV

La adquisición de los datos se procede a realizar en el software de hoja de cálculo Excel en formato .xlsx y posteriormente exportar al software matemático MATLAB ® para la visualización del comportamiento que obtienen cada una de las variables.

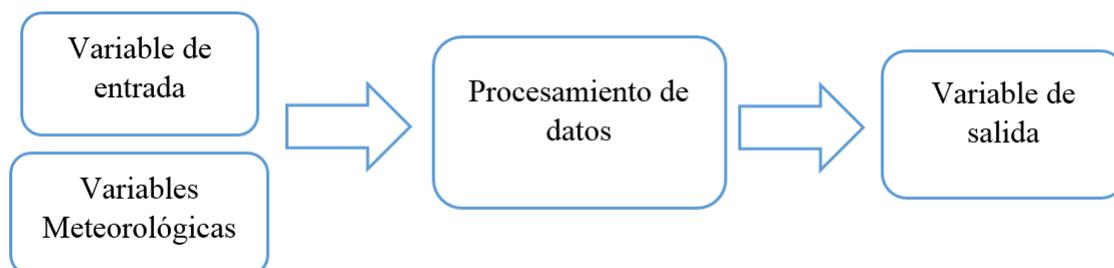
#### 5.2.1. Ubicación el área del estudio: zona del Centro Histórico

La zona de aplicación de este proyecto se sitúa en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, debido a que cuenta con una estación automática que mide las concentraciones de gases contaminantes en tiempo real.

A continuación, se detalla la ubicación de la estación automática de la calidad del aire, la cual se encuentra localizada en la parte superior del edificio de la Alcaldía de Cuenca con las siguientes coordenadas: 2° 53' 50.45" S, 79° 0' 11.15" O aproximadamente, y utiliza el acrónimo MUN. La selección de este punto se basa por el grado de saturación vehicular y peatonal considerable, según el informe emitido por la EMOV.

### 5.2.2. Variables que intervienen en el estudio

La calidad del aire en el Centro Histórico se ve afectada por diferentes variables, tales como: el tráfico vehicular que se genera en distintas horas del día y las condiciones meteorológicas. Las variables que intervienen en el análisis se clasifican en: variable de entrada, variables de salida y variables meteorológicas, el proceso se detalla en la siguiente figura.



**Figura 15:** Proceso de análisis de datos. **Fuente:** Autores

#### 5.2.2.1. Variables de entrada

El tráfico vehicular es uno de los mayores responsables de emisiones de gases contaminantes y el deterioro de la calidad del aire. En la Tabla 8 se puede apreciar la variable de entrada conocida como el tráfico vehicular y sus diferentes indicadores, dicha variable interviene directamente sobre las variables de salida.

**Tabla 8:** Índices utilizados para determinar el tráfico vehicular. **Fuente:** Autores

<b>Variable Independiente</b>	<b>Indicadores</b>
Tráfico vehicular	Índices de tráfico vehicular (1, 2, 3 o 4)

#### 5.2.2.2. Variables meteorológicas

Estas variables no se pueden controlar, ya que se da por factores ambientales; además, las variables de respuesta o de salida dependen de estas variables meteorológicas, es decir los gases contaminantes dependen de una u otra forma de las condiciones meteorológicas. La Tabla 9 muestra las variables que intervienen en el análisis.

**Tabla 9:** Variables meteorológicas y sus unidades usadas para el análisis. **Fuente:** Autores

<b>Variables Independientes</b>	<b>Unidades</b>
Velocidad del viento	$m/s$
Presión Atmosférica	$hPa$
Temperatura Ambiente	$^{\circ}C$
Humedad Relativa	%
Radiación Solar	$w/m^2$

### 5.2.2.3. Variables de salida o de respuesta

Se consideran variables de salida a las emisiones contaminantes producidas por el tráfico vehicular y son monitoreadas por la estación automática ubicada en el centro de la ciudad.

**Tabla 10:** Variables de salida. **Fuente:** Autores

<b>Variables dependientes</b>		<b>Unidades</b>
<b>Gases Contaminantes</b>	CO	$mg/m^3$
	NO <sub>x</sub>	$\mu g/m^3$
	NO <sub>2</sub>	$\mu g/m^3$
	SO <sub>2</sub>	$\mu g/m^3$
	NO	$\mu g/m^3$
	MP <sub>2.5</sub>	$\mu g/m^3$
	O <sub>3</sub>	$\mu g/m^3$

### 5.2.3. Adquisición de datos de emisiones de gases contaminantes

La adquisición de datos se realizó a través de la página de la EMOV por medio de la red de monitoreo de la estación automática de la calidad de aire de la ciudad de Cuenca. Cabe destacar, que los datos adquiridos son de alrededor de un año, es decir se obtuvieron desde el mes de Agosto del 2017 hasta el mes de Julio del 2018.

Además, se desarrolló una matriz de una base de datos de cada uno de los gases contaminantes, tales como: Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O<sub>3</sub>), Óxido de Nitrógeno (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Óxidos Nitrosos (NO<sub>x</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Material Particulado menor a 2.5 micras (MP<sub>2.5</sub>).

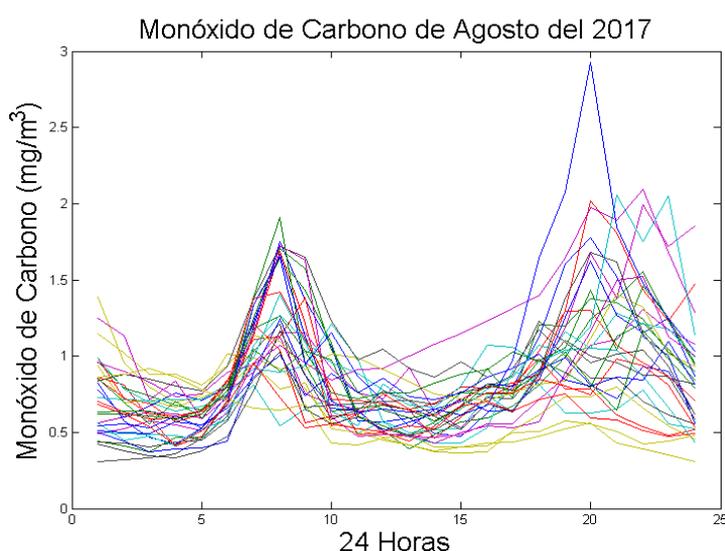
**Tabla 11:** Matriz generada para la recolección de datos de los gases contaminantes. **Fuente:** Autores

	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	...	...	...	<b>Día n</b>
--	--------------	--------------	--------------	-----	-----	-----	--------------

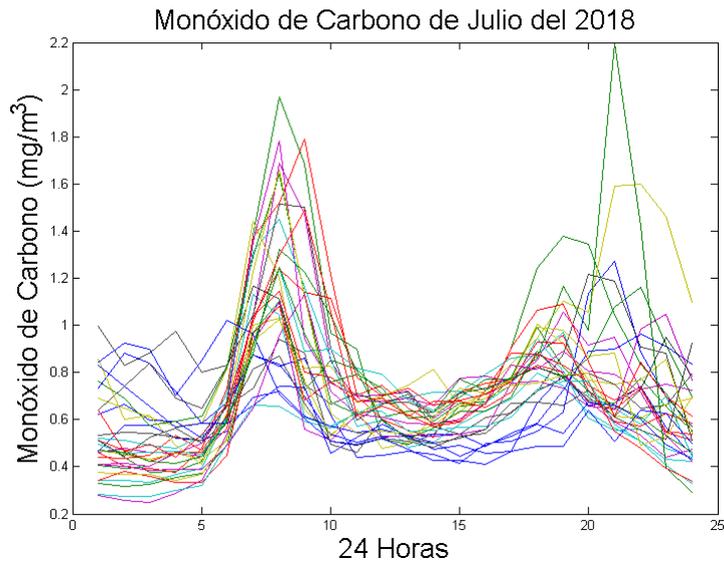
Hora	CO (mg/m <sup>3</sup> )	CO (mg/m <sup>3</sup> )	CO (mg/m <sup>3</sup> )	...	...	...	CO (mg/m <sup>3</sup> )
1:00 AM	-	-	-	-	-	-	-
2:00 AM	-	-	-	-	-	-	-
3:00 AM	-	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-	-
10:00 PM	-	-	-	-	-	-	-
11:00 PM	-	-	-	-	-	-	-
12:00 AM	-	-	-	-	-	-	-

### 5.2.3.1. Emisiones de Monóxido de Carbono (CO)

Una vez que se obtienen los datos de las emisiones de CO se procede a exportar al software de ingeniería MATLAB ® para determinar el comportamiento del gas contaminante (CO). En las Figuras 16 y 17 se ilustran las emisiones de monóxido de carbono obtenidas durante todo el mes de agosto del 2017 y del mes de Julio del 2018 respectivamente, cabe recalcar que cada gráfica hace referencia a las emisiones generadas durante las 24 horas del día con un total de 31 días, donde el eje de las abscisas representa las horas del día, mientras que en el eje de las ordenadas contiene la cantidad de Monóxido de Carbono, cuya unidad de densidad es expresada en mg/m<sup>3</sup>.



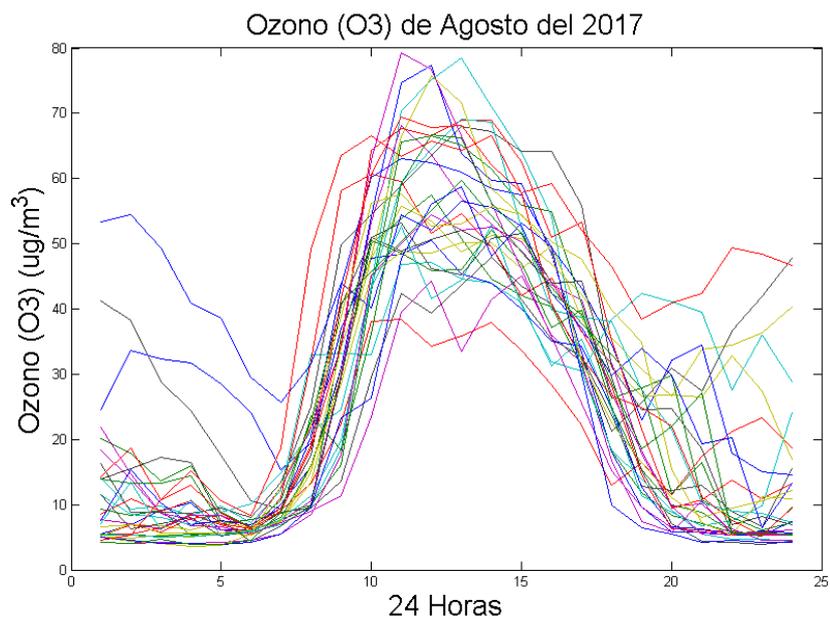
**Figura 16:** Concentraciones de CO durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** Autores



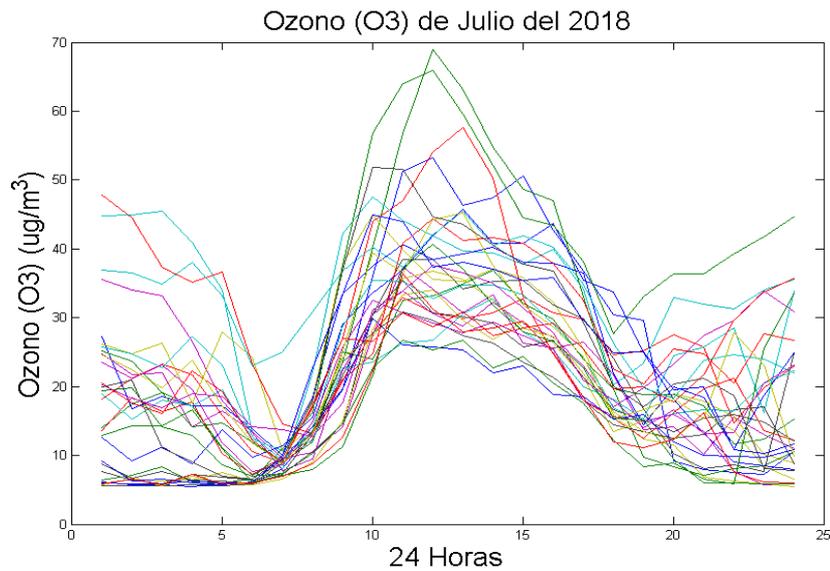
**Figura 17:** Concentraciones de CO durante el mes de Julio de 2018. **Fuente:** Autores

### 5.2.3.2. Emisiones de Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>)

Para la adquisición de datos del O<sub>3</sub> se utiliza el software Excel y para visualizar el comportamiento que presenta las emisiones de Ozono troposférico se usa el software de ingeniería MATLAB®. En las Figuras 18 y 19 se ilustran las concentraciones de Ozono cada 24 horas, durante un mes, donde cada curva hace referencia a un resumen diario durante el mes de agosto del 2017 y Julio del 2018 respectivamente, además, a diferencia del monóxido de carbono la unidad de medida de densidad para el O<sub>3</sub> es  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



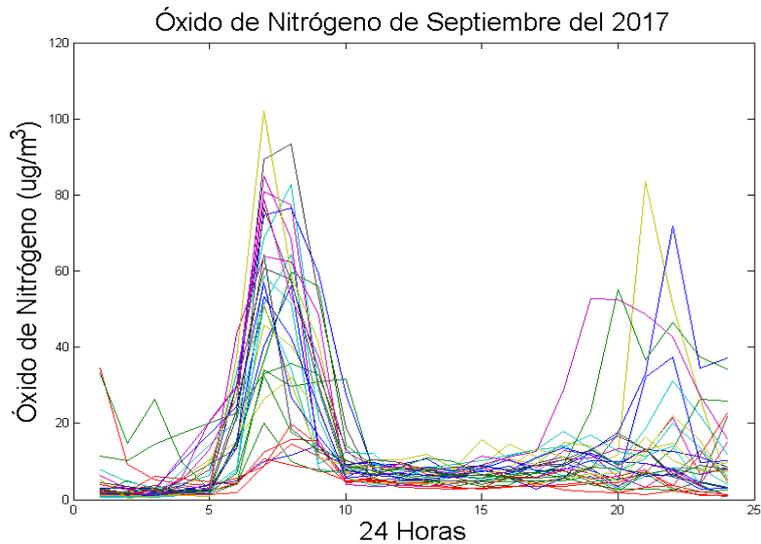
**Figura 18:** Emisiones de Ozono durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** Autores



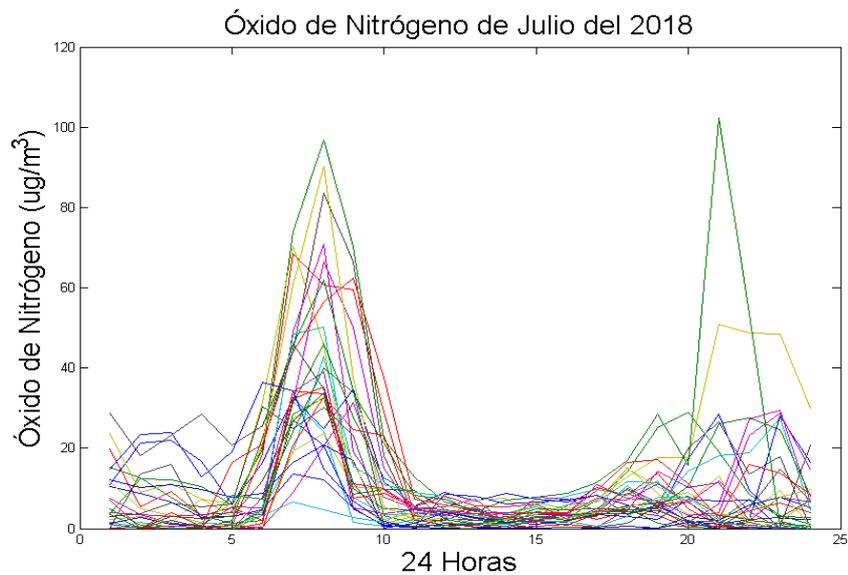
**Figura 19:** Emisiones de Ozono durante el mes de Julio del 2018: **Fuente:** Autores

### 5.2.3.3. Emisiones de Óxido de Nitrógeno (NO)

Para la visualización del comportamiento que obtiene la variable de respuesta conocida como óxido de nitrógeno, se usa el software matemático MATLAB®. En las Figuras 20 y 21 se ilustran las emisiones de NO obtenidas durante todo el mes de Septiembre del 2017 y del mes de Julio del 2018 respectivamente, cabe recalcar que cada curva hace referencia a las emisiones generadas durante las 24 horas del día, donde el eje de las abscisas representa las horas del día, mientras que en el eje de las ordenadas contiene la cantidad de NO cuya unidad de densidad es expresada en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



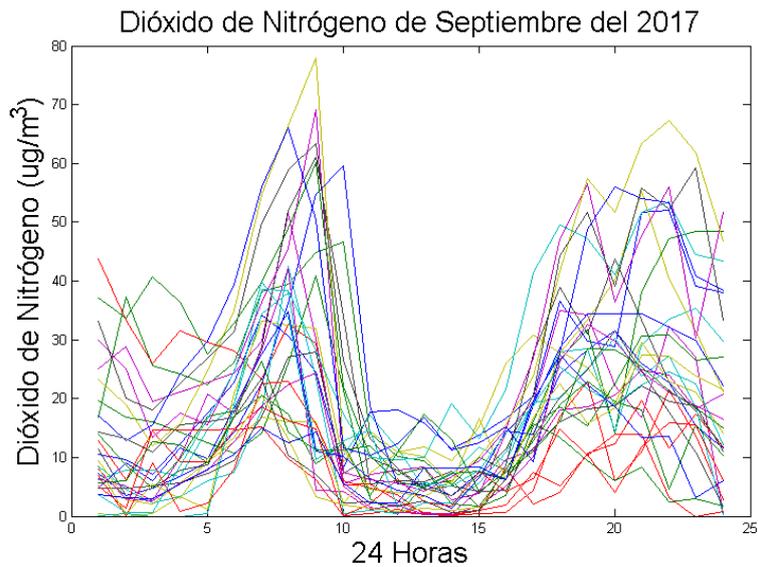
**Figura 20:** Concentraciones de NO durante el mes de Septiembre del 2017. **Fuente:** Autores



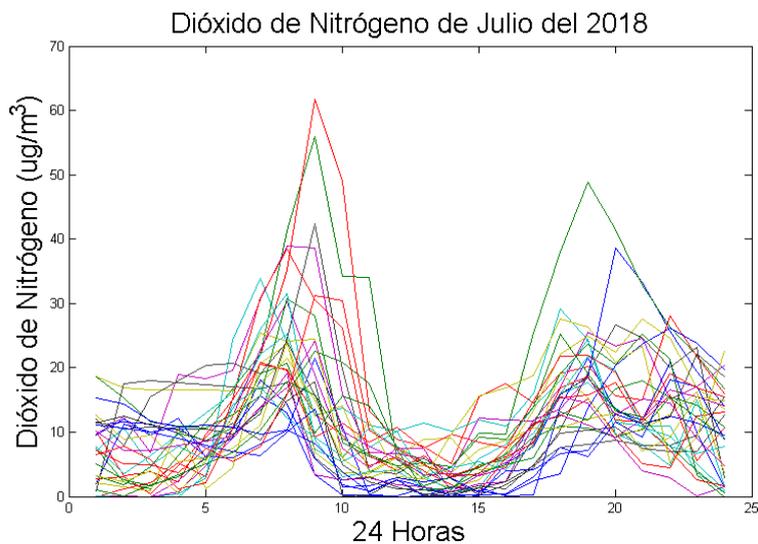
**Figura 21:** Emisiones de Óxido de Nitrógeno durante el mes de Julio del 2018. **Fuente:** Autores

#### 5.2.3.4. Emisiones de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Una vez que se obtienen la base datos de las emisiones de dióxido de nitrógeno se procede a exportar al software de ingeniería MATLAB ® para visualizar el comportamiento del gas contaminante. En las Figuras 22 y 23 se ilustran las emisiones de NO<sub>2</sub>, obtenidas durante todo el mes de septiembre del 2017 y del mes de Julio del 2018 respectivamente, cabe recalcar que cada gráfica hace referencia a las emisiones generadas durante las 24 horas del día, donde el eje “x” representa las horas del día, mientras que en el eje “y” se tiene la cantidad de dióxido de nitrógeno, cuya unidad de densidad es expresada en µg/m<sup>3</sup>.



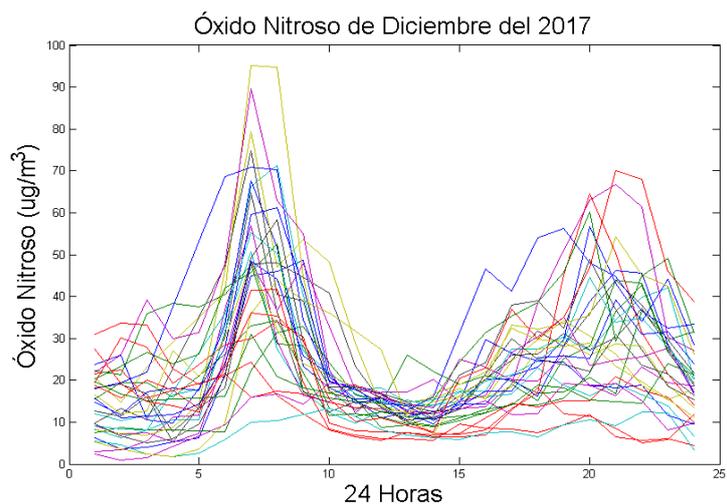
**Figura 22:** Emisiones de Dióxido de Nitrógeno durante el mes Septiembre del 2017. **Fuente:** Autores



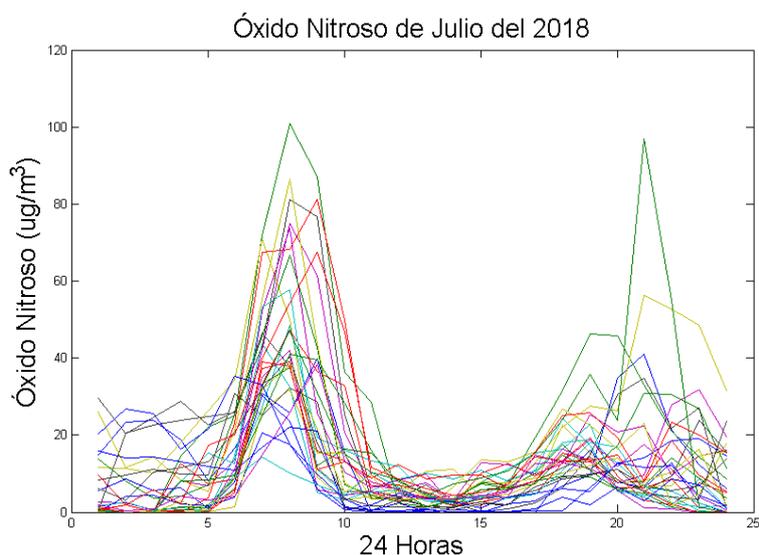
**Figura 23:** Concentraciones de NO<sub>2</sub> durante el mes de Julio del 2018. **Fuente:** Autores

### 5.2.3.5. Emisiones de Óxidos Nitrosos (NO<sub>x</sub>)

Con el objetivo de visualizar el comportamiento de la variable de respuesta conocida como óxido nitroso se usa el software matemático MATLAB®. En las Figuras 24 y 25 se pueden apreciar las emisiones de NO<sub>x</sub>, obtenidas durante todo el mes de Diciembre del 2017 y del mes de Julio del 2018 respectivamente, cabe destacar que cada curva hace referencia a las emisiones generadas durante las 24 horas del día, donde el eje “x” representa las horas del día, mientras que en el eje “y” se tiene la cantidad de Óxidos Nitrosos, cuya unidad de medida es expresada en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



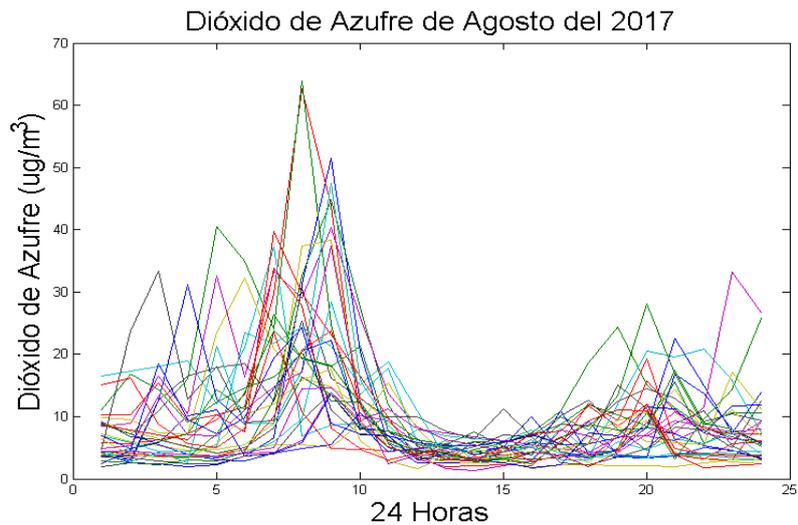
**Figura 24:** Concentraciones de NOx durante el mes de diciembre de 2017. **Fuente:** Autores



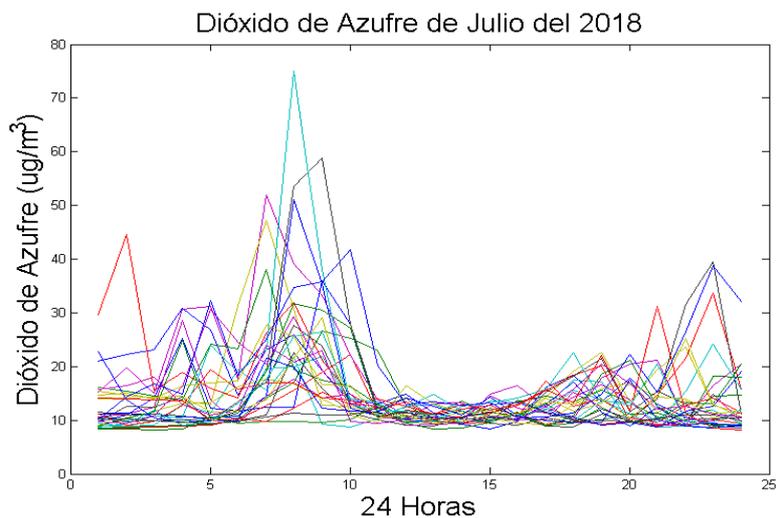
**Figura 25:** Concentraciones de NOx durante el mes de Julio de 2018. **Fuente:** Autores

### 5.2.3.6. Emisiones de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

Para visualizar el comportamiento SO<sub>2</sub> en el sector del Centro Histórico de la ciudad de Cuenca se utilizó la información de la estación automática de la red de monitoreo de la calidad del aire y el uso del software matemático MATLAB®. En las Figuras 26 y 27 se pueden apreciar las emisiones de dióxido de azufre obtenidas durante todo el mes de Agosto del 2017 y del mes de Julio del 2018 respectivamente, cada curva hace referencia a las emisiones generadas durante las 24 horas del día, donde el eje de las abscisas representa las horas del día, mientras que en el eje de las ordenadas se tiene la cantidad de SO<sub>2</sub>, cuya unidad de medida es expresada en µg/m<sup>3</sup>.



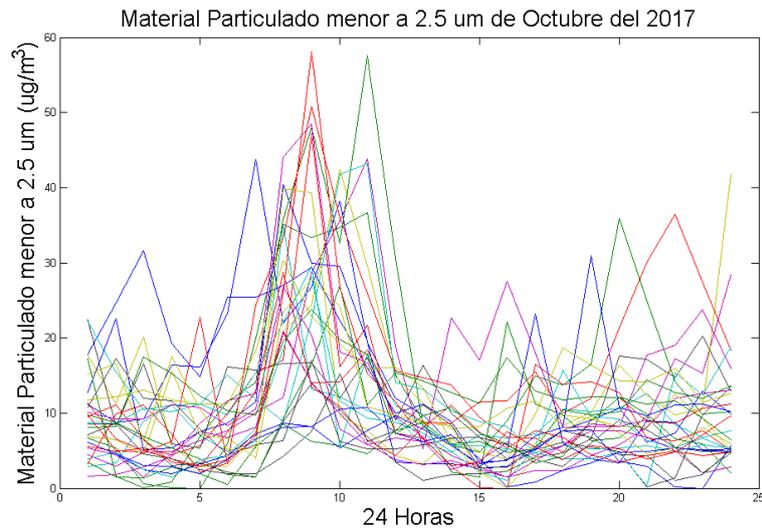
**Figura 26:** Concentraciones de SO<sub>2</sub> durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** Autores



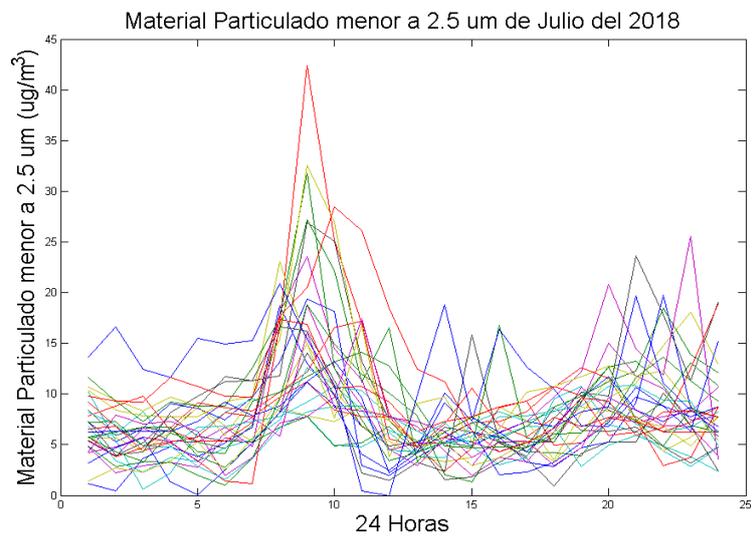
**Figura 27:** Concentraciones de SO<sub>2</sub> durante el mes de Julio del 2018. **Fuente:** Autores

### 5.2.3.7. Emisiones de Material Particulado menor a 2.5 micras (MP<sub>2.5</sub>)

Finalmente, para concluir la adquisición de la base de datos de las emisiones contaminantes se crea una matriz en Excel en formato .xlsx del material particulado menor a 2.5  $\mu m$  y posteriormente exportar los datos a MATLAB®. En las Figuras 28 y 29 se muestra las gráficas de las emisiones de MP<sub>2.5</sub>, durante todo el mes de octubre del 2017 y del mes de Julio del 2018 respectivamente, cada curva hace referencia a las emisiones generadas durante las 24 horas del día, donde el eje de las abscisas “x” representa las horas del día, mientras que en el eje de las ordenadas “y” se tiene la cantidad de MP<sub>2.5</sub> cuya unidad de medida es expresada en  $\mu g/m^3$ .



**Figura 28:** Concentraciones de MP<sub>2.5</sub> durante el mes de Octubre del 2017. **Fuente:** Autores



**Figura 29:** Emisiones de Material Particulado < a 2.5 micras durante el mes de Julio del 2018. **Fuente:** Autores

#### 5.2.4. Adquisición de datos de la estación meteorológica

Las condiciones meteorológicas son fenómenos atmosféricos que interviene en el estudio de la calidad del aire, por lo tanto, para la adquisición de datos se desarrolló una matriz de cada fenómeno en el software Excel y posteriormente exportar la base de datos al software matemático de Ingeniería MATLAB®. Además, es importante mencionar que los datos adquiridos son de alrededor de un año, es decir se obtuvieron desde el mes de Agosto del 2017 hasta el mes de Julio del 2018.

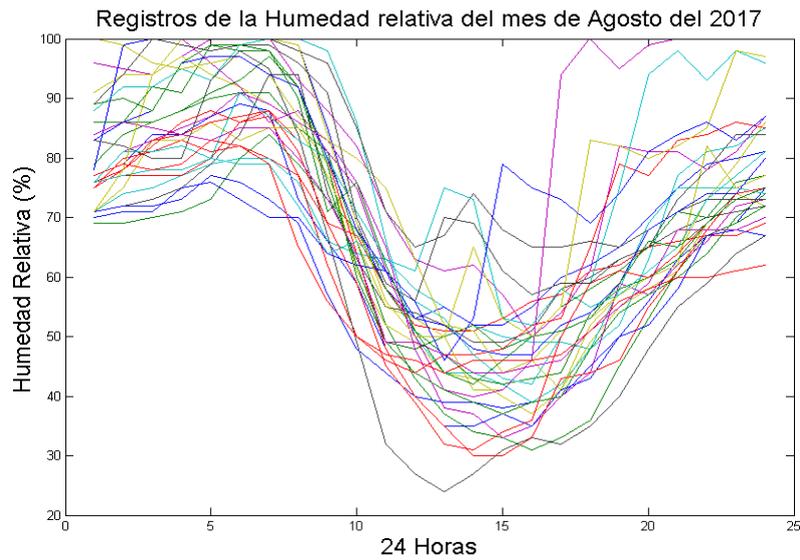
La Tabla 12 representa el modelo de la matriz para los cinco fenómenos atmosféricos, tales como: Humedad Relativa (H.R), Presión Atmosférica (P.A), Radiación Solar (R.S), Temperatura Ambiente (T.A), Velocidad del Viento (V.V).

**Tabla 12:** Modelo de la matriz para la Humedad Relativa y para las demás variables meteorológicas . **Fuente:** Autores

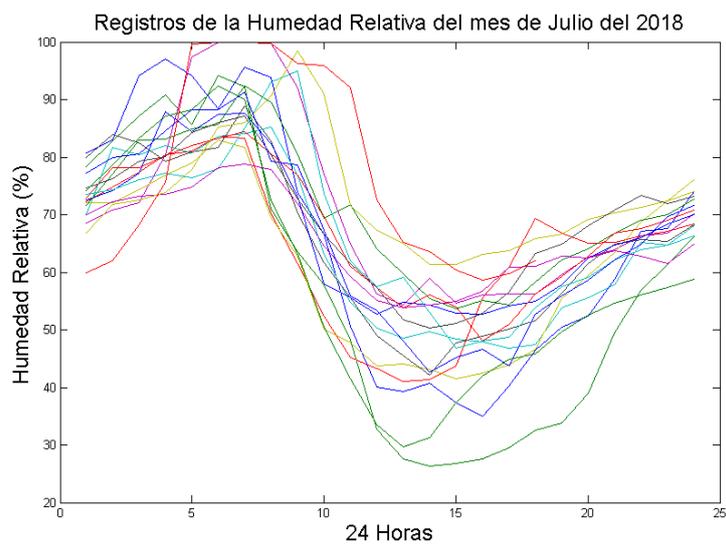
	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	...	...	...	<b>Día n</b>
<b>Hora</b>	<b>H.R. (%)</b>	<b>H.R. (%)</b>	<b>H.R. (%)</b>	...	...	...	<b>H.R. (%)</b>
1:00 AM	-	-	-	-	-	-	-
2:00 AM	-	-	-	-	-	-	-
3:00 AM	-	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-	-
10:00 PM	-	-	-	-	-	-	-
11:00 PM	-	-	-	-	-	-	-
12:00 AM	-	-	-	-	-	-	-

#### 5.2.4.1. Humedad Relativa (H.R.)

Para visualizar el comportamiento de los datos de la humedad relativa se utilizó los valores promedios horarios registrados por los sensores instalados en la estación meteorológica y el uso del software matemático MATLAB®. En las Figuras 30 y 31 se pueden visualizar los cambios de humedad, durante el mes de Agosto del 2017 y Julio del 2018, cada curva hace referencia a la humedad relativa durante las 24 horas del día, donde el eje “x” representa las horas del día, mientras que en el eje “y” contiene el porcentaje de vapor de agua presente en el aire expresada en porcentaje (%).



**Figura 30:** Datos registrados de la humedad relativa (%) en el mes de Agosto del 2017. **Fuente:** Autores

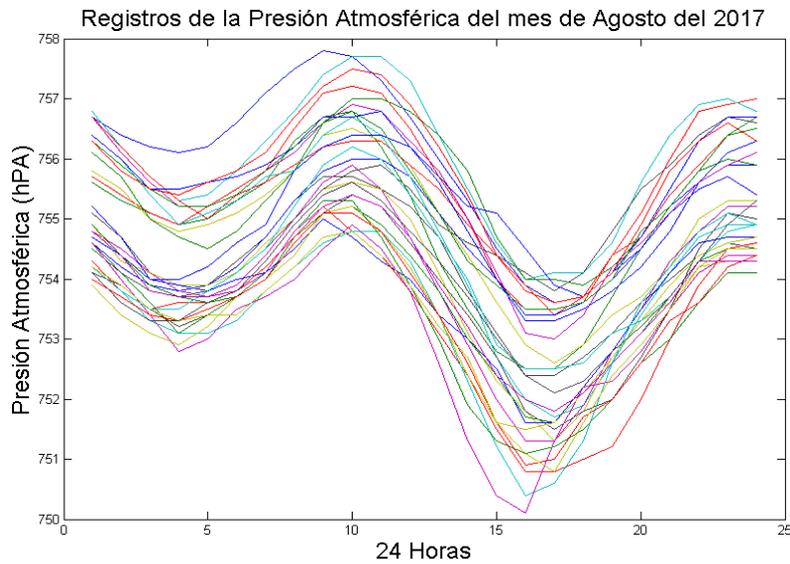


**Figura 31:** Datos registrados de la humedad relativa (%) en el mes de Julio del 2018. **Fuente:** Autores

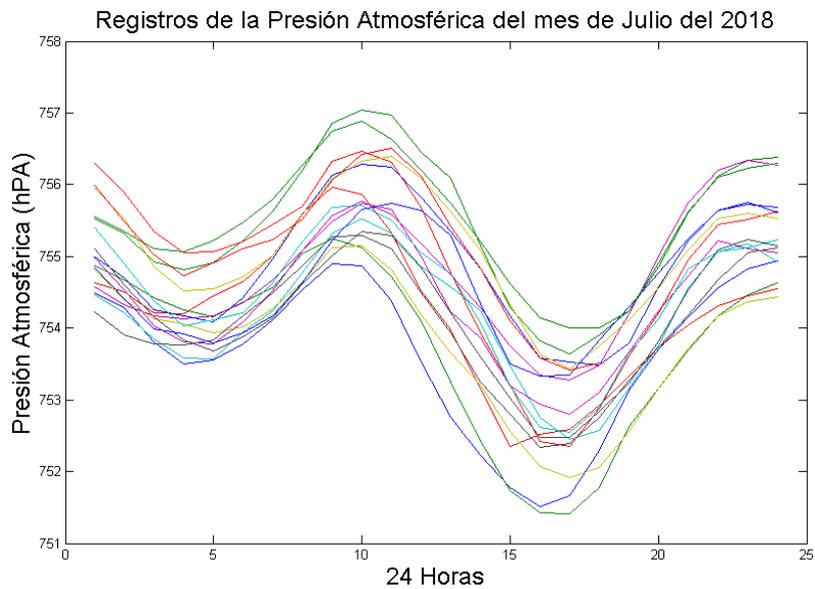
#### 5.2.4.2. Presión Atmosférica (P.A.)

En las Figuras 32 y 33 se pueden apreciar el comportamiento de la presión atmosférica a diferentes horas del día, durante el mes de Agosto del 2017 y del mes de Julio del 2018 respectivamente, cabe recalcar que cada curva hace referencia a la presión atmosférica de diferentes días durante las 24 horas, donde el eje de las abscisas o eje “x” representa las

horas, mientras que en el eje de las ordenadas o eje “y” se registra la presión atmosférica expresada en Hectopascal (hPa).



**Figura 32:** Datos registrados de la presión atmosférica (hPa) en el mes de Agosto del 2018. **Fuente:** Autores

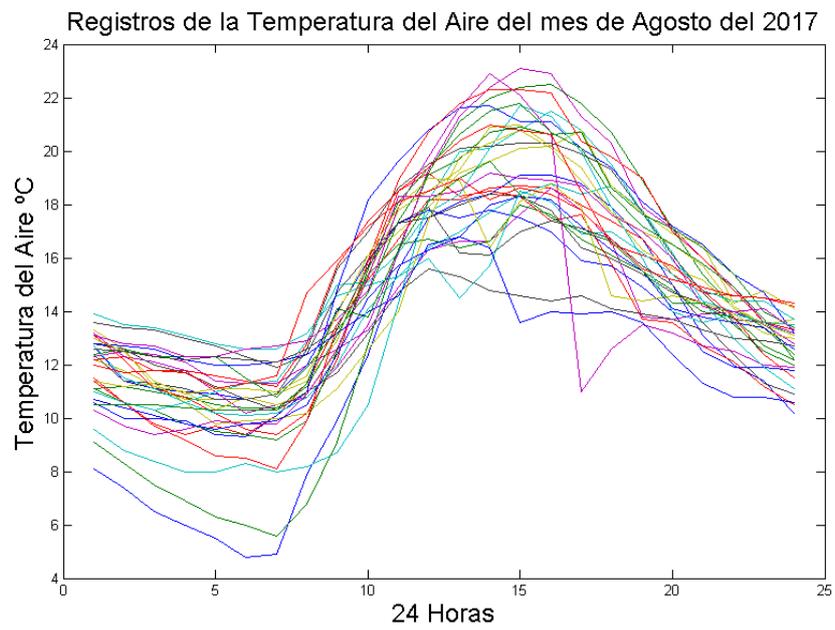


**Figura 33:** Datos registrados de la presión atmosférica (hPa) en el mes de julio del 2018. **Fuente:** Autores

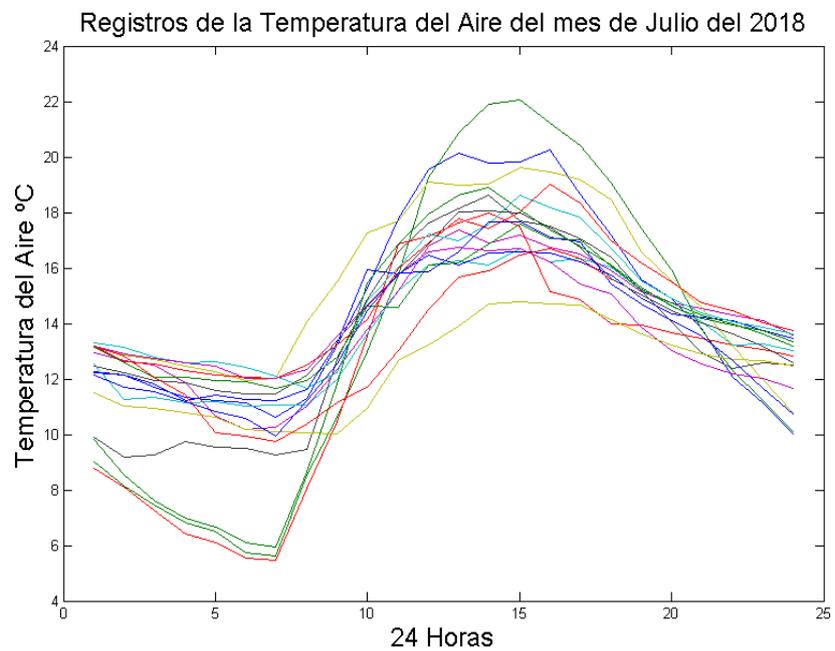
### 5.2.4.3. Temperatura Ambiente (T.A.)

Mediante el uso del software Excel y el software matemático MATBLAB® se elabora diferentes gráficas, donde se puede apreciar en las Figuras 34 y 35 el comportamiento de

la temperatura ambiente, es decir el cambio de temperatura a lo largo del día de los meses de agosto del 2017 y julio del 2018.



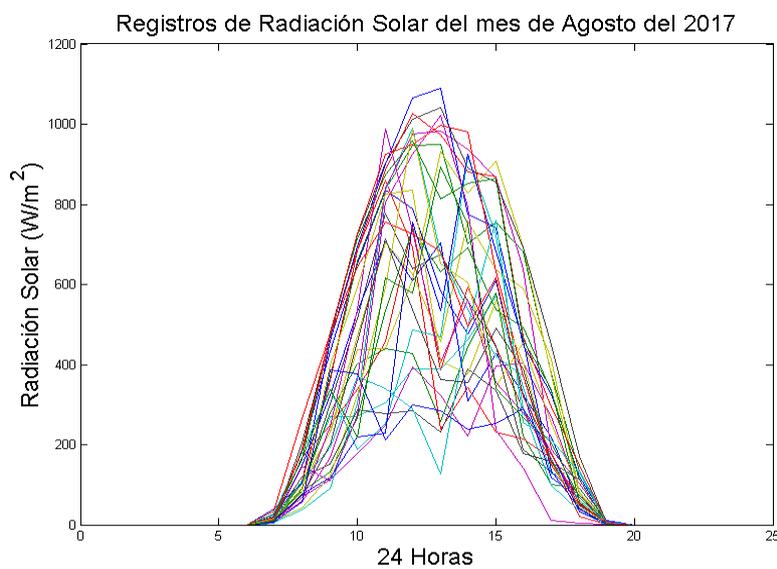
**Figura 34:** Datos registrados de la temperatura del aire en el mes de Agosto del 2017. **Fuente:** Autores



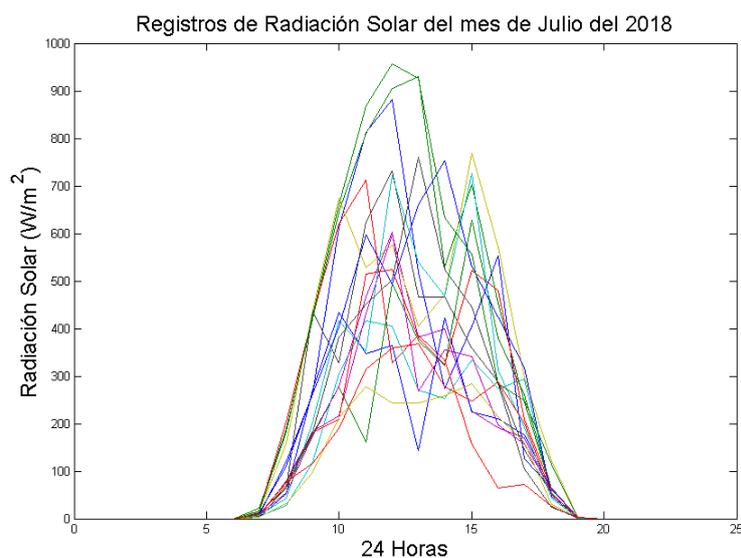
**Figura 35:** Datos registrados de la temperatura del aire en el mes de Julio del 2018. **Fuente:** Autores

#### 5.2.4.4. Radiación solar (R.S.)

La radiación solar es importante en la formación de algunos gases contaminantes; por lo tanto, la adquisición de los datos de la R.S es de gran importancia para determinar el nivel de influencia que posee sobre algunos gases de efecto invernadero. En las Figuras 36 y 37 se pueden apreciar el comportamiento de la radiación solar a diferentes horas del día durante el mes de agosto del 2017 y del mes de Julio del 2018 respectivamente. A partir de las 6:00 horas hasta las 19:00 horas se registran valores diferentes de cero mientras que el resto de horas se registran valores de  $0 \text{ W/m}^2$ . Además, en la sección de Anexos (Tabla A-11) se encuentra los datos adquiridos para la elaboración de la gráfica.



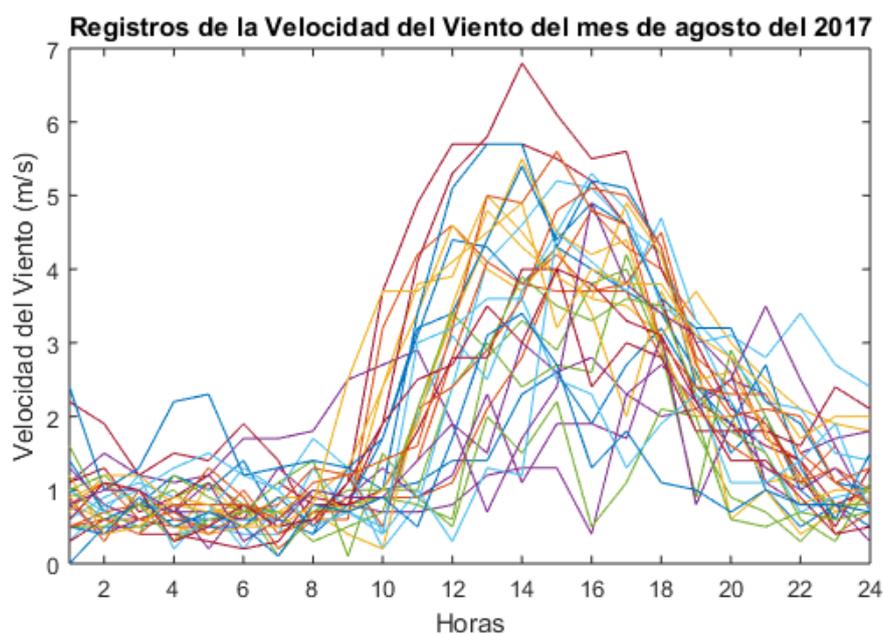
**Figura 36:** Datos registrados de la radiación solar en diferentes horas del día. **Fuente:** Autores



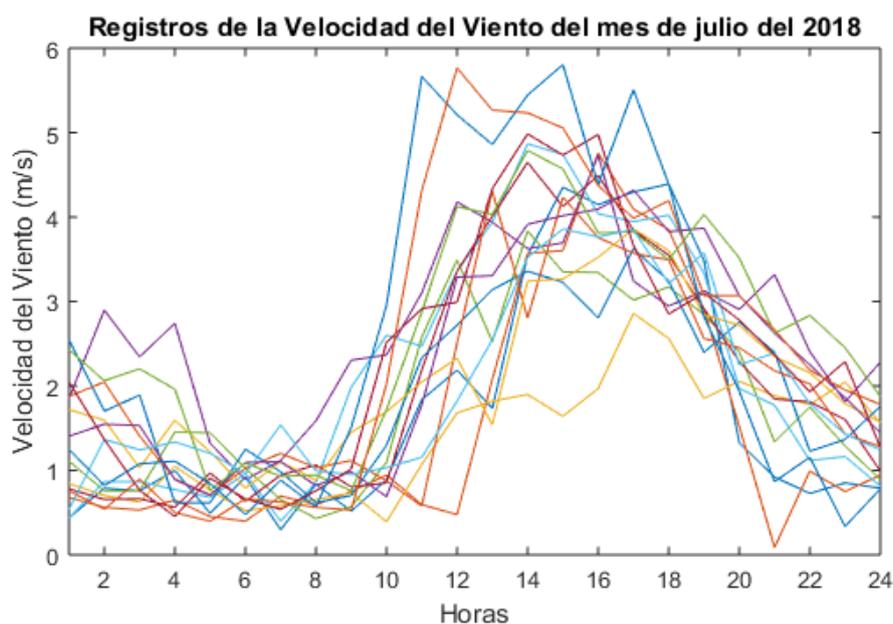
**Figura 37:** Datos de la radiación solar en diferentes horas del día durante el mes de julio. **Fuente:** Autores

### 5.2.4.5. Velocidad del viento (V.V)

La velocidad del viento es un fenómeno atmosférico que interviene en la dispersión de los gases contaminantes emitidos por los MCIA, por lo que es necesario desarrollar un análisis gráfico de la influencia de la V.V sobre algunos gases contaminantes, para ello se realiza la adquisición de los datos de los meses de Agosto del 2017 y Julio del 2018 como se visualizan en las Figuras 38 y 39. Además, en la sección de Anexos (Tabla A-12) se encuentra la bases de datos para la elaboración de la gráficas.



**Figura 38:** Datos registrados de la V.V durante el mes de Agosto de 2017. **Fuente:** Autores



**Figura 39:** Datos registrados de la V.V durante el mes de Julio del 2018. **Fuente:** Autores

## 5.2.5. Adquisición de datos del tráfico vehicular

Los datos que se registran del tráfico vehicular en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, se adquirieron con la ayuda de Google Maps para la visualización del comportamiento del tráfico en tiempo real en distintas matrices viales.

### 5.2.5.1. Índice del tráfico vehicular

El procedimiento para la base de datos del tráfico vehicular se evalúa de acuerdo con el color de tráfico que presenta Google Maps en tiempo real, por lo tanto, en la Tabla 13 se presenta una codificación, donde cada color corresponde a un número que determina la intensidad del tráfico. Además, se presenta en la Figura 40 la enumeración de cada nodo o intersección de las calles en donde se realiza el estudio. Cabe destacar, que para la adquisición de los datos del índice de tráfico, se realizó un muestreo del área del Centro Histórico, considerando el punto de ubicación de la estación automática.



**Figura 40:** Tráfico vehicular presente en Google Maps. **Fuente:** Google Maps

**Tabla 13:** Codificación de la intensidad del tráfico. **Fuente:** Autores

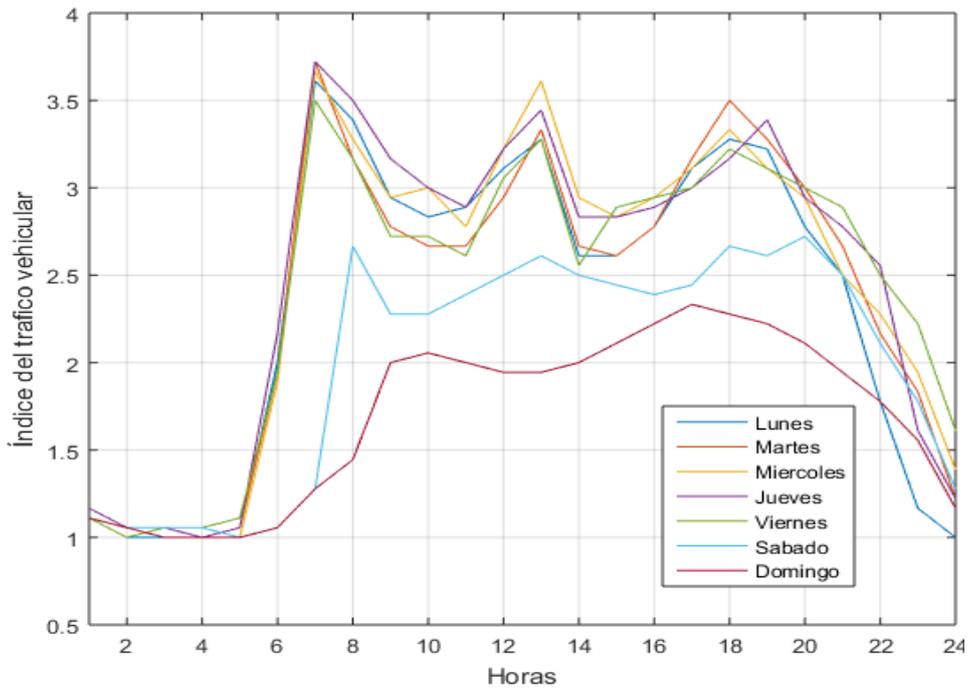
Color de trafico	Código de colores	Índice de tráfico vehicular
Verde	Tráfico normal	1
Naranja	Tráfico condicionado	2
Rojo	Trafico discontinuo	3
Rojo oscuro	Tráfico saturado	4

- **Trafico normal:** Circulación fluida. El límite de vehículos que circulan por día es menor a 2000 vehículos.
- **Trafico condicionado:** Circulación intensa, no permite ir a la velocidad máxima de la vía. El número de vehículos que circulan durante el día oscila entre 2000 a 10000 vehículos.
- **Trafico discontinuo:** Circulación densa con paradas intermitentes. El número de vehículos que circulan durante el día oscila entre 10000 a 40000 vehículos.
- **Trafico saturado:** Circulación con paradas frecuentes y prolongadas. El número de vehículos que circulan por día supera a los 40000 vehículos.

En la Tabla 14 se presenta un diseño de la matriz en el software Excel y posteriormente exportar la base de datos al software matemático de Ingeniería MATLAB® para determinar el comportamiento del tráfico vehicular a diferentes horas del día durante todos los días de la semana. En la sección de Anexos (Tabla A-13 a la Tabla A-19) se encuentra los índices del tráfico vehicular de los diferentes nodos de análisis de lunes a domingo. Por otra parte, en la Figura 41 indica el comportamiento del tráfico vehicular según los datos obtenidos, donde se puede observar los horarios de mayor tráfico de 6:00 a 8:00 horas, 12:00 a 14:00 horas y 17:00 a 19:00 horas.

**Tabla 14:** Matriz para la adquisición de datos del tráfico vehicular. **Fuente:** Autores

	Nodo 1	Nodo 2	...	...	...	Nodo n
Hora	Índice	Índice	...	...	...	Índice
6:00 AM	-	-	-	-	-	-
7:00 AM	-	-	-	-	-	-
8:00 AM	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-	-
8:00 PM	-	-	-	-	-	-
9:00 PM	-	-	-	-	-	-
10:00 PM	-	-	-	-	-	-



**Figura 41:** Visualización de los datos del tráfico vehicular. **Fuente:** Autores

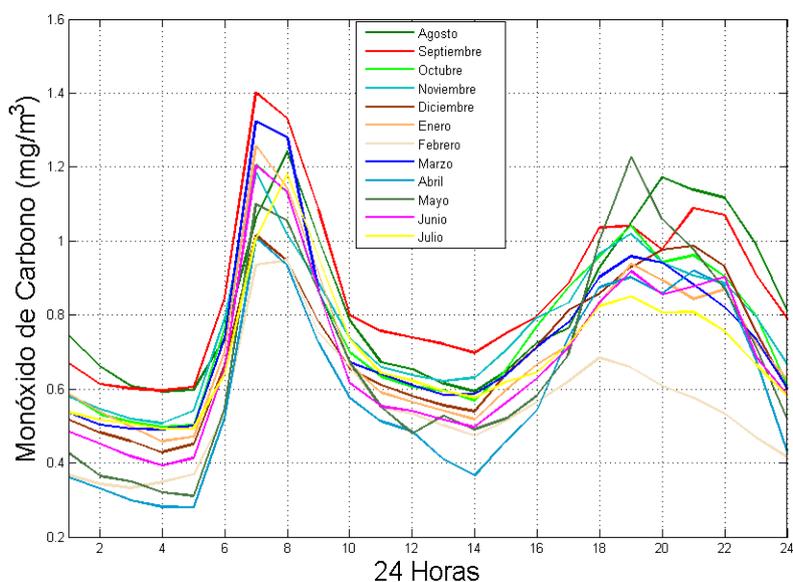
### 5.3. Fase III: Análisis de los datos obtenidos aplicando Técnicas Estadísticas

En esta fase se realiza el análisis estadístico, para determinar los promedios mensuales con la finalidad de establecer un horario definido que muestre la mayor concentración de gases contaminantes durante un año. Además, la elaboración del diagrama de cajas de todas las variables, caracterización de emisiones contaminantes según la semana laboral y fin de semana.

#### 5.3.1. Análisis del comportamiento del promedio mensual de los contaminantes registrados a través del uso diagrama de cajas

##### 5.3.1.1. Promedios mensuales y diagrama de cajas del CO

El promedio mensual del monóxido de carbono desde el mes de Agosto hasta Julio se presenta en la Figura 42 las concentración máxima de CO en los horarios de 6:00 a 10:00 horas y el horario de 18:00 a 20:00 horas. A partir de este análisis se puede constatar que el mayor tráfico vehicular se da en los horarios mencionados anteriormente.



**Figura 42:** Promedios mensuales del Monóxido de Carbono. **Fuente:** Autores

La gráfica de cajas presentada en la Figura 43 es utilizada para visualizar una variable cuantitativa o variable numérica. Además, permite visualizar como es la distribución, su grado de asimetría, los valores máximos y mínimos, la posición de la media, identificar los valores atípicos y es útil para examinar comparaciones entre dos o más grupos de datos de una misma variable. Por otra parte, la gráfica muestra el comportamiento del

promedio mensual del monóxido de carbono según el mes, dando como resultado que en el mes de septiembre del año 2017 existe un incremento de monóxido de carbono y en el mes de febrero del 2018 existe una disminución de CO considerándolo como el mes de más bajas concentraciones.

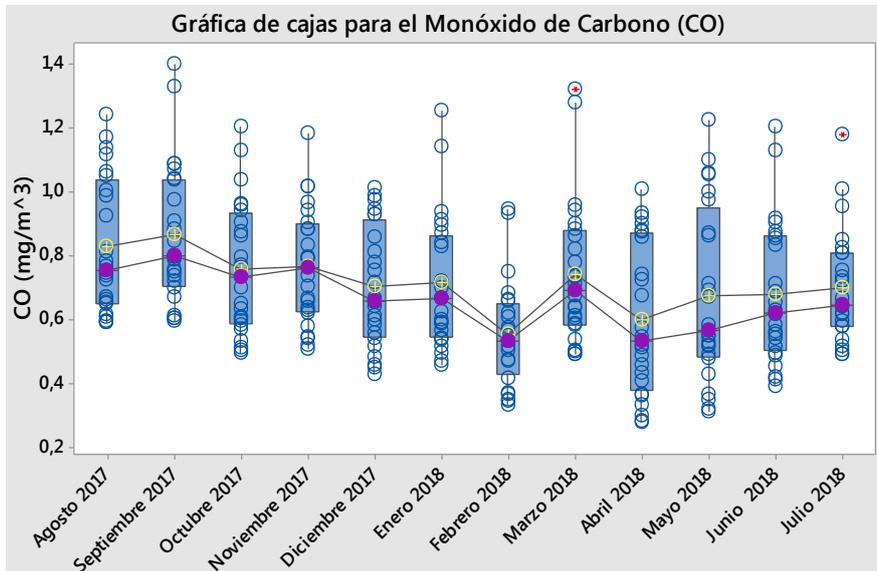


Figura 43: Grafica de cajas para el Monóxido de Carbono. Fuente: Autores

### 5.3.1.2. Promedios mensuales y diagrama de caja del O<sub>3</sub>

Los datos representados en la Figura 44 muestra un patrón bien definido durante todos los meses analizados y a partir de eso se puede examinar que la mayor emisión de O<sub>3</sub> se registra a las 12:00 horas. Cabe destacar, que el O<sub>3</sub> no se emite directamente por el parque automotor, sino que se crea por reacciones entre otros contaminantes emitidos por los vehículos y las condiciones climatológicas.

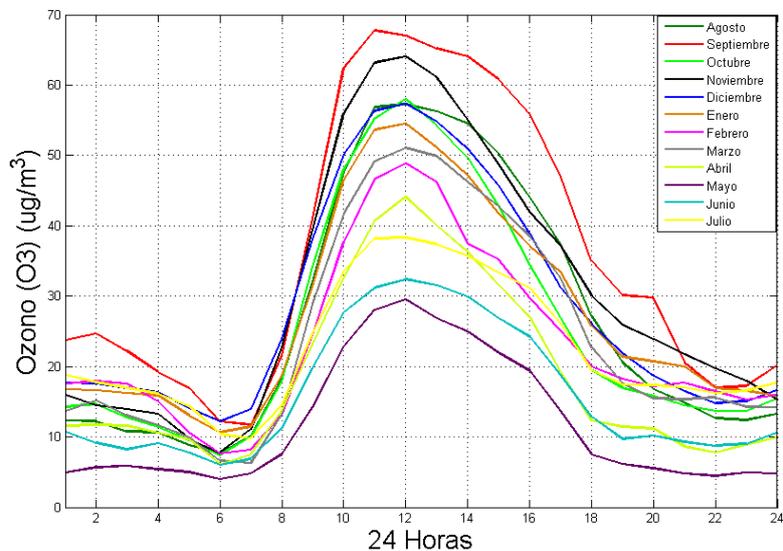


Figura 44: Promedios mensuales del Ozono (O<sub>3</sub>). Fuente: Autores

En la Figura 45 se puede observar los diagramas de cajas para los 12 meses del O<sub>3</sub>, tomado como inicio el mes de Agosto del 2017 y mes de fin Julio del 2018, donde se observa como resultado, que en el mes de Septiembre del 2017 se registra los más altos niveles de O<sub>3</sub> y en el mes de mayo del 2018 se registra los niveles más bajos. Además, no existe la presencia de valores atípicos.

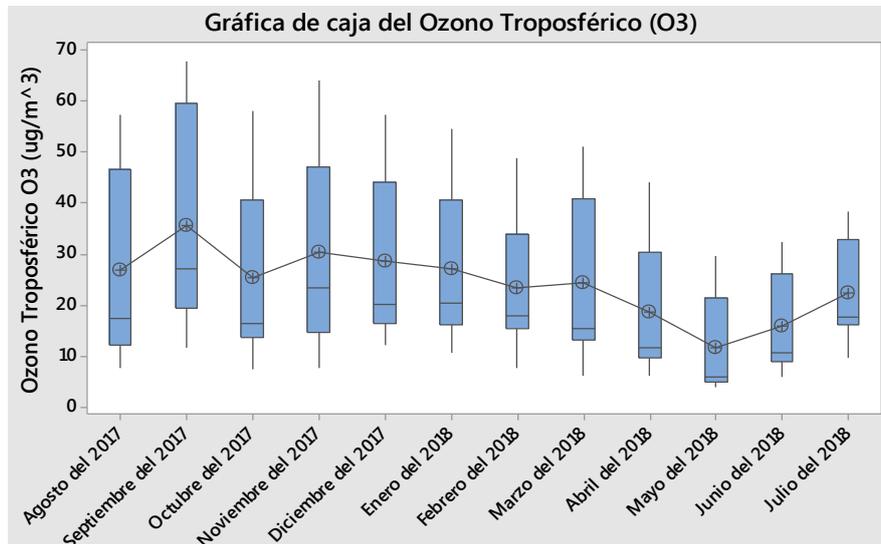


Figura 45: Gráfica de cajas para el Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>). Fuente: Autores

### 5.3.1.3. Promedios mensuales y diagrama de caja del Óxido Nítrico

Según los datos presentados en la Figura 46, indica los promedios de cada mes, iniciando desde agosto del 2017 hasta julio 2018, se logra observar que todos los meses presentan un patrón idéntico con horario de mayor emisión a las 7:00 horas a excepción de los meses de agosto del 2017 y julio del 2018 con horario de mayor emisión a las 8:00 horas.

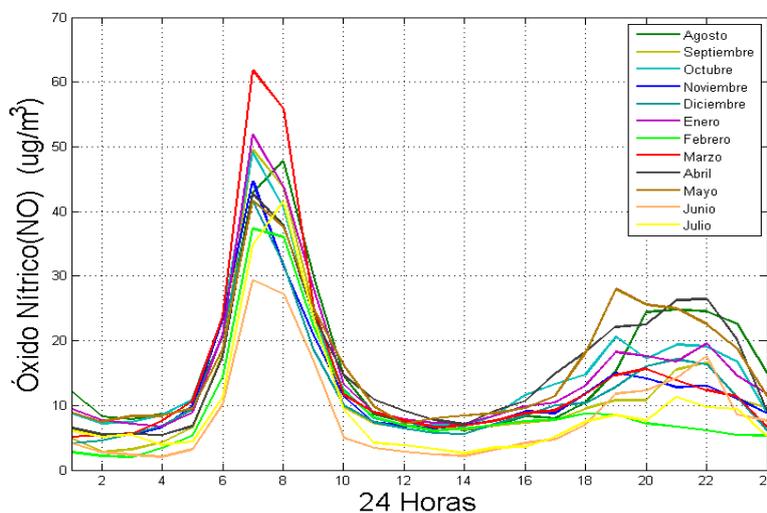
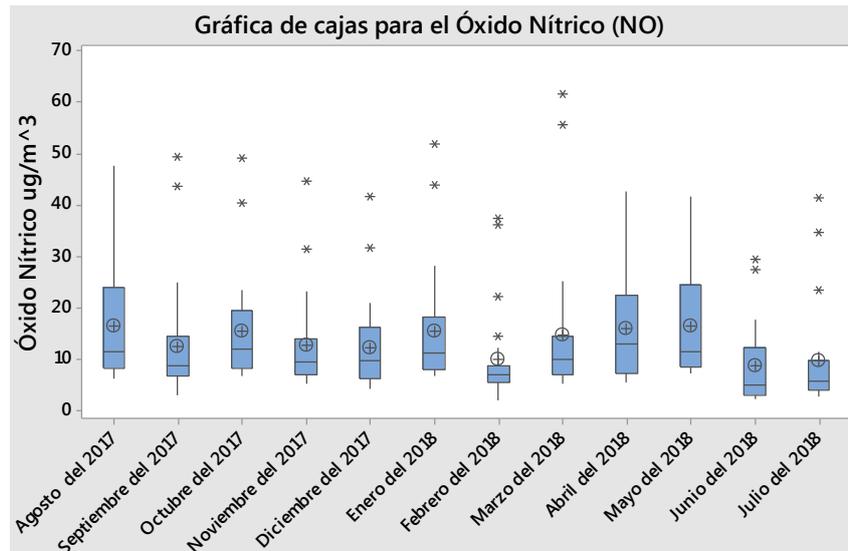


Figura 46: Promedios mensuales del Óxido Nítrico. Fuente: Autores

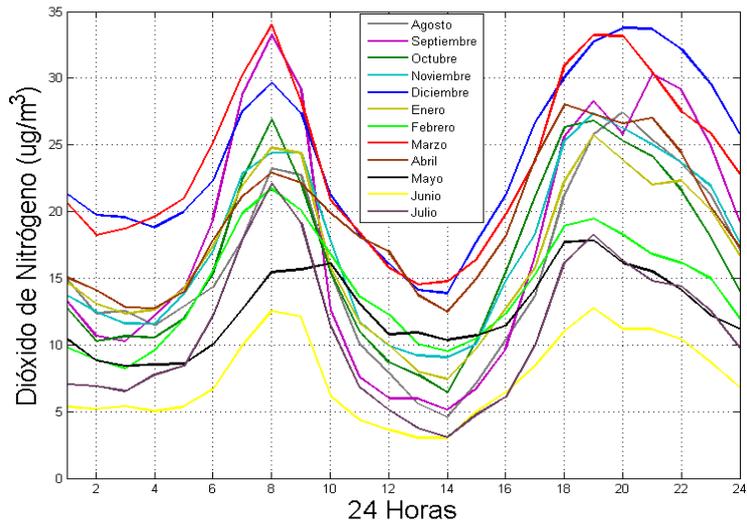
Mediante el uso de diagrama de cajas en la Figura 47 se determina los meses con mayores y menores niveles de Óxido Nítrico (NO) dando como resultado lo siguiente: en el mes de febrero, junio y julio se presentan los niveles más bajos de emisiones contaminantes, mientras que en el mes de abril del 2018 se registra los niveles más altos de NO. Además, mediante la gráfica se puede evidenciar la existencia de valores atípicos, el cual permite explicar que se registró una concentración alta sobrepasando el límite del bigote superior con un valor de  $61.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el mes de marzo del 2018.



**Figura 47:** Gráfica de cajas para el Óxido Nítrico (NO). **Fuente:** Autores

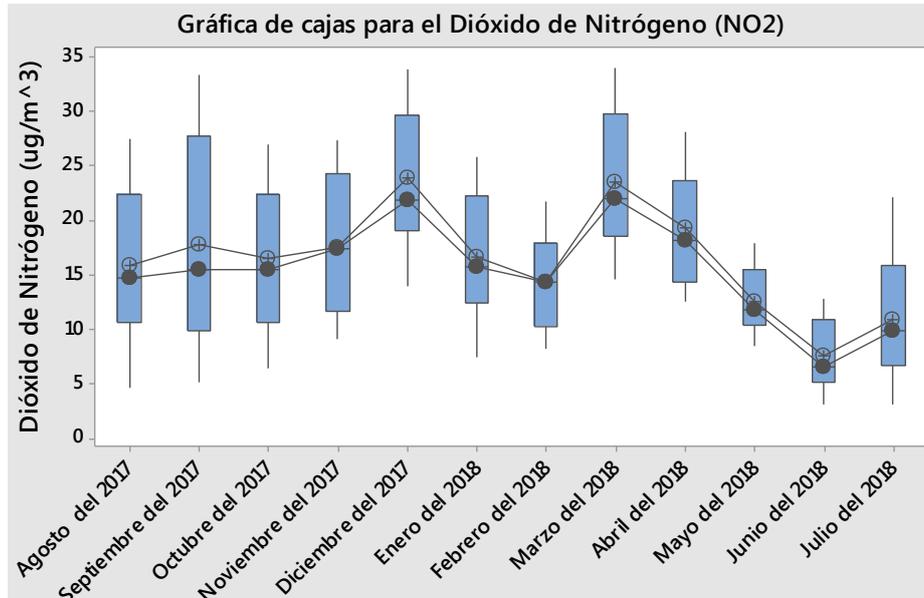
#### 5.3.1.4. Promedios mensuales y diagrama de caja del NO<sub>2</sub>

Los resultados de los promedios mensuales desde el mes de agosto del 2017 a julio del 2018 del NO<sub>2</sub> se muestra en la Figura 48, donde se puede observar el aumento del gas contaminante a partir de las 6:00 horas con un valor pico a las 8:00 horas a partir de este punto decrece hasta las 14:00 horas. Además, se registra otro valor pico entre los horarios de 18:00 horas, 19:00 horas y 20:00 horas.



**Figura 48:** Valores promedios mensuales del NO<sub>2</sub>. **Fuente:** Autores

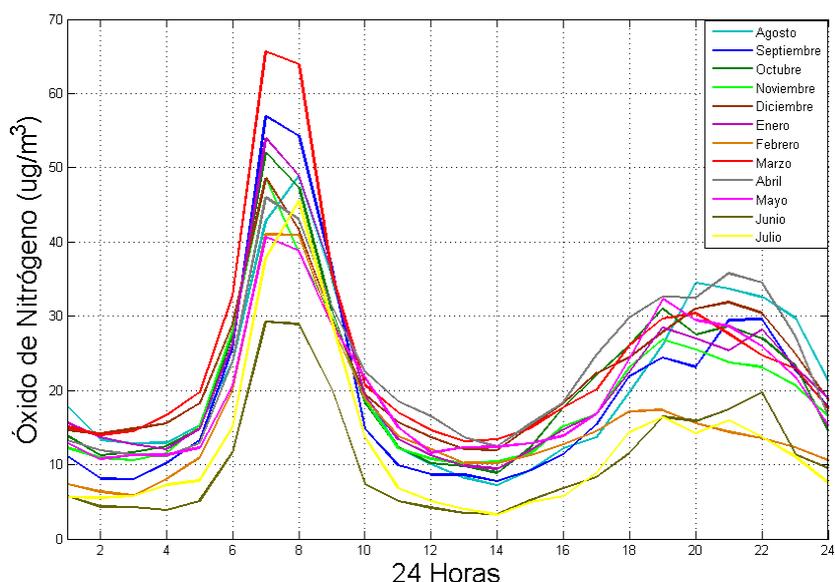
Mediante el uso de diagrama de cajas en la Figura 49 se determina los meses con mayores y menores niveles de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dando como resultado lo siguiente: en el mes de diciembre del 2017 y marzo del 2018 se presentan los niveles más altos de emisiones contaminantes, mientras que en los meses junio y julio del 2018 se registra los niveles más bajos de NO<sub>2</sub>. Además, mediante la gráfica se puede evidenciar la inexistencia de valores atípicos, el cual permite explicar que los datos se encuentran correctamente distribuidos.



**Figura 49:** Diagrama de cajas para el NO<sub>2</sub>. **Fuente:** Autores

### 5.3.1.5. Promedios mensuales y diagrama de caja del NO<sub>x</sub>

Los Óxidos de Nitrógeno es la mezcla de dos gases diferentes: Óxido Nítrico (NO) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), donde la gran mayoría de emisiones es causada por el parque automotor. Por otra parte, mediante un análisis estadístico descriptivo se determina el horario de mayor emisión de NO<sub>x</sub> en el Centro Histórico cuyos resultados se presentan en la Figura 50 con mayor valor pico registrado a las 7:00 horas y entre las 18:00 a 20:00 horas.



**Figura 50:** Valores promedios mensuales del NO<sub>x</sub>. **Fuente:** Autores

Para facilitar la comparación de las distribuciones de valores horarias de emisiones de Óxido de Nitrógeno entre los diferentes meses, se presenta un diagrama de cajas en la Figura 51 proporcionando resultados relevantes. A partir del mes de agosto del 2017 hasta el mes de enero del 2018 la tendencia de niveles de emisiones es uniforme, luego en el mes de febrero del 2018 existe una pequeña disminución y, por último, existe un aumento de emisiones en el mes de marzo. Además, mediante la gráfica se puede evidenciar la existencia de valores atípicos, el cual permite explicar que se registró una concentración alta sobrepasando el límite del bigote superior con un valor de 65.69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el mes de marzo del 2018.

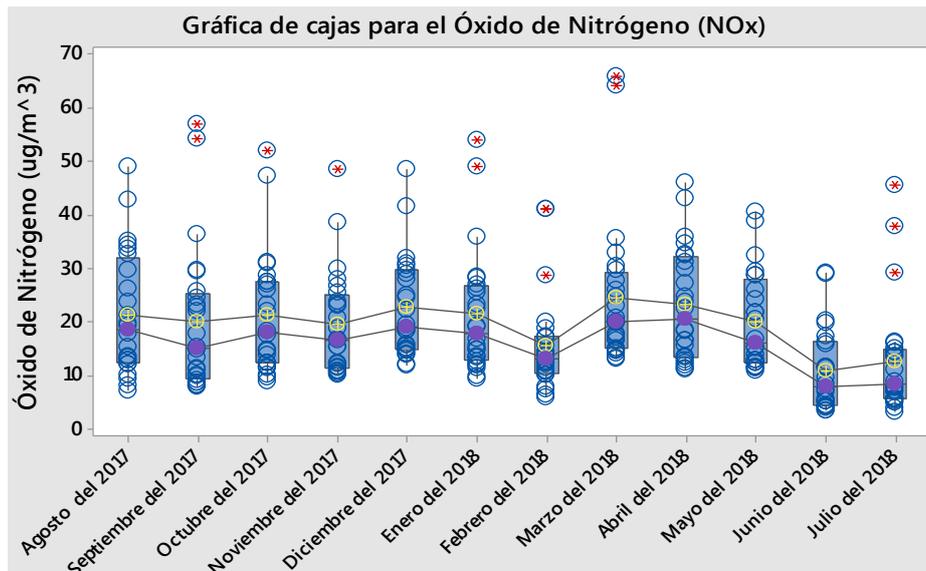


Figura 51: Gráfica de cajas para el Óxido Nítrico. Fuente: Autores

### 5.3.1.6. Promedios mensuales y diagrama de caja del SO<sub>2</sub>

Los resultados de los promedios mensuales desde el mes de agosto del 2017 a julio del 2018 del SO<sub>2</sub> se muestra en la Figura 52 donde se puede apreciar el aumento del gas contaminante a partir de las 6:00 horas con un valor pico a las 8:00 horas a partir de este punto decrece hasta las 14:00 horas. Además, se registra otro valor pico entre los horarios de 18:00 horas, 19:00 horas y 20:00 horas.

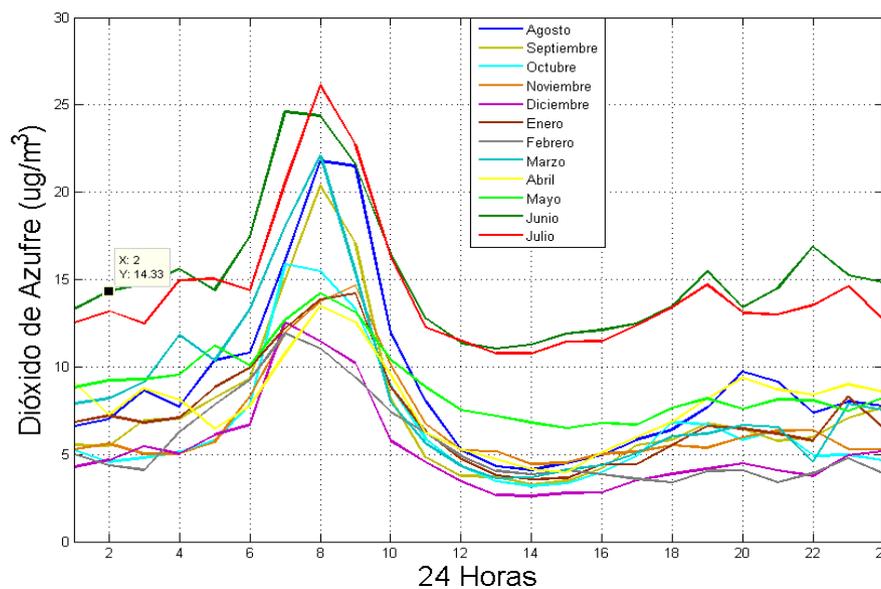
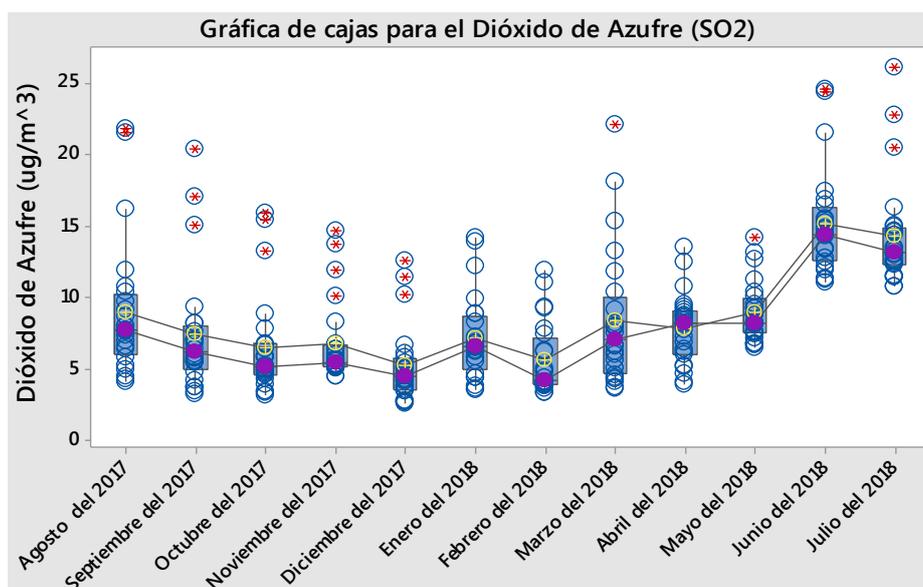


Figura 52: Valores promedios mensuales del SO<sub>2</sub>. Fuente: Autores

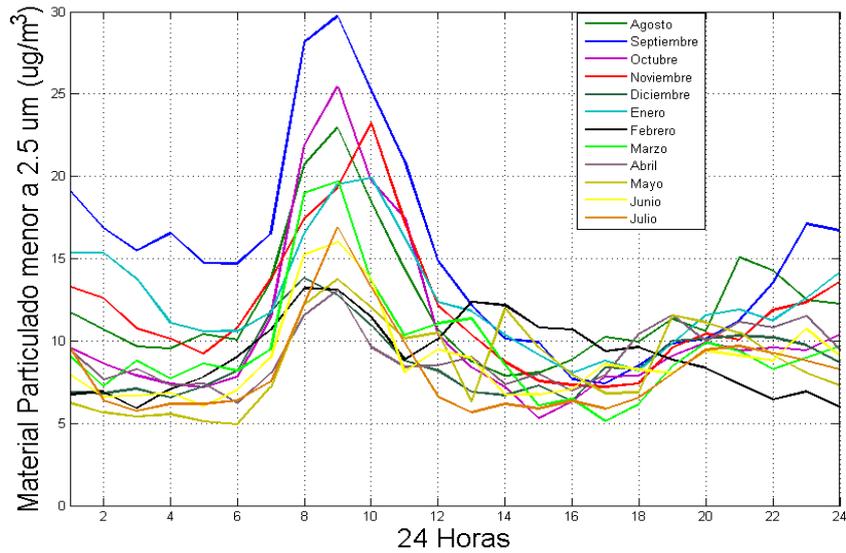
Para facilitar la comparación de las distribuciones de valores horarias de emisiones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) entre los diferentes meses, se presenta un diagrama de cajas en la Figura 53 proporcionando resultados relevantes. En los meses de junio y julio del 2018 se registran los mayores niveles de ( $\text{SO}_2$ ), mientras que en los meses de diciembre del 2017 y febrero del 2018 se presentan los niveles más bajos de emisiones. Además, mediante la gráfica se puede evidenciar la existencia de valores atípicos (\*), el cual permite explicar que se registró una concentración alta sobrepasando el límite del bigote superior con un valor de  $26.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el mes de julio del 2018.



**Figura 53:** Gráfica de cajas para el Dióxido de Azufre. **Fuente:** Autores

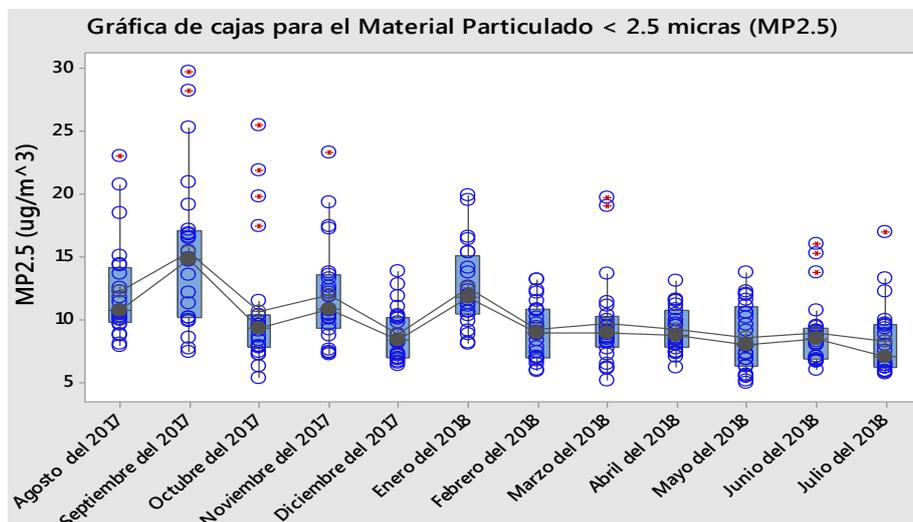
### 5.3.1.7. Promedios mensuales y diagrama de cajas del Material P. ( $\text{MP}_{2.5}$ )

La Figura 54 muestra las concentraciones horarias del Material Particulado ( $\text{MP}_{2.5}$ ) distribuidas por cada mes obteniendo como resultado que la mayor concentración se registra entre los horarios de 7:00 horas a 11:00 horas.



**Figura 54:** Valores promedios mensuales del MP2.5. **Fuente:** Autores

En la Figura 55 se presenta un diagrama de cajas donde se puede determinar los meses con mayores y menores niveles de Material Particulado menor a 2.5 micras dando como resultado lo siguiente: en el mes de septiembre del 2017 se presentan los niveles más altos de emisiones contaminantes, mientras que en el mes de julio del 2018 se registra los niveles más bajos de (MP<sub>2.5</sub>). Además, mediante la gráfica se puede evidenciar la existencia de valores atípicos.



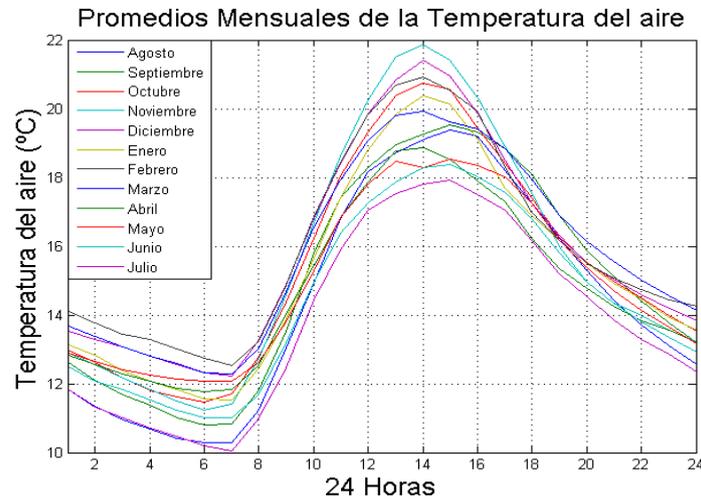
**Figura 55:** Diagrama de cajas para el Material particulado < 2.5 micras. **Fuente:** Autores

### 5.3.2. Análisis del comportamiento meteorológico según el mes

En esta sección se realiza un análisis de los datos meteorológicos a través del cálculo de medias de cada mes y mediante el uso de diagrama de cajas.

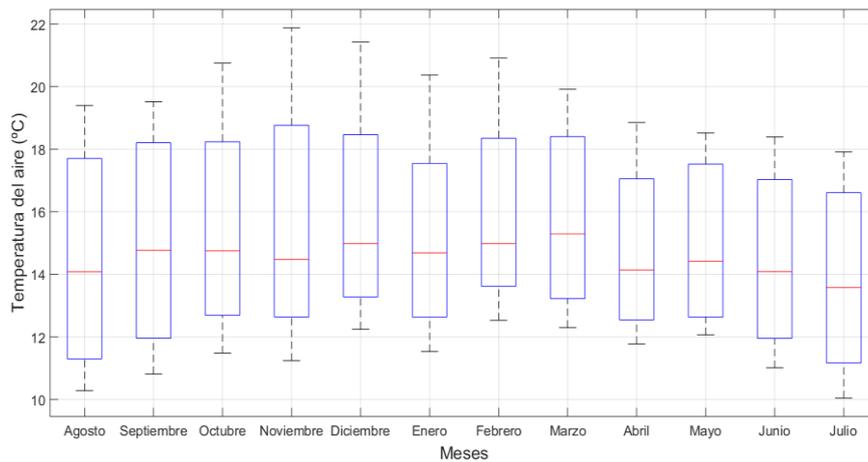
### 5.3.2.1. Promedios mensuales y diagrama de cajas de la Temperatura del Aire

Mediante la Figura 56 se evidencia el comportamiento de la temperatura del aire en un tiempo determinado de 12 meses y dando como resultado que las máximas temperaturas se registran entre las 12:00 horas y 15:00 horas.



**Figura 56:** Promedios y comportamientos mensuales de la Temperatura de aire. **Fuente:** Autores

El diagrama de cajas presentada en la Figura 57 contiene la distribución de los datos de la temperatura del aire de los 12 meses de análisis, y se puede evidenciar la inexistencia de valores atípicos, el cual permite explicar que los datos se encuentran correctamente distribuidos.



**Figura 57:** Gráfica de cajas de la temperatura del aire para cada mes. **Fuente:** Autores

### 5.3.2.2. Promedios mensuales y diagrama de cajas de la Presión Atmosférica

En la Figura 58 se observa el comportamiento mensual de la presión atmosférica. Además, se logra visualizar un patrón idéntico del comportamiento durante todos los meses. Por otra parte, mediante el diagrama de cajas presentado en la Figura 59 se puede visualizar la variación de presión atmosférica en los diferentes meses con una mayor presión en los meses de agosto, septiembre del 2017 y junio, julio del 2018, cabe recalcar que la variación de presión atmosférica máxima entre los meses es de 0,3 KPa aproximadamente.

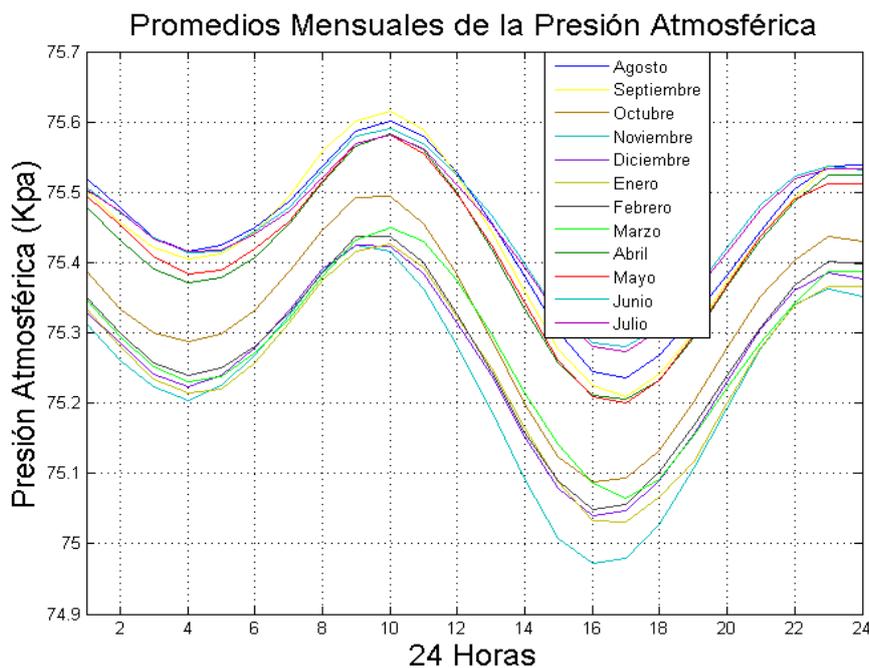


Figura 58: Promedios y comportamientos mensuales de la Presión Atmosférica. Fuente: Autores

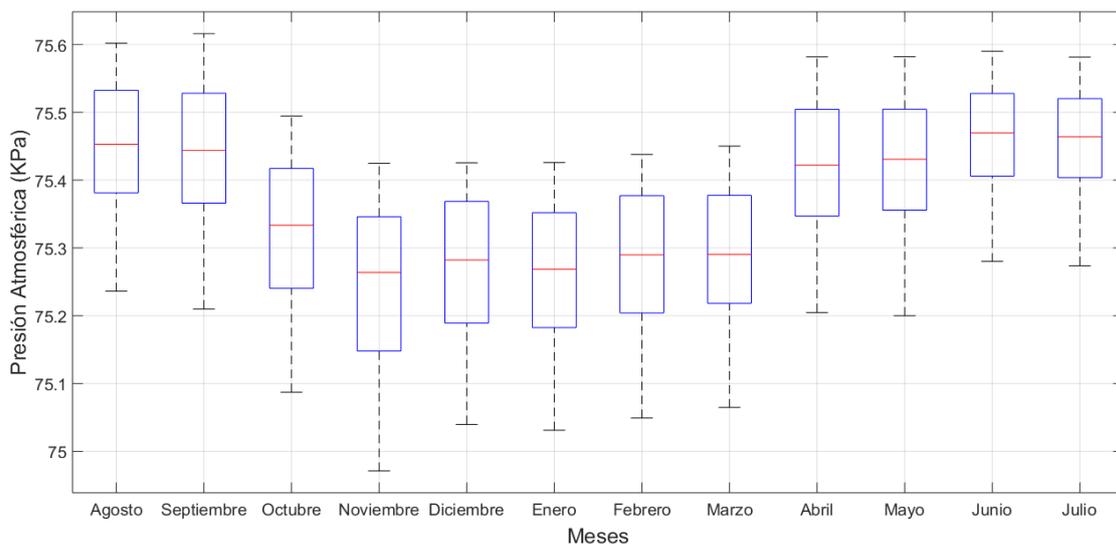
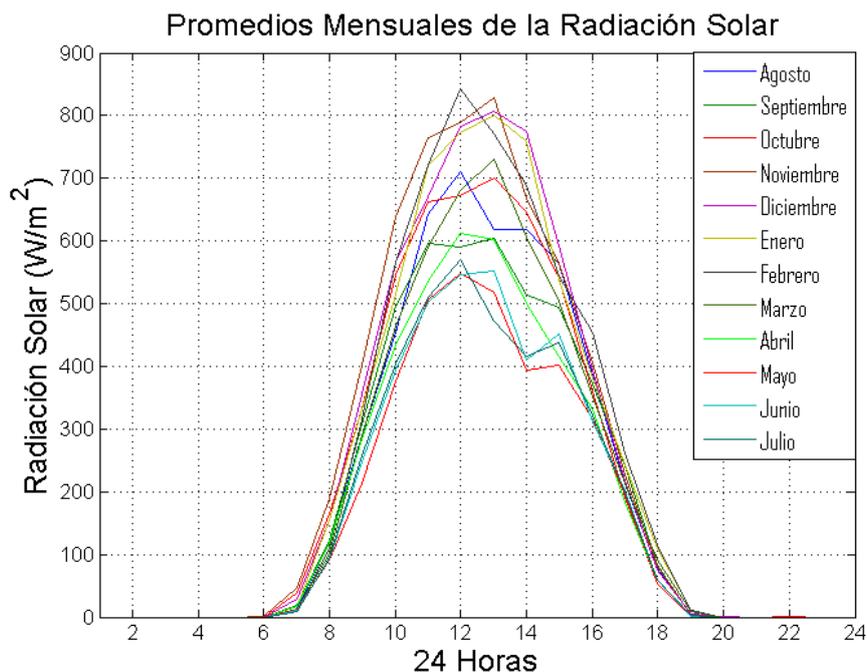


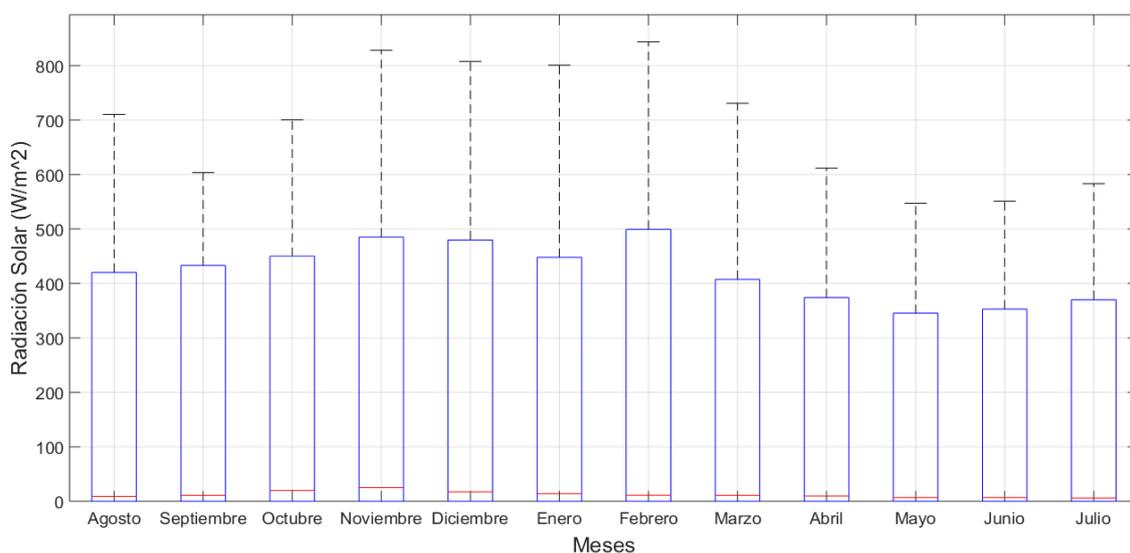
Figura 59: Grafica de cajas de la Presión Atmosférica para cada mes. Fuente: Autores

### 5.3.2.3. Promedios mensuales y diagrama de cajas de la Radiación Solar

Mediante la Figura 60 se evidencia el comportamiento de la Radiación solar dando como resultado que los valores más altos se registran entre las 11:00 horas y 13:00 horas. Además, en el diagrama de cajas presentado en la Figura 61, la mayor radiación solar se registra entre los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre del 2017.



**Figura 60:** Comportamiento mensual de la Radiación Solar. **Fuente:** Autores



**Figura 61:** Grafica de cajas de la Radiación Solar para cada mes. **Fuente:** Autores

### 5.3.2.4. Promedios mensuales y diagrama de cajas de la Humedad Relativa

El cambio del promedio mensual de la humedad relativa se puede observar en la Figura 62 con valores máximos de humedad registrados en las horas de la mañana, mientras que los valores menores de humedad se registran entre las 12:00 horas y las 16:00 horas. En el diagrama de cajas de la Figura 63 se puede visualizar la variación de humedad relativa entre los meses, determinando que el mes de Mayo del 2017 fue el mes de mayor lluvia.

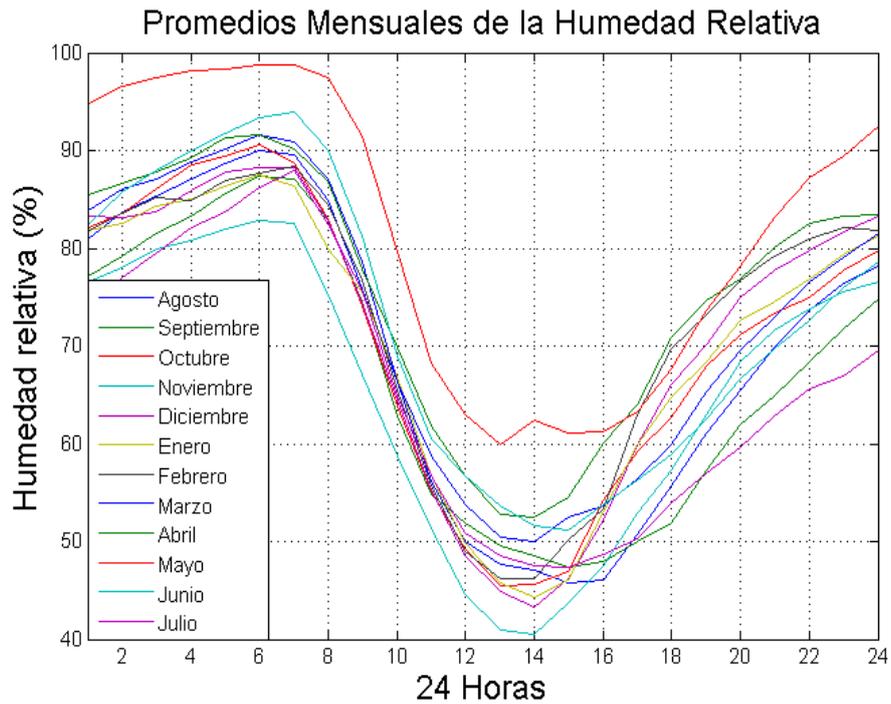


Figura 62: Comportamiento mensual de la Humedad Relativa. Fuente: Autores

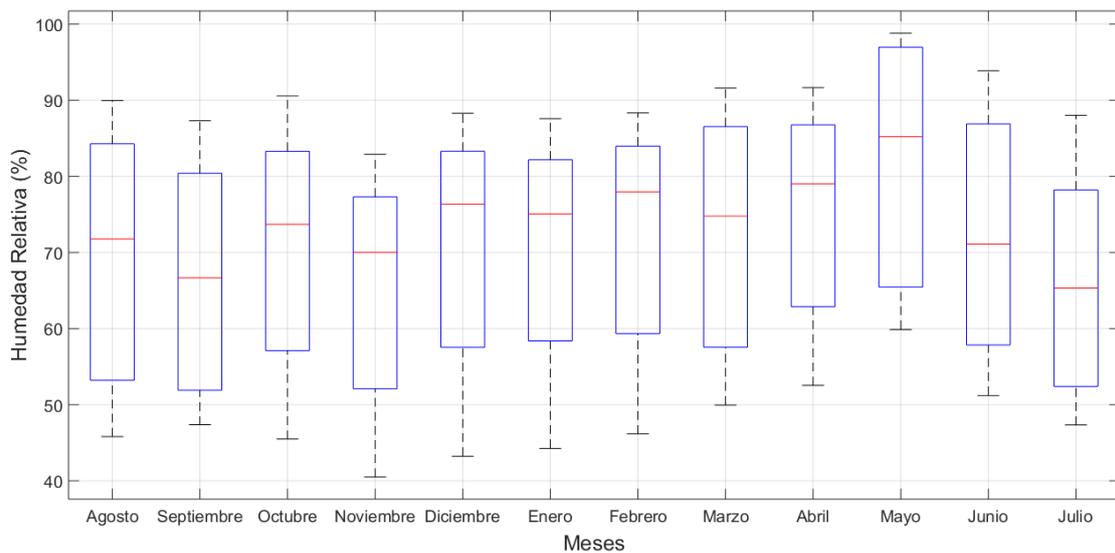


Figura 63: Grafica de cajas de la Humedad Relativa para cada mes. Fuente: Autores

### 5.3.2.5. Promedios mensuales y diagrama de cajas de la velocidad del viento

En la Figura 64 se visualiza la velocidad del viento promedio horaria por cada mes. El incremento de la velocidad del viento se registra a partir de las 10:00 horas y con valores de velocidad máximas entre las 15:00 horas a 17:00 horas.

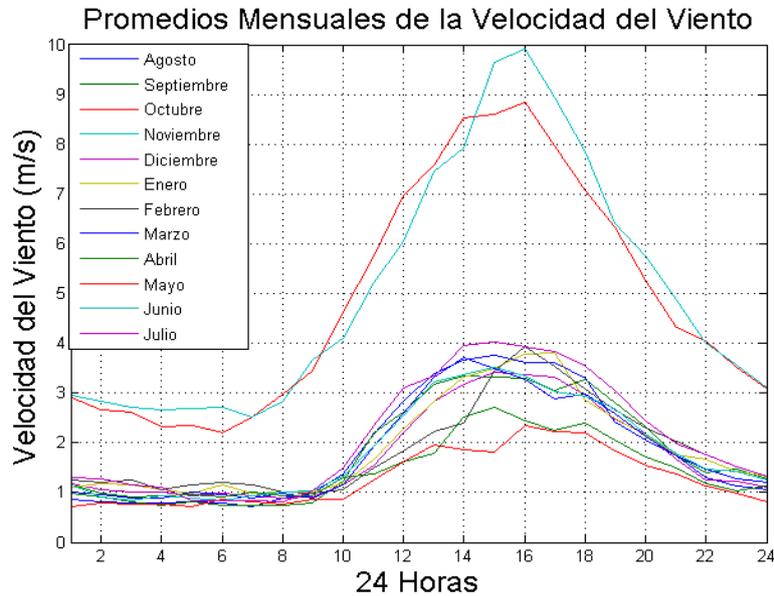


Figura 64: Comportamiento mensual de la velocidad del viento. Fuente: Autores

Por otra parte, en la gráfica de cajas presentada en la Figura 65 se puede concluir que los valores máximos de la velocidad del viento se registraron en los meses de Octubre del 2017 y Noviembre del 2017 por su gran variabilidad de los datos.

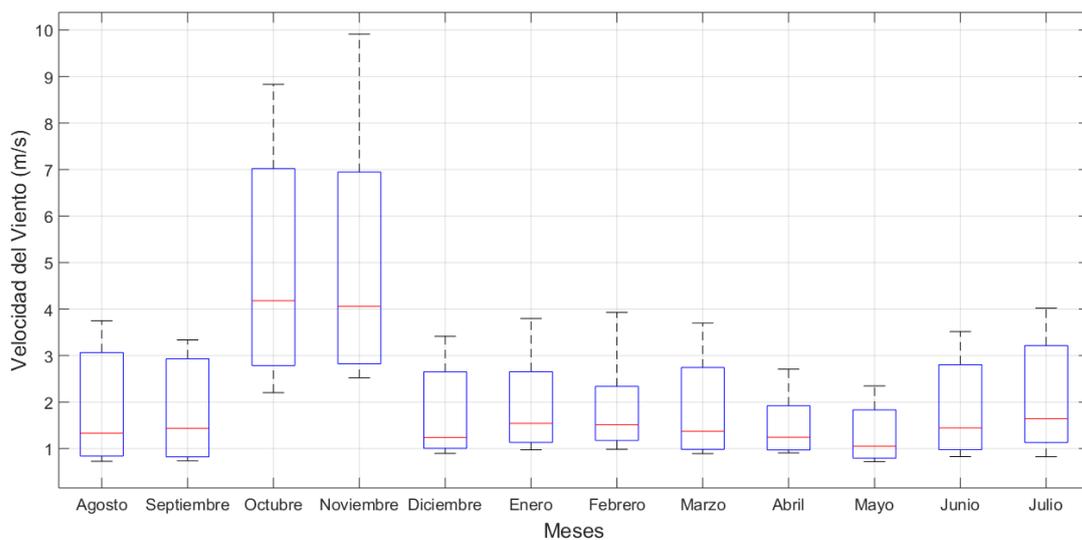


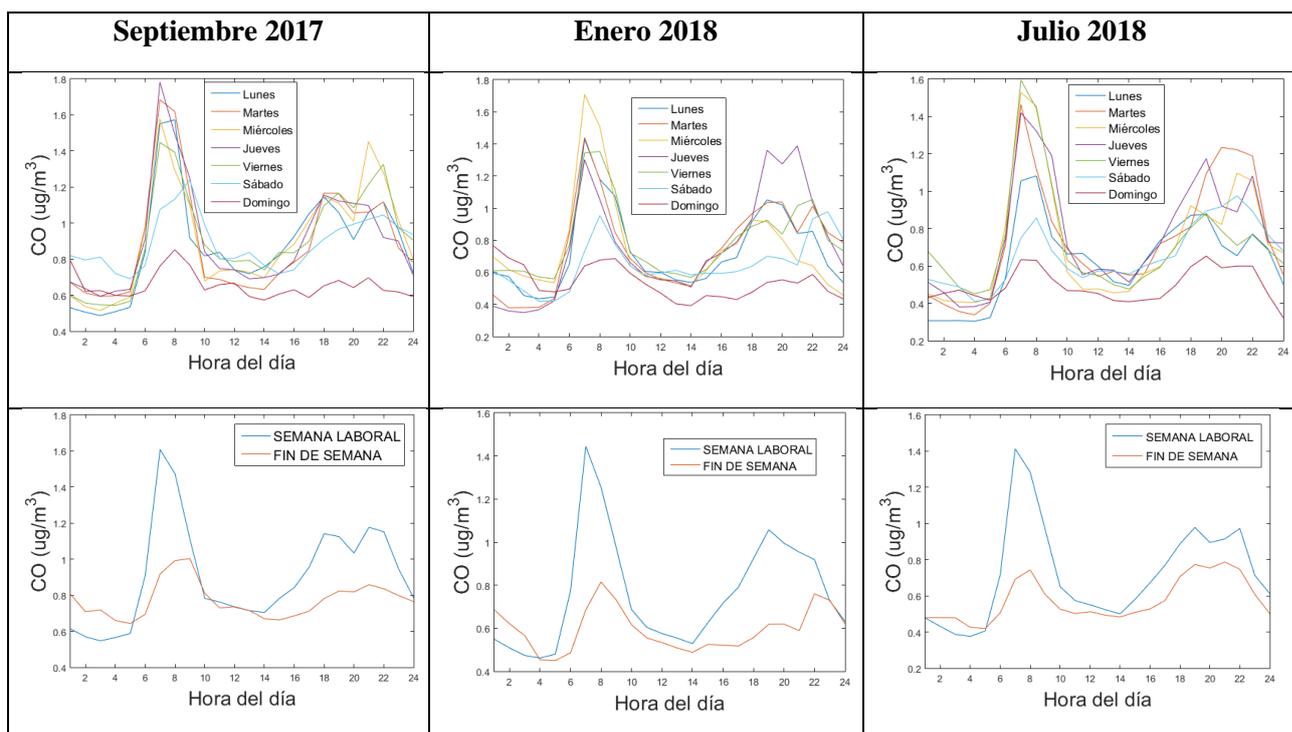
Figura 65: Variación de la velocidad media mensual del viento. Fuente: Autores

### 5.3.3. Caracterización de las emisiones según los días de la semana (Laboral y fin de semana)

#### 5.3.3.1. Caracterización del Monóxido de Carbono (CO)

En la Tabla 15 se muestra de izquierda a derecha los resultados de un análisis de las emisiones del CO de los meses de inicio, intermedio y final para el periodo de estudio. Además, se visualiza el comportamiento del CO en función de la hora para cada uno de los días hábiles de la semana, el comportamiento de la semana laboral y fin de semana, donde cada gráfica muestra la variación de concentración del CO en el horario típico durante los meses de Septiembre, Enero y Julio. Por otra parte, las concentraciones máximas tienen lugar entre semana laboral y un descenso de emisiones en el fin de semana.

Tabla 15: Variación semanal del Monóxido de Carbono. Fuente: Autores

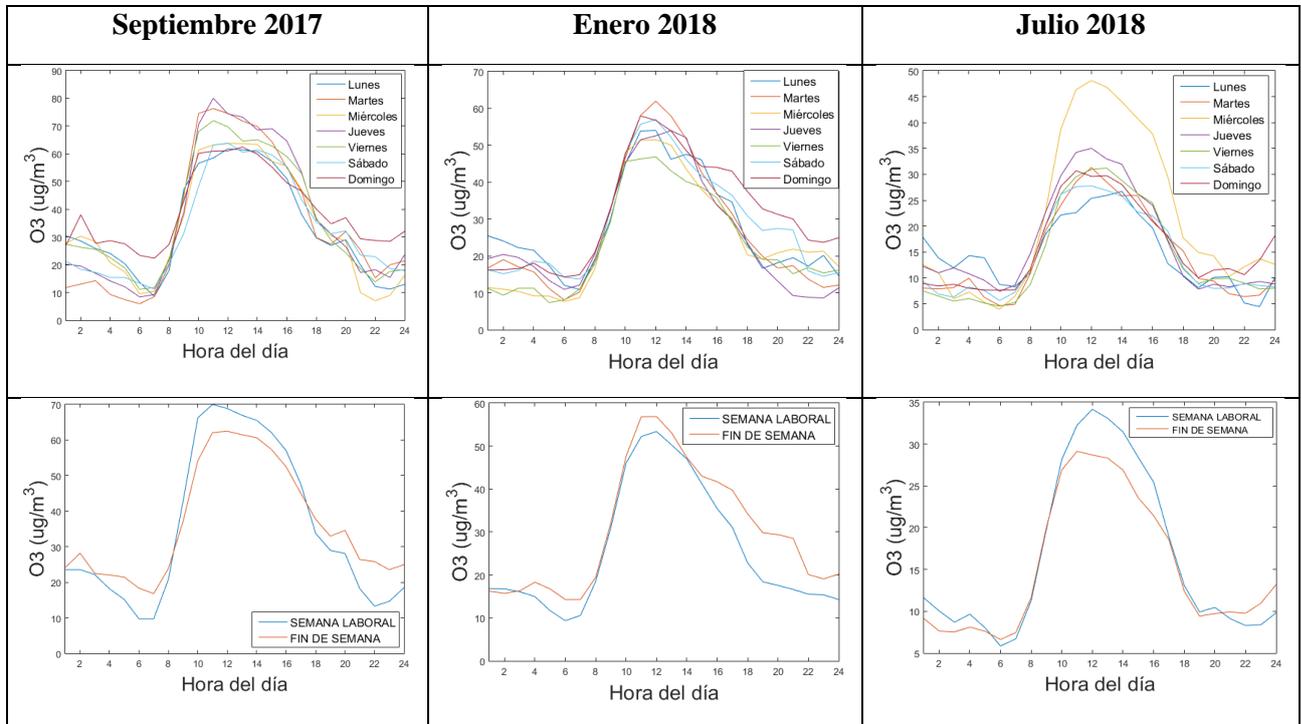


#### 5.3.3.2. Caracterización del Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>)

El comportamiento del O<sub>3</sub> según los días hábiles de la semana, semana laboral y fin de semana se presenta en la Tabla 16, donde se visualiza la variación de concentración del Ozono Troposférico en el horario típico para los meses de Septiembre, Enero y Julio con concentraciones máximas entre la semana laboral y un descenso leve en el fin de semana.

Cabe señalar que el comportamiento del ( $O_3$ ) es diferente a los demás contaminantes, esto es debido a que el Ozono troposférico reacciona directamente con la radiación solar.

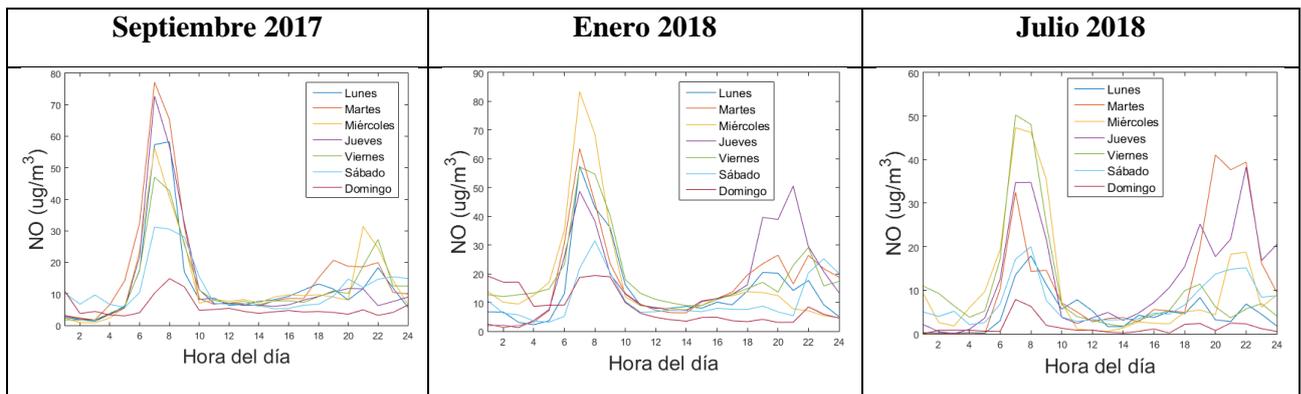
**Tabla 16:** Variación semanal del Ozono Troposférico ( $O_3$ ). **Fuente:** Autores

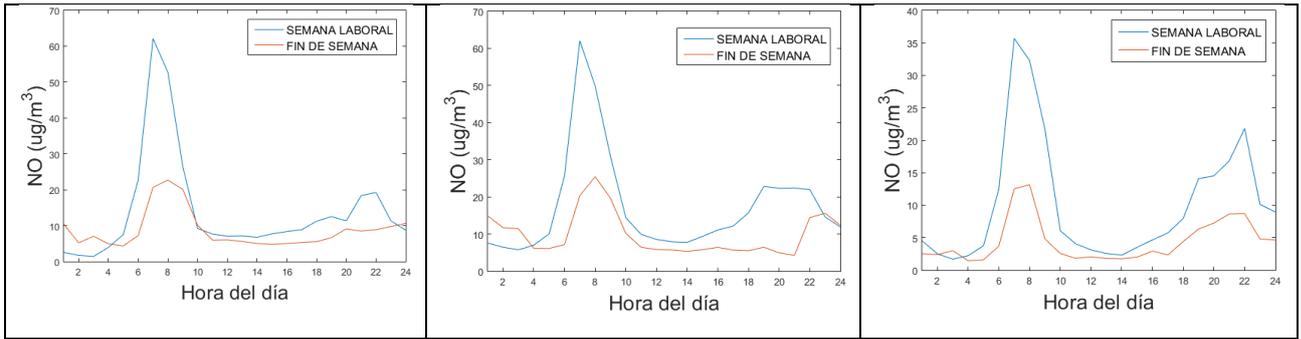


### 5.3.3.3. Caracterización del Óxido Nítrico ( $NO$ )

El comportamiento del Óxido Nítrico durante los días de la semana es diferente, por lo tanto, se realizó una clasificación de los diferentes días de la semana durante los diferentes meses de estudio, cuyos resultados se presentan en la Tabla 17. Además, se visualiza el comportamiento de este gas contaminante durante la semana laboral y fin de semana dando como resultado que las concentraciones máximas tienen lugar entre semana laboral y un descenso de emisiones en el fin de semana.

**Tabla 17:** Variación semanal del Óxido Nítrico. **Fuente:** Autores

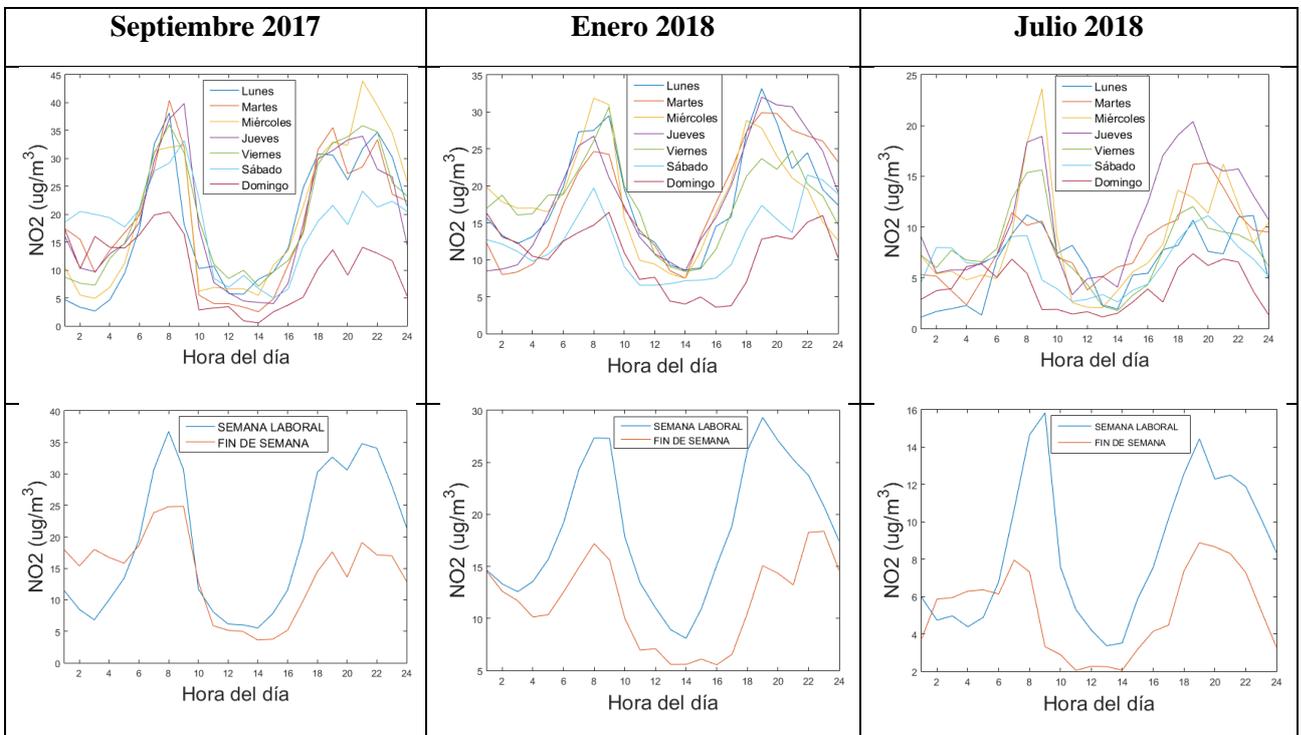




### 5.3.3.4. Caracterización del Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

El comportamiento del dióxido de nitrógeno durante los días de la semana es diferente; por lo tanto, se realizó una clasificación de los diferentes días de la semana durante los diferentes meses de estudio, cuyos resultados se presentan en la Tabla 18 de los meses de Septiembre del 2017, Enero del 2018 y Julio del 2018. Además, se visualiza el comportamiento de este gas contaminante durante la semana laboral y fin de semana, dando como resultado que las concentraciones máximas tienen lugar entre semana laboral y un descenso de emisiones en el fin de semana.

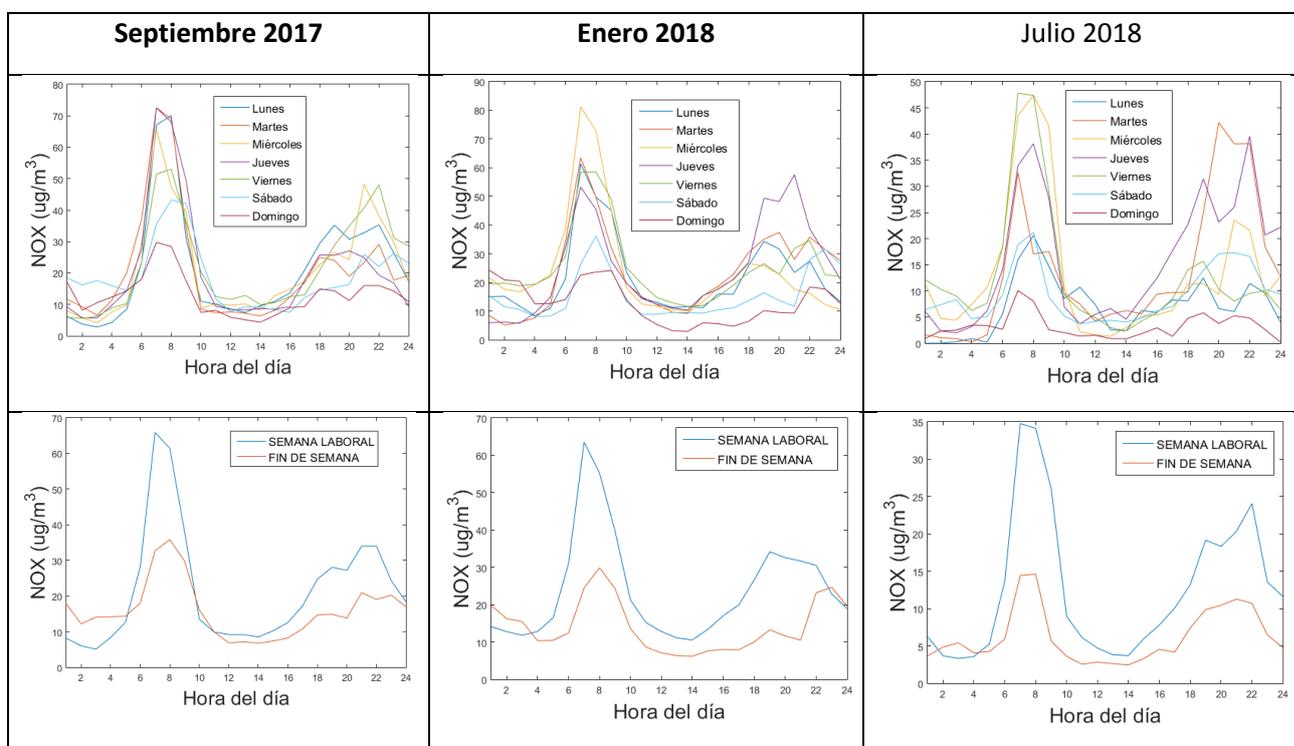
**Tabla 18:** Variación semanal del Dióxido de Nitrógeno. **Fuente:** Autores



### 5.3.3.5. Caracterización del Óxido de Nitrógeno (NOx)

En la Tabla 19 se muestra de izquierda a derecha los resultados de un análisis de las emisiones del Óxido de Nitrógeno de los meses de inicio, intermedio y final. Además, se visualiza el comportamiento del NOx en función de la hora para cada uno de los días hábiles de la semana, el comportamiento de la semana laboral y fin de semana, donde cada gráfica muestra la variación de concentración del (NOx) en el horario típico durante los meses de Septiembre, Enero y Julio. Por otra parte, las concentraciones máximas tienen lugar entre semana laboral y un descenso de emisiones en el fin de semana.

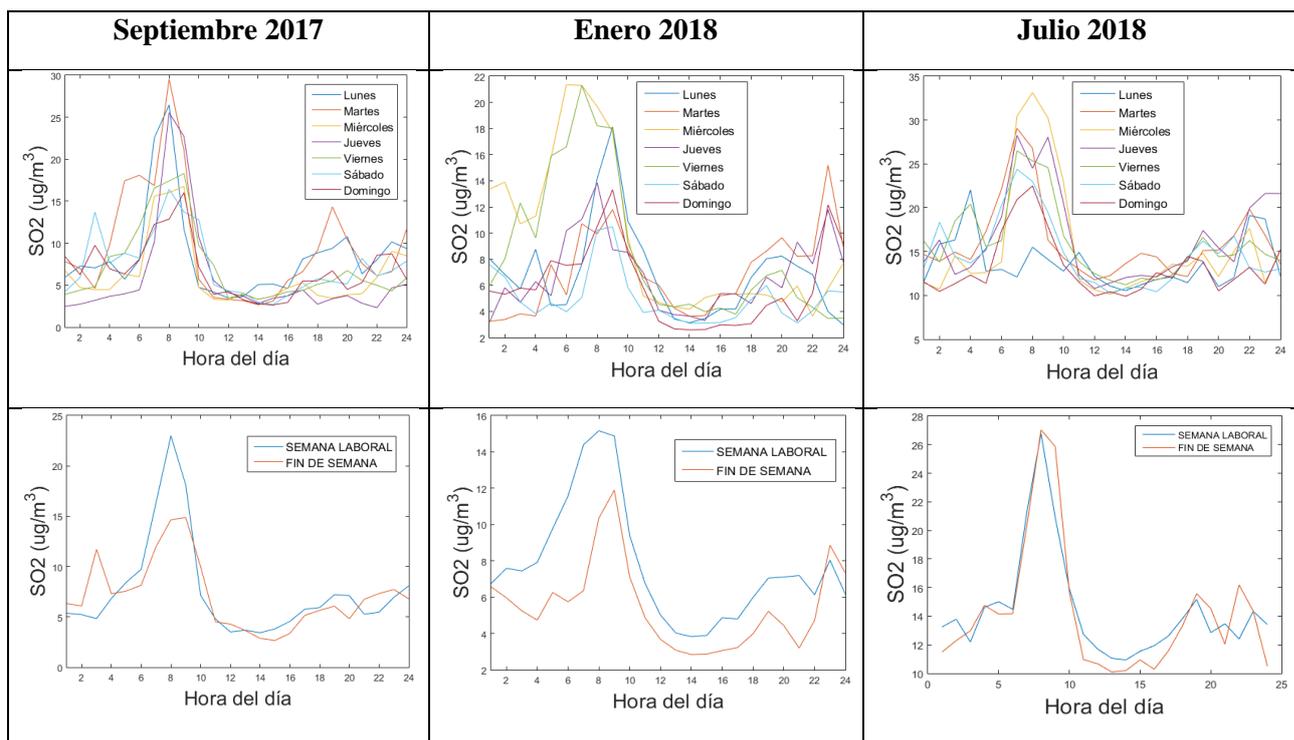
Tabla 19: Variación semanal del Óxido de Nitrógeno. Fuente: Autores



### 5.3.3.6. Caracterización del Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

En la Tabla 20 se muestra los resultados de un análisis de las emisiones del Dióxido de Azufre de los meses de inicio, intermedio y final para el periodo de estudio. Además, se visualiza el comportamiento del SO<sub>2</sub> en función de la hora para cada uno de los días hábiles de la semana, el comportamiento de la semana laboral y fin de semana, donde cada gráfica muestra las variaciones del dióxido de azufre en el horario típico durante los meses de Septiembre, Enero y Julio. Por otra parte, las concentraciones máximas tienen lugar entre semana laboral y un descenso de emisiones en el fin de semana.

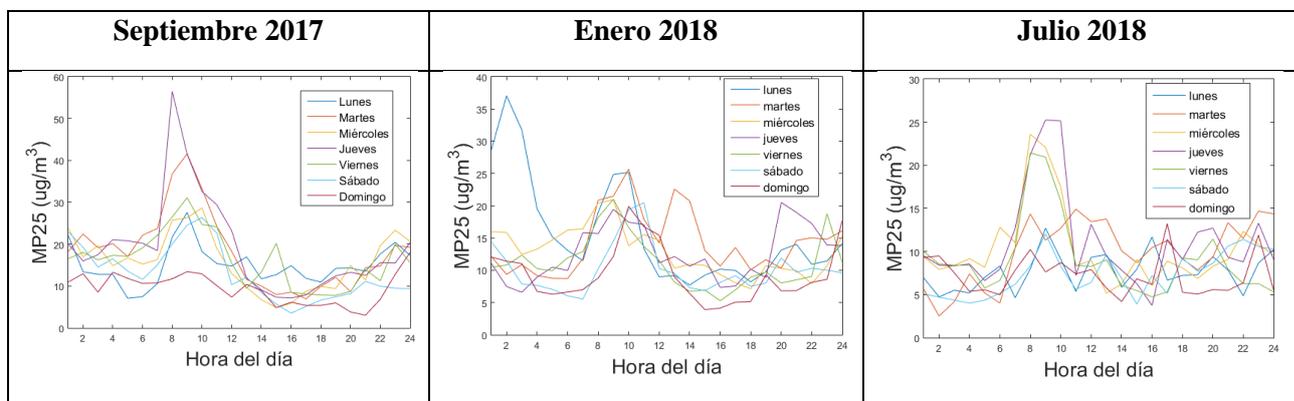
**Tabla 20:** Variación semanal del Dióxido de Azufre. **Fuente:** Autores

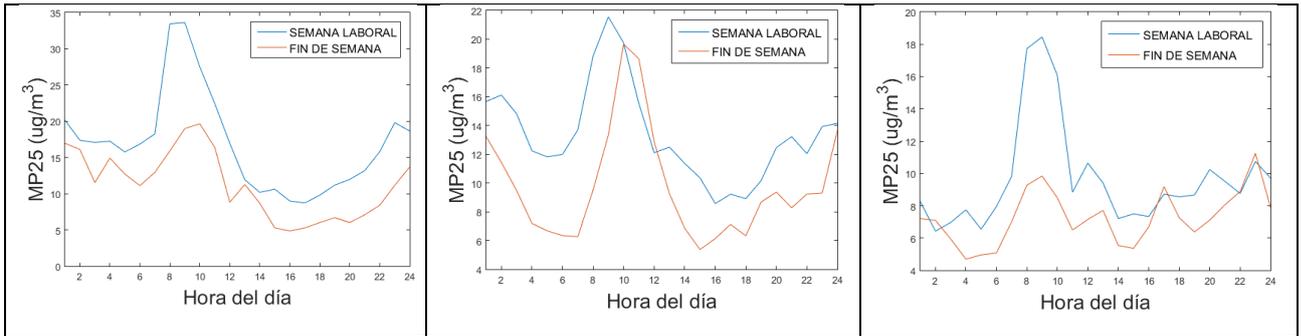


### 5.3.3.7. Caracterización del Material Particulado (MP<sub>2.5</sub>)

En la última Tabla 21 de la caracterización de las emisiones contaminantes se aprecia el comportamiento del MP<sub>2.5</sub>, cuyo resultado es el siguiente: en la semana laboral existe un aumento de emisiones de material particulado mientras que en el fin de semana existe una disminución entre los meses de septiembre del 2018, enero del 2018 y julio del 2018.

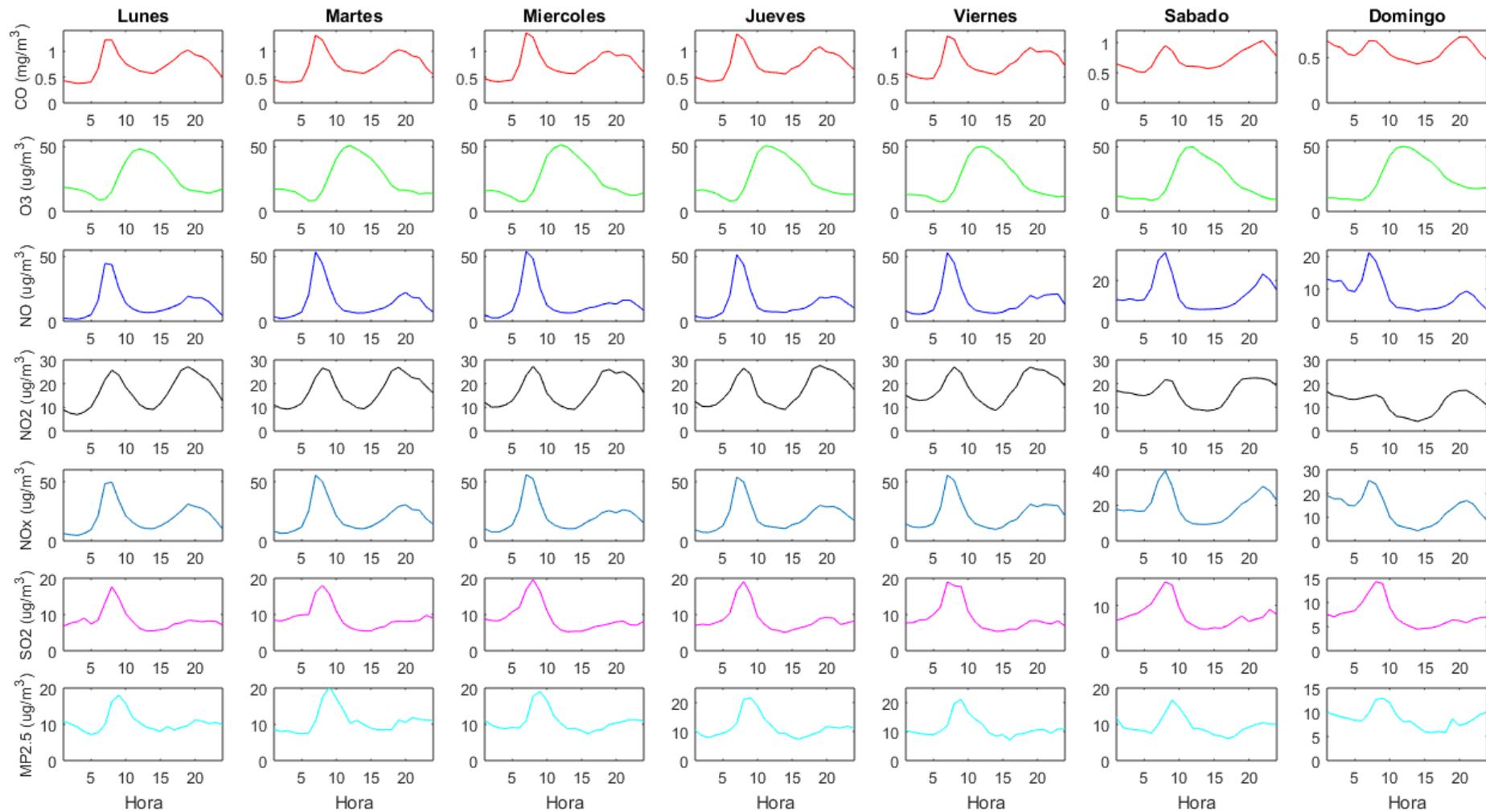
**Tabla 21:** Variación semanal de Material Particulado **Fuente:** Autor





### 5.3.3.8. Comportamiento anual de las emisiones

El comportamiento de las emisiones contaminantes es idéntico entre los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes para todos los gases, mientras que en los fines de semana (sábado y domingo) presentan disminuciones de emisiones considerables, esto se debe a la disminución de tráfico vehicular. El O<sub>3</sub> mantiene el mismo comportamiento todos los días de la semana sin ninguna disminución, la causa se debe por factores meteorológicos (ver Figura 66).



**Figura 66:** Comportamiento anual de los contaminantes según los diferentes días. **Fuentes:** Autores

## 5.4.Fase IV: Generación de la correlación entre las diferentes variables de salida

En este capítulo se realiza un análisis estadístico inferencial mediante el uso del ANOVA unidireccional y un Análisis Multivariante aplicando componentes principales.

### 5.4.1. ANOVA: Análisis unidireccional de varianza

Se denomina ANOVA de un solo factor cuando el objetivo es comparar dos o más tratamientos (grupos de datos) de acuerdo con el valor de sus medias poblacionales. Hay que tomar en cuenta, que también es importante realizar una comparación referente a sus varianzas. Para comparar varios tratamientos existen dos hipótesis fundamentales las cuales son:

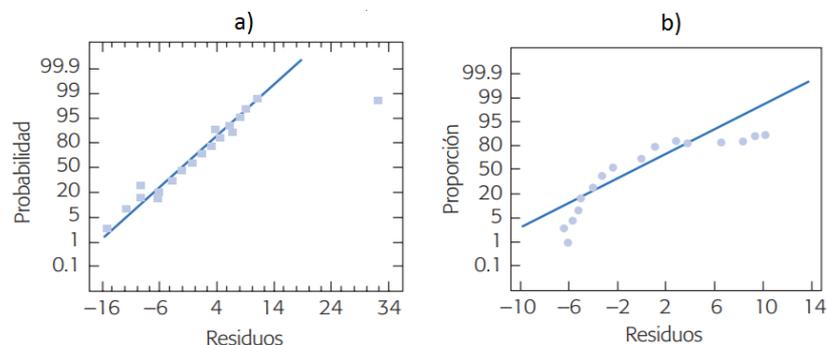
$$H_o = \mu = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_A = \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

- Si el valor de  $p \leq \alpha$  ( $\alpha=0,05$ ) entonces, una o más medias poblacionales son significativamente diferentes.
- Si el valor de  $p > \alpha$  ( $\alpha=0,05$ ) entonces, las medias no son significativamente diferentes.

#### - Grafica de probabilidad normal

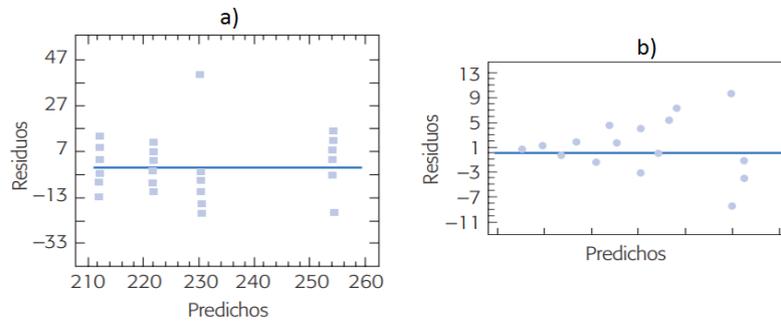
La gráfica de probabilidad normal mostrada en la Figura 67a interpreta que los residuos tienden a seguir una línea recta cuando los residuos se comportan con normalidad; caso contrario, si los residuos no tienden a seguir una línea recta la normalidad de los residuos es incorrecta (ver Figura 67b). (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004, p. 83)



**Figura 67:** Graficas de probabilidad normal. a) si cumple. b) no cumple. **Fuente:** (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004)

#### - Grafica de varianza constante

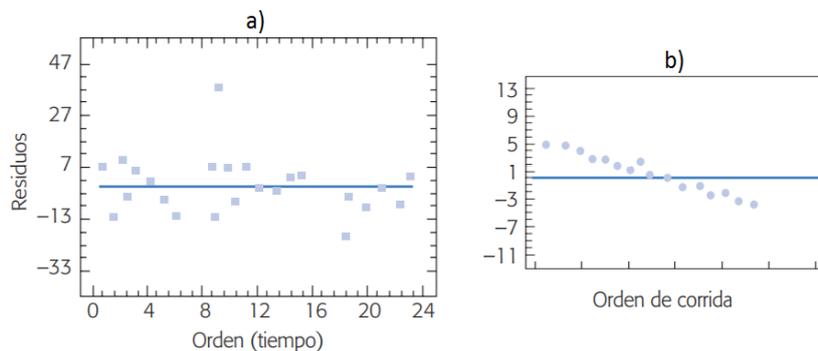
Análisis de la varianza constante, los datos en la Gráfica 68a de valores predichos vs residuos se distribuyen en forma vertical con esto se acepta el supuesto de la varianza constante; caso contrario, si en la Gráfica 68b los residuos forman un embudo o corneta entonces no se cumple el supuesto de varianza constante. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004, p. 86)



**Figura 68:** Grafica de varianza constante. a) si cumple. b) no cumple. **Fuente:** (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004)

#### - Grafica de independencia de los residuos

Existen dos maneras para determinar si existe o no independencia entre los residuos de los grupos de datos. En la Figura 69a se presenta un patrón no aleatorio de los residuos claramente no definido, por ende, el supuesto de independencia de residuos no se cumple. Por otra parte, si los puntos se dispersan de una forma aleatoria alrededor de la banda horizontal entonces se cumple el supuesto de independencia de residuos como se indica en la Figura 69b. (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004, p. 88)



**Figura 69:** Grafica de independencia de residuos. a) Si cumple. b) No cumple. **Fuente:** (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar , 2004)

#### 5.4.1.1. ANOVA de un solo factor para el Monóxido de Carbono

El resultado del ANOVA unidireccional se presenta en la Tabla 22, cuyo dato importante en el análisis de varianza es el valor de  $p$ , con este valor se determina si las medias de los 12 meses son significativamente diferentes entre sí o sus medias son iguales. Se plantea dos hipótesis: hipótesis nula (todas las medias de meses de emisión del CO son iguales) e hipótesis alternativa (todas las medias de los meses de emisión del Monóxido de Carbono son diferentes). El valor de  $p$  para ANOVA es cero, entonces, es menor al nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ), por lo tanto, hay diferencia significativa entre uno o más meses de las emisiones contaminantes del CO.

**Tabla 22:** Valor de  $p$  para el ANOVA de emisiones de CO. **Fuente:** Autores

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Meses	11	2,019	0,18357	4,04	0,000
Error	276	12,533	0,04541		
Total	287	14,552			

En la Figura 70 se muestra las gráficas de residuos, mediante la gráfica de probabilidad normal se determina que los datos se encuentran correctamente distribuidos, además siguen la tendencia a la línea de regresión y se acepta la normalidad de los datos. En la gráfica de residuo vs ajuste se distribuyen de forma aleatoria vertical según el valor ajustado, la cual se acepta una varianza constante. Finalmente, en la gráfica de orden vs residuo los datos están distribuidos de manera aleatoria sin acumulaciones de puntos y se encuentran sobre la línea de cero, garantizando que las muestras son válidas de modo que se acepta la independencia correcta de los resultados.

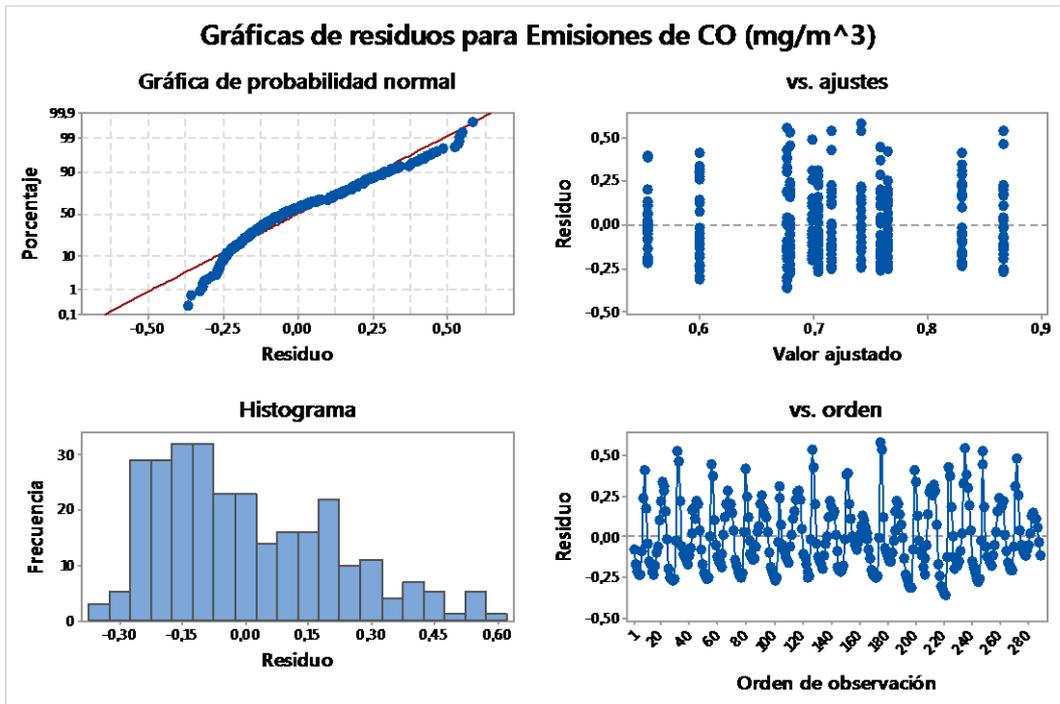


Figura 70: Gráfica de residuos para las diferentes muestras (meses) de CO. Fuente: Autores

#### 5.4.1.2. ANOVA de un solo factor para el Ozono

Se utiliza el ANOVA de un solo factor para determinar si existe diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los diferentes meses de análisis de emisiones de O<sub>3</sub>, para ello se plantea dos hipótesis: hipótesis nula (Todas las medias de los meses de análisis son iguales) e hipótesis alternativa (Una o más medias son diferentes a los demás meses). En la Tabla 23 se presenta el resultado del análisis de varianza con un valor de p=0,00 concluyendo que existe diferencias significativas de emisiones de O<sub>3</sub>.

Tabla 23: Valor de p para el ANOVA de emisiones de O3. Fuente: Autores

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Meses	11	11089	1008,1	4,61	0,000
Error	276	60314	218,5		
Total	287	71403			

Además, en la gráfica de Porcentajes vs Residuos se evidencia la normalidad de los datos, puesto que los datos están cercanos a la línea de regresión. Además, en la gráfica de residuo vs valor ajustado no existen conglomeraciones de puntos, por lo tanto, se acepta el supuesto de varianzas constantes, también en la gráfica de orden vs observación no

existen regiones de acumulación de puntos, es decir se encuentran dispersos alrededor de la línea de cero y son independientes entre sí. Finalmente, en el histograma se presenta asimetría positiva con respecto a la media.

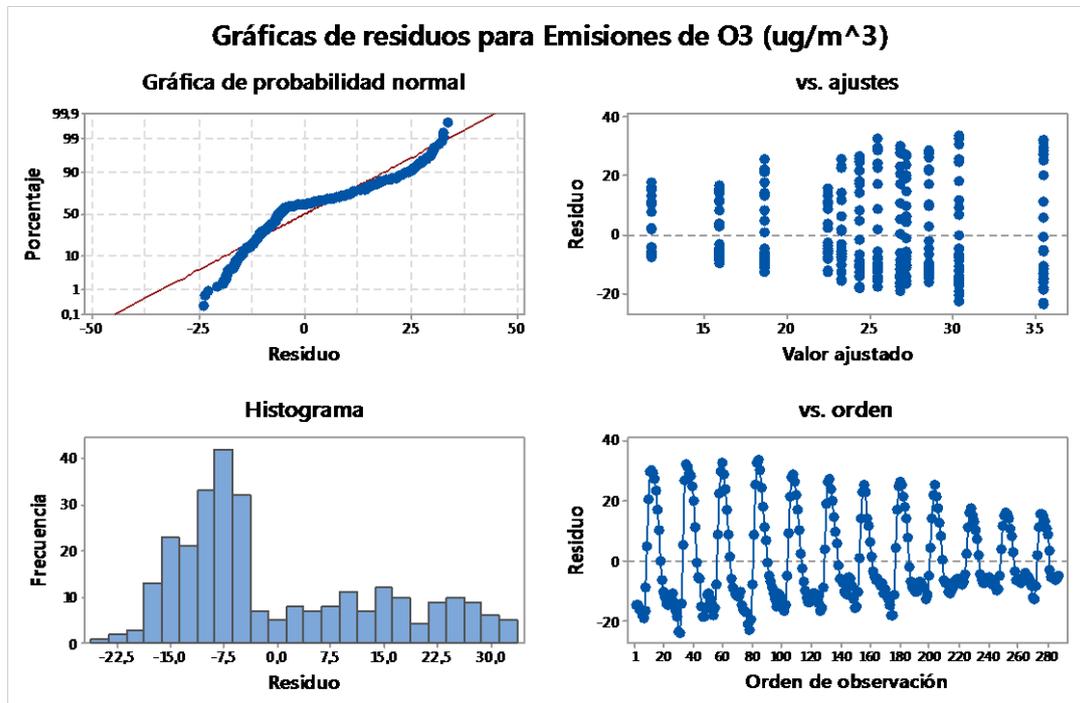


Figura 71: Gráfica de residuos para las diferentes muestras (meses) de O<sub>3</sub>. Fuente: Autores

### 5.4.1.3. ANOVA de un solo factor para el Óxido Nítrico

Para realizar el ANOVA de un solo factor se plantea dos hipótesis: hipótesis nula (todas las medias de los meses de emisiones del NO son iguales) e hipótesis alternativa (al menos una o más de las medias de los meses de emisiones del Óxido Nítrico son diferentes). El valor de p para ANOVA es 0,070 entonces, es mayor a nivel de  $\alpha$ , por lo tanto no hay diferencia significativa entre los meses de las emisiones contaminantes del NO.

Tabla 24: Valor de p para el ANOVA de emisiones de NO. Fuente: Autores

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Meses	11	2094	190,3	1,72	0,070
Error	276	30626	111,0		
Total	287	32720			

En la Figura 72 se muestra las gráficas de residuos, mediante el cual se puede visualizar en la gráfica de probabilidad normal que los datos no siguen una distribución normal, es decir, no tienden a aproximarse a la línea de regresión, por lo tanto, no se acepta la

normalidad de los datos. En la gráfica de residuo vs ajuste se visualiza que los datos se distribuyen de forma aleatoria vertical por esta razón se acepta el supuesto de una varianza constante. Finalmente, en la gráfica de orden vs residuo los datos están distribuidos de manera aleatoria sin acumulaciones de puntos y se encuentran sobre la línea de cero, garantizando que las muestras son válidas de modo que se acepta la independencia correcta de los resultados.

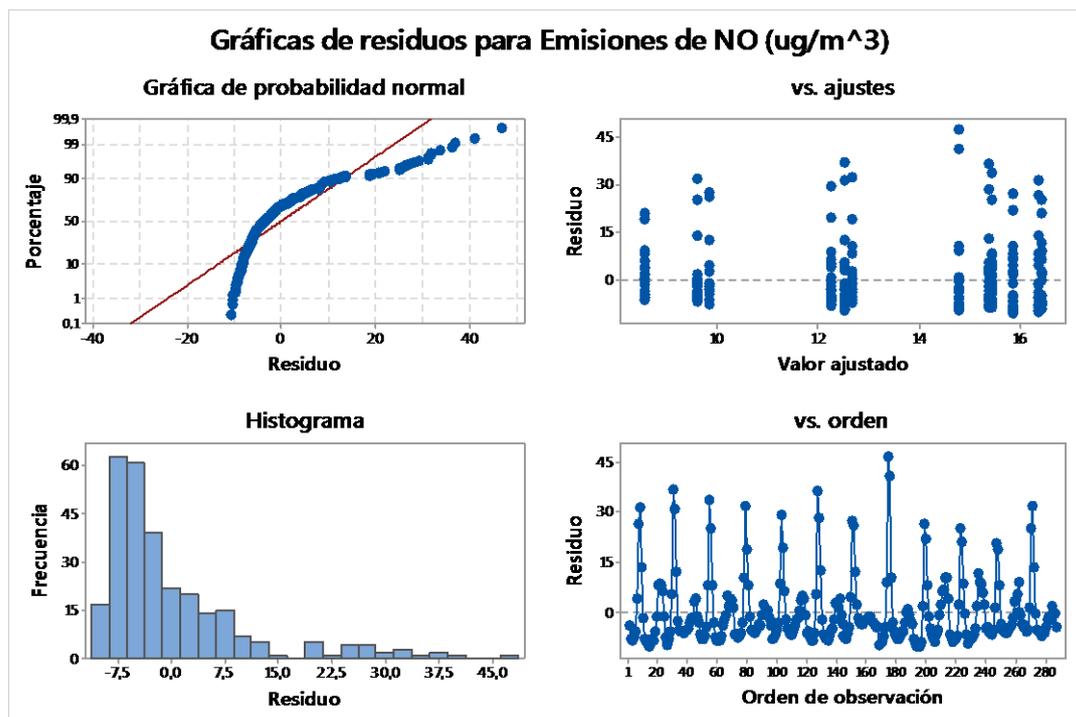


Figura 72: Gráfica de residuos para las diferentes muestras (meses) de NO. Fuente: Autores

#### 5.4.1.4. ANOVA unidireccional para el Dióxido de Nitrógeno

En la Tabla 25 se presenta el resultado del análisis de varianza con un valor de  $p=0,000$ , aceptando la hipótesis alternativa, debido a que este valor es menor al nivel de significancia, entonces se concluiría que no todas las medias mensuales de emisiones de  $\text{NO}_2$  son iguales.

Tabla 25: Valor de p para el ANOVA de emisiones de  $\text{NO}_2$ . Fuente: Autores

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Meses	11	5933	539,41	15,54	0,000
Error	276	9581	34,71		
Total	287	15514			

Por otra parte, en la Figura 73 se presenta las gráficas de residuos para emisiones de NO<sub>2</sub> realizada en el software estadístico Minitab, en el cual se puede evidenciar la normalidad de los residuos, ya que tienden a seguir la línea de regresión, además el histograma de valores residuales tiende a la forma de la Campana de Gauss. En la gráfica de residuos vs valor ajustado no se observa acumulaciones de puntos, por lo tanto, se considera el supuesto de varianza constante. Por último, en la gráfica de residuos vs orden se observa que los puntos se encuentran dispersos en un patrón aleatorio alrededor de la línea de cero y no existe acumulaciones de puntos.

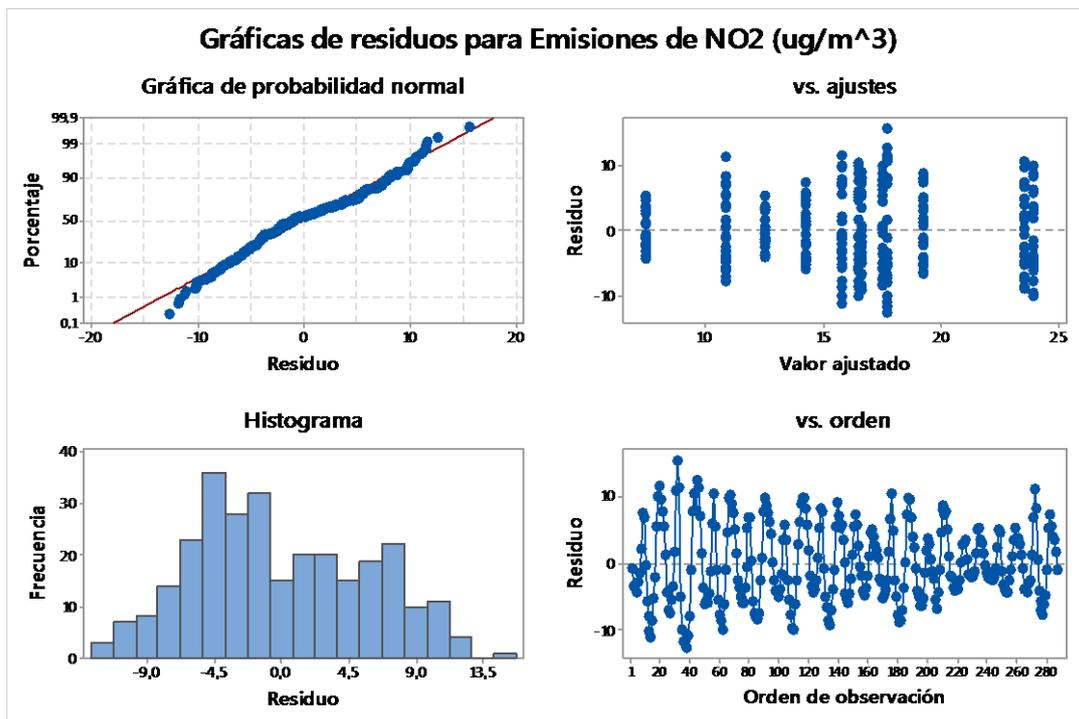


Figura 73: Grafica de residuos para las diferentes muestras (meses) de NO<sub>2</sub>. Fuente: Autores

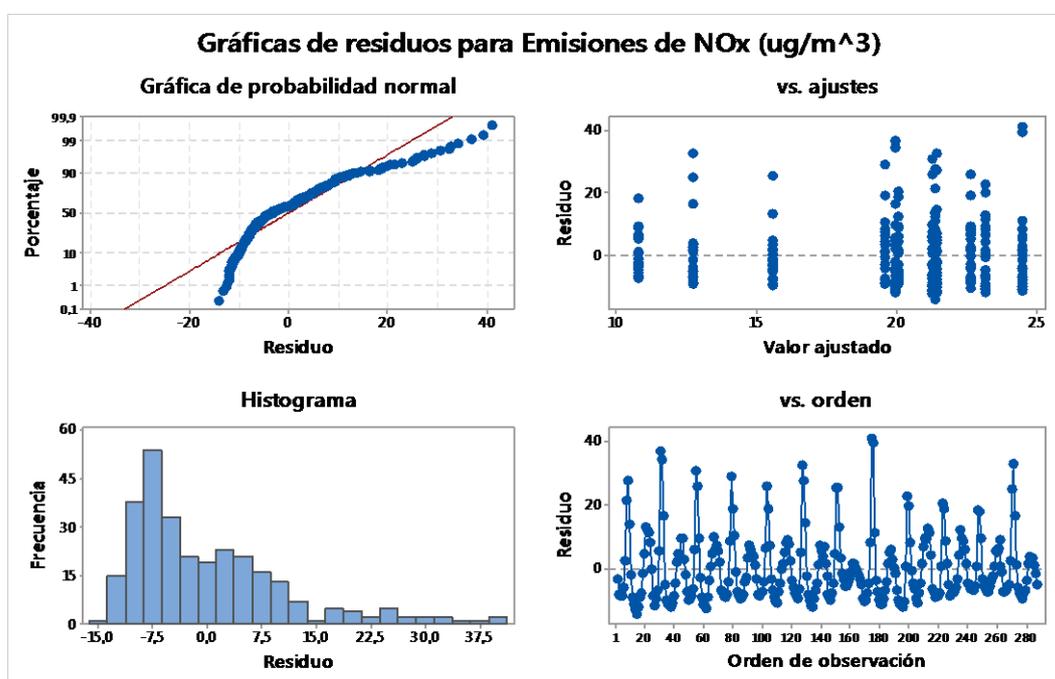
#### 5.4.1.5. ANOVA unidireccional para el Óxido de Nitrógeno

Para efectuar el ANOVA unidireccional se plantea dos hipótesis: hipótesis nula (todas las medias de meses de emisión del NO<sub>x</sub> son iguales) e hipótesis alternativa (al menos una o más de las medias de los meses de emisiones de Óxido de Nitrógeno son diferentes). En la Tabla 26 se presenta el resultado del análisis de varianza con un valor de  $p=0.000$ , aceptando la hipótesis alternativa, debido a que este valor es menor al nivel de significancia, entonces se concluye que no todas las medias mensuales de emisiones de NO<sub>x</sub> son iguales.

**Tabla 26:** Valor de p para el ANOVA de emisiones de NO<sub>x</sub>. **Fuente:** Autores

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Meses	11	4725	429,5	3,62	0,000
Error	276	32776	118,8		
Total	287	37501			

En cuanto al comportamiento de los residuos los resultados se presentan en la Figura 74 se observa en la gráfica de probabilidad normal, que los datos tienden a aproximarse a una línea recta, por consiguiente, se acepta la normalidad de los datos. En la gráfica de residuo vs ajustes se visualiza que los datos se distribuyen de forma aleatoria vertical, por esta razón se acepta el supuesto de una varianza constante.



**Figura 74:** Grafica de residuos para las diferentes muestras (meses) de NO<sub>x</sub>. **Fuente:** Autores

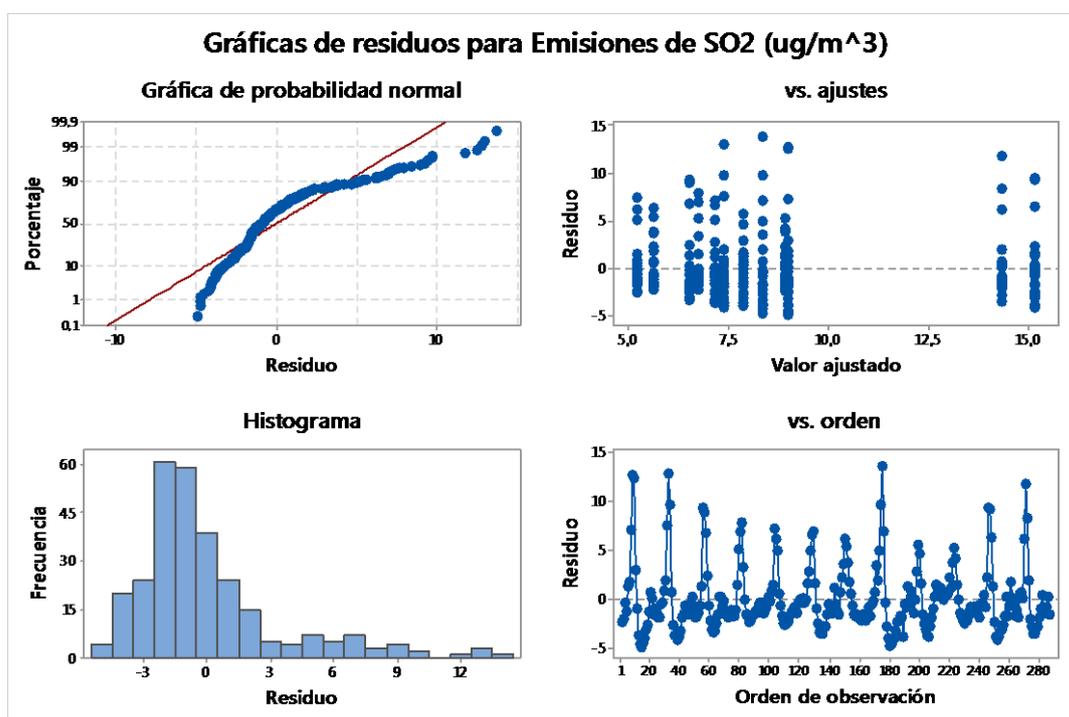
#### 5.4.1.6. ANOVA unidireccional para el Dióxido de Azufre

Esta técnica de análisis ayuda a entender si existe o no diferencias significativas entre las medias de emisiones de SO<sub>2</sub> de los diferentes meses de análisis. Para ello en la Tabla 27 se presenta el resultado del análisis de varianza con un valor de p=0,000, aceptando la hipótesis alternativa, debido a que este valor es menor al nivel de  $\alpha$ , entonces se determina que no todas las medias mensuales de emisiones de SO<sub>2</sub> son iguales.

**Tabla 27:** Valor de p para el ANOVA de emisiones de SO<sub>2</sub>. **Fuente:** Autores

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Meses	11	2601	236,48	19,64	0,000
Error	276	3323	12,04		
Total	287	5924			

Por otra parte, en la Figura 75 se presenta las gráficas de residuos para las emisiones de Dióxido de Azufre con los siguientes resultados: en la gráfica de probabilidad normal se puede evidenciar la normalidad de los residuos, ya que tienden a seguir la línea de regresión, en el histograma de residuos tiende a comportarse conforme se ajusten los puntos a la recta con un valor de residuo mayormente repetidas 61 veces entre el rango (-2,5 a -1,5), seguida de 59 veces entre en rango de (-1,5 a -0,5) y así sucesivamente, además en la gráfica de residuos vs valor ajustado no se observa acumulaciones de puntos, por lo tanto se considera el supuesto de varianza constante, finalmente en la gráfica de residuos vs orden los puntos se encuentran distribuidos alrededor de la línea de cero y presenta la inexistencia de acumulaciones.



**Figura 75:** Grafica de residuos para las diferentes muestras (meses) de SO<sub>2</sub>. **Fuente:** Autores

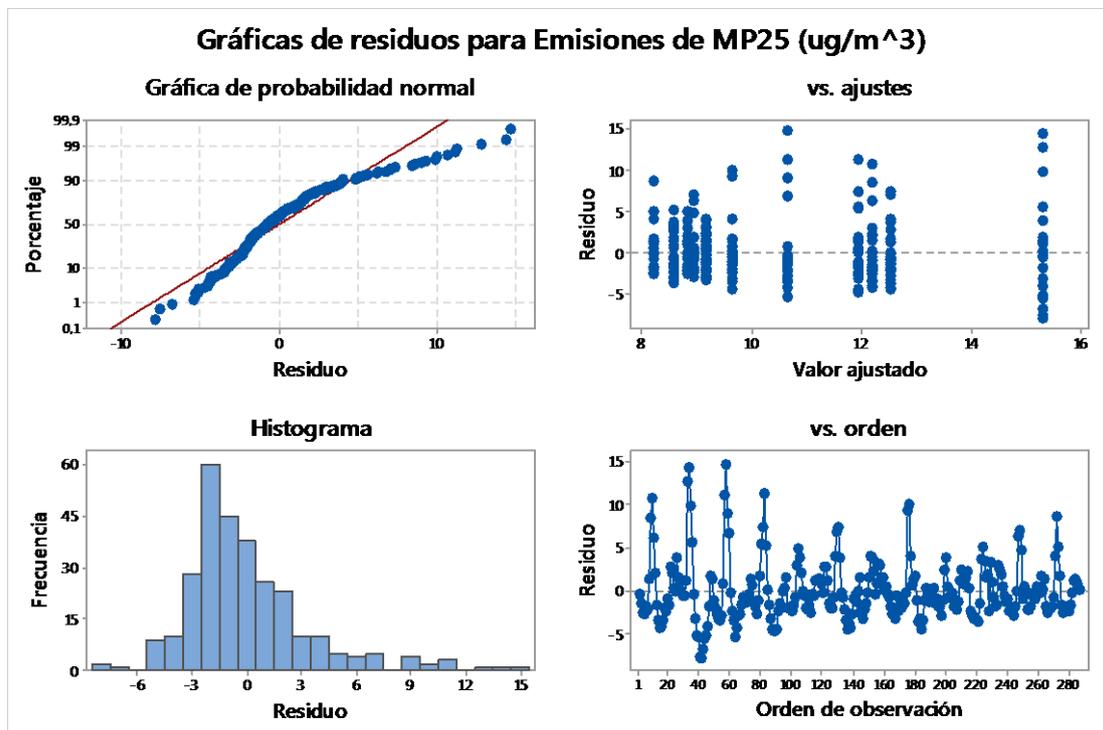
### 5.4.1.7. ANOVA unidireccional para el Material Particulado (MP<sub>2.5</sub>)

El valor de  $p$  para ANOVA es 0,00 entonces, es menor al nivel de  $\alpha=0,05$ , por lo tanto, hay diferencia significativa entre uno o más meses de las emisiones contaminantes del MP<sub>2.5</sub>.

**Tabla 28:** Valor de  $p$  para el ANOVA de emisiones de MP<sub>2.5</sub>. **Fuente:** Autores

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Meses	11	1214	110,36	8,75	0,000
Error	276	3481	12,61		
Total	287	4695			

En cuanto al comportamiento de los residuos los resultados se presentan en la Figura 76 y se observa en la gráfica de probabilidad normal que los datos tienden a aproximarse a una línea recta por consiguiente se acepta la normalidad de los datos. En la gráfica de residuo vs ajustes se visualiza que los datos se distribuyen de forma aleatoria vertical por esta razón se acepta el supuesto de una varianza constante.



**Figura 76:** Grafica de residuos para las diferentes muestras (meses) de MP<sub>2.5</sub>. **Fuente:** Autores

## 5.4.2. Preparación de datos para el Análisis Multivariante por Componentes Principales (PCA)

En esta sección se realiza una preparación de datos para el análisis por Componentes principales. Para este análisis se toma la decisión realizada en el capítulo 2, considerando que existe la ausencia de datos de gases contaminantes en el mes de febrero (6 días) y junio del 2018 (13 días), por lo tanto, se usan los datos existentes en los meses mencionados. Además, mediante el ANOVA realizado anteriormente se determina que las medias de los meses de análisis son significativamente diferentes, por esta razón no se puede elegir un mes representativo, por eso para el análisis de PCA se elige las medias de todos los meses.

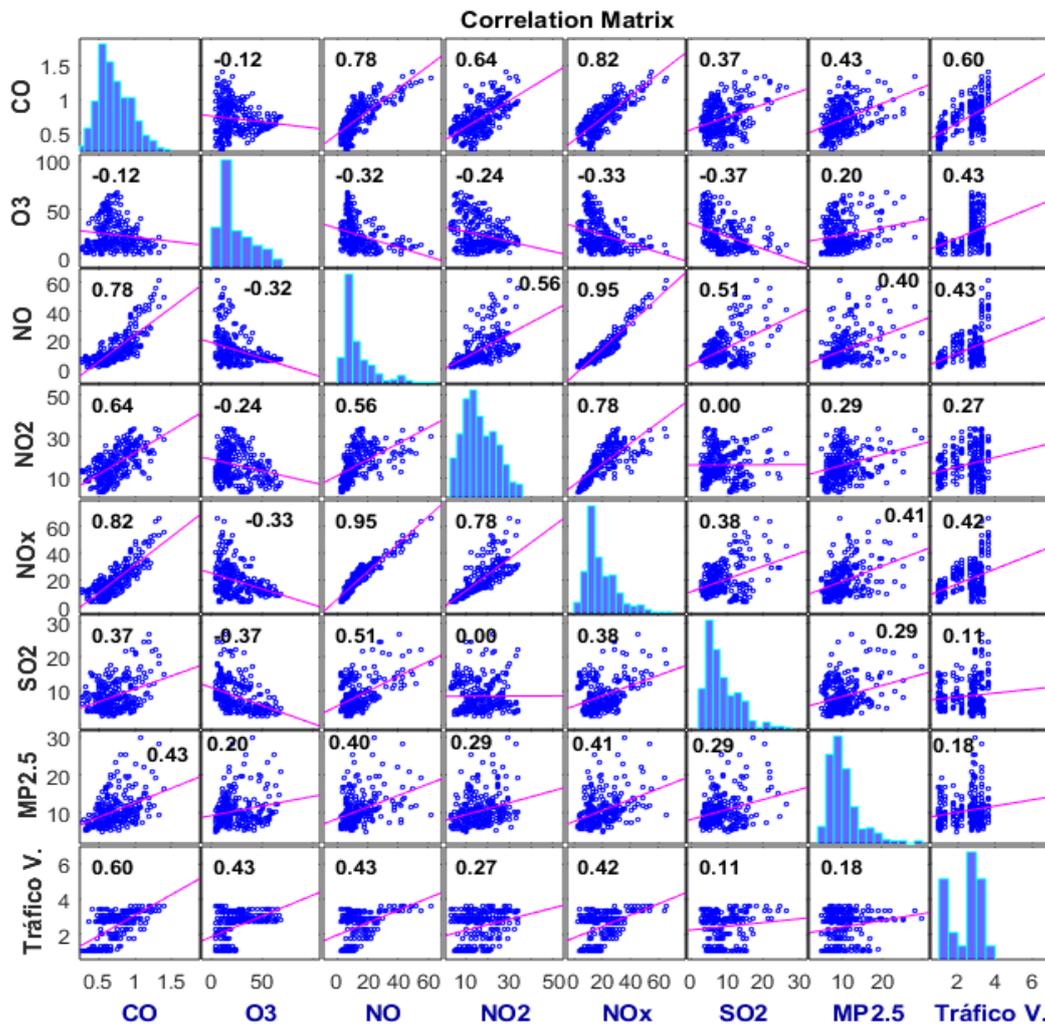
### 5.4.2.1. Análisis de la relación entre gases contaminantes y el tráfico vehicular

Se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson para lograr resultados lo más precisos posibles de la influencia del tráfico vehicular sobre la calidad del aire, también uno de los métodos más conocidos para determinar las relaciones bivariante es el grafico de dispersión. El grafico de dispersión presentado en la Figura 77 contiene los siete gases contaminantes: Monóxido de Carbono, Ozono Troposférico, Óxido Nítrico, Dióxido de Nitrógeno, Óxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre y Material Particulado (MP<sub>2,5</sub>) y el tráfico vehicular. Si los puntos en la gráfica de dispersión se forman a lo largo de la línea de regresión se considera una correlación lineal positiva (+1) o negativa (-1) perfecta, como es el caso de la relación entre el NO<sub>x</sub> y el NO existe una relación de 0,95 y con un valor de relación entre el CO y el NO<sub>x</sub> de 0,82. Por otra parte, existe una ausencia de relación entre el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>2</sub> con un valor de relación igual a cero. En la Tabla 29 se presenta la relación que existe entre el tráfico vehicular y los gases contaminantes.

**Tabla 29:** Relación del tráfico vehicular sobre la calidad del aire mediante los coeficientes de correlación de Pearson.  
**Fuente:** Autores

Presentación de la Correlación	Resultados
Correlación muy débil (0,00 a 0,19)	Tráfico V. vs SO <sub>2</sub> (0.11) y Tráfico V. vs MP <sub>2,5</sub> (0.18)
Correlación débil (0.20 a 0.39)	Trafico V. vs NO <sub>2</sub> (0.27)

<b>Correlación moderada (0.40 a 0.69)</b>	Trafico V. vs CO (0.60), Trafico V. vs NO (0.43), Tráfico vs NO <sub>x</sub> (0.42) y Tráfico V. vs O <sub>3</sub> .
<b>Correlación fuerte (0.70 a 0.89)</b>	CO vs NO <sub>x</sub> (0.82), CO vs NO (0.82), NO <sub>2</sub> vs NO <sub>x</sub> (0.78)
<b>Correlación muy fuerte (0.90 a 1.00)</b>	NO vs NO <sub>x</sub> (0.95)



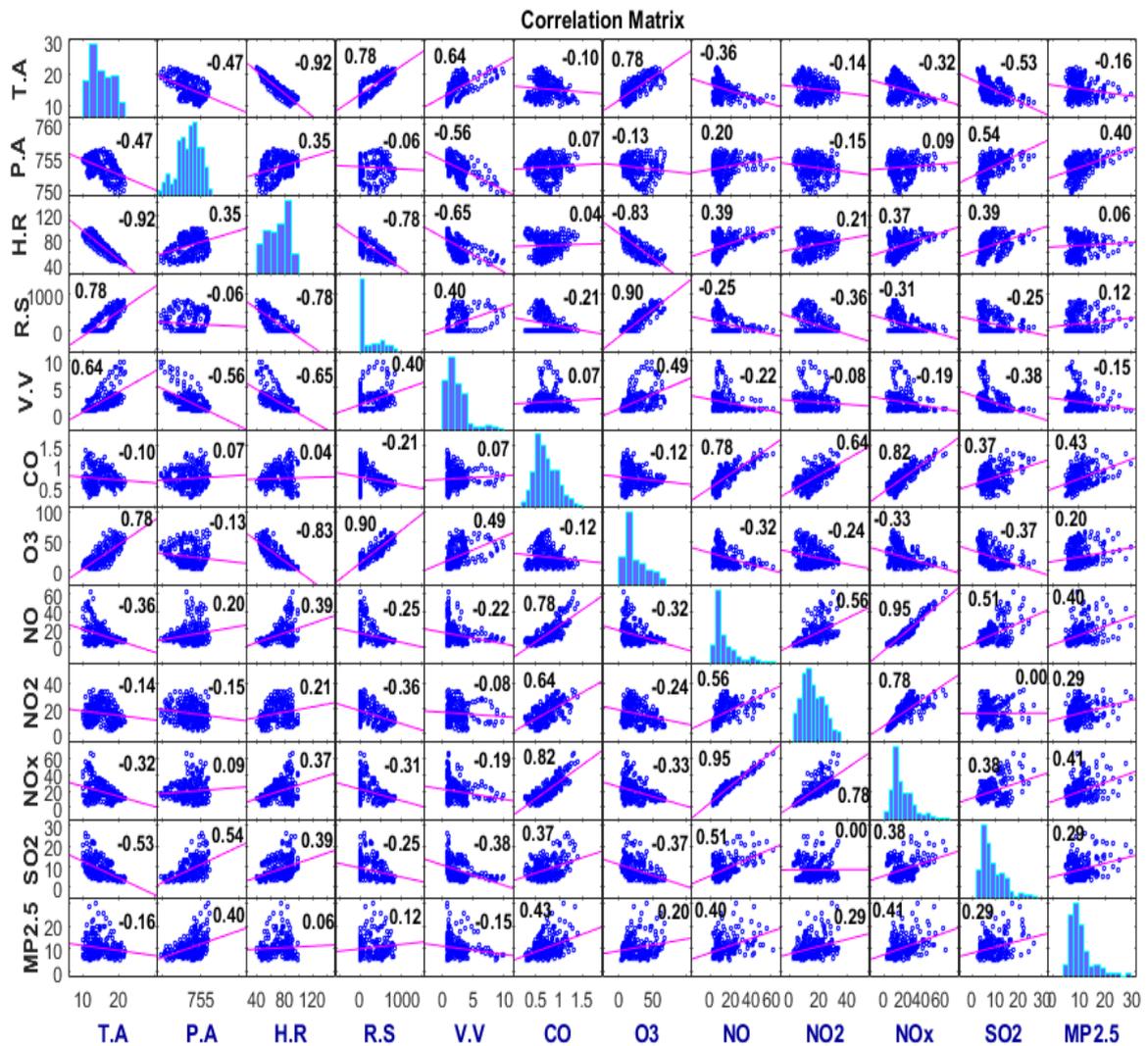
**Figura 77:** Gráficas de dispersión y valores de correlación entre el tráfico vehicular y los gases contaminantes.  
Fuente: Autores

### 5.4.2.2. Análisis de la relación entre variables meteorológicas y emisiones contaminantes

En la Figura 78 se presenta la gráfica de dispersión de las emisiones contaminantes y las variables meteorológicas, el cual los puntos representan los correspondientes valores de las variables. El resultado de la relación que existe entre las diferentes variables de entrada vs variables de salida se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 30:** Correlación entre variables meteorológicas y emisiones Contaminantes. **Fuente:** Autores

<b>Correlación muy débil (0,00 a 0,19)</b>	T.A vs CO (-0.10), P.A vs CO (0.07), H.R vs CO (0.04), V.V vs CO (0.07), P.A vs O <sub>3</sub> (-0.13), T.A vs NO <sub>2</sub> (-0.14), P.A vs NO <sub>2</sub> (-0.15), V.V vs NO <sub>2</sub> (-0.08), P.A vs NO <sub>x</sub> (0.09), V.V vs NO <sub>x</sub> (-0.19), T.A vs MP <sub>2.5</sub> (-0.16), H.R vs MP <sub>2.5</sub> (0.06), R.S vs MP <sub>2.5</sub> (0.12), V.V vs MP <sub>2.5</sub> (-0.15)
<b>Correlación débil (0.20 a 0.39)</b>	R.S vs CO (-0.21), T.A vs NO (-0.36), P.A vs NO (0.20), H.R vs NO (0.39), R.S vs NO (-0.25), V.V vs NO (-0.22), H.R vs NO <sub>2</sub> (0.21), R.S vs NO <sub>2</sub> (-0.36), T.A vs NO <sub>x</sub> (-0.32), H.R vs NO <sub>x</sub> (0.37), R.S vs NO <sub>x</sub> (-0.31), H.R vs SO <sub>2</sub> (0.39), R.S vs SO <sub>2</sub> (-0.25), V.V vs SO <sub>2</sub> (-0.38).
<b>Correlación moderada (0.40 a 0.69)</b>	V.V vs O <sub>3</sub> (0.49), T.A vs SO <sub>2</sub> (-0.53), P.A vs SO <sub>2</sub> (0.54), P.A vs MP <sub>2.5</sub> (0.40)
<b>Correlación fuerte (0.70 a 0.89)</b>	T.A vs O <sub>3</sub> (0.78), H.R vs O <sub>3</sub> (-0.83)
<b>Correlación muy fuerte (0.90 a 1.00)</b>	R.S vs O <sub>3</sub> (0.90)



**Figura 78:** Gráficas de dispersión y valores de correlación entre variables atmosféricas y los gases contaminantes.  
**Fuente:** Autores

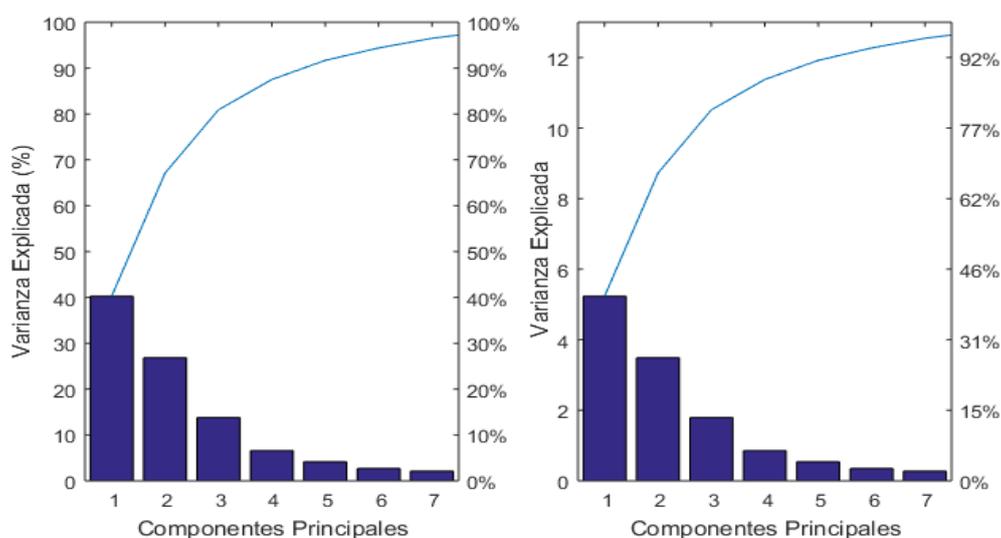
### 5.4.3. Algoritmo para el Análisis por Componentes Principales (PCA)

El objetivo principal del PCA es de reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos que consiste en un gran número de variables intercorrelacionadas, mientras retiene la mayor cantidad posible de la variación presente en el conjunto de datos sin la mayor pérdida de información. Esto se logra transformando a un conjunto de variables, los componentes principales (PC) que no están correlacionados, y están ordenados de modo que los primeros conserven la mayor parte de la variación presente en todas las variables originales. (Jolliffe, 2002, pp. 1-4).

El PCA se realiza en el software matemático MATLAB ® y cada variable contiene 288 datos, con un total de 3744 datos en conjunto con las 13 variables, el algoritmo utilizado se explica en la sección de ANEXOS.

#### 5.4.4. Grafica de sedimentación

El criterio más fácil para elegir los componentes principales que contienen el mayor porcentaje de varianza explicada, es seleccionar el porcentaje acumulativo (%) de la variación total a la que se desea que contribuyan las PC seleccionadas, este porcentaje es de 80% o 90% del valor acumulado, entonces los números de componentes principales son los que contienen el valor más pequeño para el cual se excede el porcentaje elegido. Por otra parte, según el criterio de Kaiser los PC elegidos contienen valores propios mayores que 1. A partir de estos dos criterios se elige los primeros 3 componentes principales. En la Figura 79 se presenta específicamente los primeros 7 componentes principales (en lugar de las 13 PC), debido a que explican aproximadamente el 96,50% de la varianza total. El primer componente explica el 40.25% de la varianza (ver Tabla 31), el segundo componente principal explica el 26,85% de la varianza y finalmente el tercer componente explica el 13.80% de la varianza, por lo tanto, los primeros tres componentes explican una aproximación del 81% de la variabilidad total y es equivalente a pasar de 13 variables a solamente 3 CP. Además, las variables que tienen más correlación con el primer CP son (ver Tabla 32): la temperatura del aire (0,379), Humedad Relativa (-0.374), Radiación solar (0.33), Ozono (0.342), y Óxido Nítrico (-0.309), cabe recalcar que el primer componente se correlaciona positivamente con la T.A, R.S y O<sub>3</sub>. Por último, es importante mencionar que mientras mayor es el valor absoluto del coeficiente más importante es dicha variable en el cálculo de las CP.



**Figura 79:** 95% de los datos expresada mediante el diagrama de Pareto. **Fuente:** Autores

**Tabla 31:** Determinación del número de CP a partir de los valores propios. **Fuente:** Autores

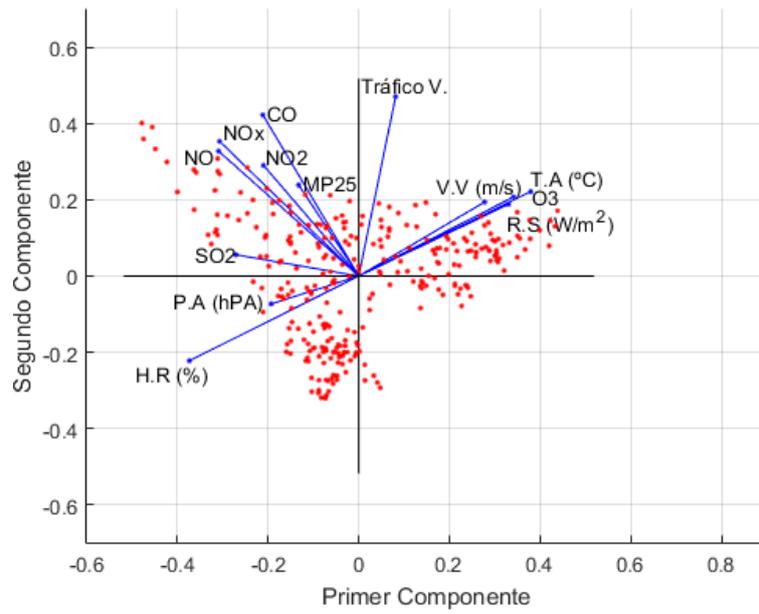
N°	VALOR PROPIO	% Proporción	% Acumulada
1	5,233053506	40,2542577	40,30
2	3,491244513	26,855727	67,00
3	1,794389365	13,8029951	80,90
4	0,858382298	6,60294076	87,50
5	0,541593009	4,16610007	91,70
6	0,352314876	2,71011443	94,40
7	0,274106258	2,10850968	96,50
8	0,188376876	1,44905289	97,90
9	0,118352864	0,91040665	98,90
10	0,082081031	0,63139255	99,50
11	0,038764345	0,29818727	99,80
12	0,026640005	0,20492311	100,00
13	0,000701054	0,00539272	100,00

**Tabla 32:** Coeficientes de las Componentes Principales. **Fuente:** Autores

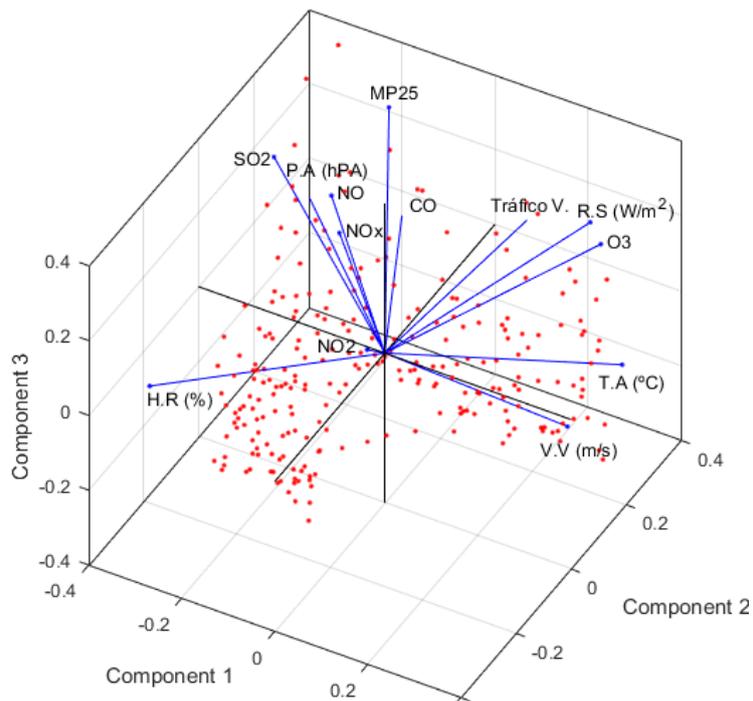
Variables	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	PC12	PC13
T.A	0,379	0,222	-0,054	-0,025	0,196	-0,11	-0,07	-0,068	0,3	0,433	0,516	-0,446	-0,024
P.A	-0,193	-0,073	0,584	0,015	0,105	-0,42	0,584	0,22	0,163	0,068	-0,016	-0,09	0,001
H.R	-0,374	-0,223	-0,062	0,072	0,02	0,351	0,13	0,107	0,171	-0,401	0,677	-0,029	-0,034
R.S	0,33	0,189	0,334	0,029	0,231	0,368	0,002	0,253	0,04	0,163	0,148	0,663	-0,013
V.V	0,278	0,194	-0,24	-0,181	-0,701	0,08	0,365	0,35	0,196	-0,051	-0,01	0,004	0,001
CO	-0,211	0,423	-0,068	-0,105	-0,187	-0,357	0,136	-0,359	-0,407	0,065	0,404	0,343	-0,017
O3	0,342	0,208	0,264	0,224	0,014	0,095	0,025	0,183	-0,61	-0,385	0,084	-0,386	0,008
NO	-0,309	0,328	0,002	-0,135	0,104	0,466	0,246	-0,076	-0,094	0,239	-0,2	-0,221	-0,574
NO2	-0,21	0,291	-0,334	0,413	0,17	-0,334	-0,197	0,571	0,062	-0,03	-0,023	0,085	-0,267
NOX	-0,307	0,354	-0,119	0,052	0,142	0,242	0,125	0,13	-0,03	0,17	-0,103	-0,126	0,772
SO2	-0,271	0,056	0,356	-0,53	-0,219	-0,036	-0,551	0,355	-0,071	0,091	0,101	-0,114	0,01
MP2.5	-0,132	0,239	0,393	0,57	-0,441	0,106	-0,254	-0,279	0,307	0,014	-0,039	-0,036	-0,007
Trafico V.	0,081	0,472	0,049	-0,319	0,258	-0,098	-0,048	-0,185	0,404	-0,608	-0,142	0,006	-0,001

#### 5.4.5. Análisis de la gráfica de doble proyección de los dos primeros componentes

En las siguientes Figuras 80 y 81 muestran la conglomeración de las variables de ruido, variable de entrada y variables de respuesta en 2D (CP1 y CP2) Y 3D (CP1, CP2 y CP3). El alcance de cada una de las variables que se muestra es directamente proporcional a su longitud vectorial a partir de su punto de origen, y así mismo el ángulo entre dos variables es inversamente proporcional a la correlación entre ellas (a menor ángulo existe una mayor relación y a mayor ángulo menor relación). por ejemplo, el ángulo entre las variables (NO vs NOX) y (RS vs O3) es muy pequeño, mostrando una alta correlación, mientras que las variables como (PA, HR, VV) no están nada relacionados con el tráfico vehicular.



**Figura 80:** Puntuaciones de los dos primeros componentes principales. **Fuente:** Autores



**Figura 81:** Puntuaciones de los 3 primeros componentes principales. **Fuente:** Autores

## 6. CONCLUSIONES

- En este proyecto se analizó la incidencia del tráfico vehicular y su relación con la calidad del aire en el Centro Histórico. La contaminación causada por los vehículos en el Centro Histórico aporta al nivel del cantón Cuenca los siguientes resultados: CO (60%), NO (43%), NO<sub>2</sub> (27%), NO<sub>x</sub> (42%), SO<sub>2</sub> (11%) y MP<sub>2.5</sub> (18%).
- Los horarios con mayores emisiones de gases contaminantes emitidas a la atmosfera desarrollados en el capítulo 3 proporcionaron resultados relevantes, el horario de mayor emisión tiene lugar entre las 6:00 horas a 9:00 horas con valores picos registrados a las 7:00 horas para todos los meses de análisis a excepción de los meses de agosto del 2017 y julio del 2018 que muestra valores picos a las 8:00 horas, el motivo del desfase horario se debe a la finalización de las actividades académicas. Además, a las 14:00 horas las concentraciones de gases son menores, por otra parte, hay aumento de emisiones entre las 17:00 horas a 19:00 horas debido a la finalización de las actividades laborales.
- Se verificó los índices de tráfico vehicular que existe gran variación del flujo vehicular en el sector del Centro Histórico en la cual se concluye que las horas pico son a las 7:00 horas a 8:00 horas, 12:00 horas a 13:00 horas y de 18:00 horas a 19:00 horas, por lo que coincide con el inicio y final de la jornada laboral.
- Los resultados de la caracterización de las emisiones contaminantes demuestran que en la semana laboral se producen las mayores concentraciones de CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP<sub>2.5</sub> mientras que en el fin de semana hay disminuciones de emisiones. Por otro lado, el O<sub>3</sub> tiene el mismo comportamiento para toda la semana.
- Con respecto a la incidencia de la meteorología sobre los gases contaminantes se obtuvo que la radiación solar y la temperatura ambiente tienen mayor influencia sobre el O<sub>3</sub> con valores de 90% y 78% respectivamente. Por otra parte, la temperatura del aire tiene un gran efecto sobre la Humedad relativa de un 92%.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda efectuar un análisis de la matriz de movilidad y su relación con la calidad del aire, en las demás estaciones de la ciudad de Cuenca durante el año siguiente, para así poder comparar el comportamiento de los parámetros muestreados por cada estación y realizar análisis con otros métodos estadísticos, por ejemplo: como el análisis factorial, discriminante, análisis de K medias, etc.
- También se recomienda complementar el análisis con los datos de los siguientes gases contaminantes:  $MP_{10}$ , COV y PS que también son contaminantes de interés para la salud pública y el ambiente.
- Finalmente, se recomienda realizar estudios futuros sobre la calidad del aire debido al incremento del precio del galón de la gasolina Súper, por lo que incrementaría el consumo del combustible ECOPAÍS.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Montaña, E. I., & Ludeña Ayala, J. A. (2018). *Estimación del consumo de combustible y niveles de emisiones contaminantes de un vehículo de categoría M1 en rutas con mayor grado de saturación en la ciudad de Cuenca*. Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Mecánica Automotriz, Cuenca. Recuperado el 17 de Agosto de 2018
- Bautista Margulis, R., Ramos Herrera, S., & Valdez Manzanilla, A. (23 de Marzo de 2010). Estudio estadístico de la correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona norte de Chiapas, México. México, México. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n1/v26n1a5.pdf>
- Casanova García, Z. (2017). *Análisis de los principales gases contaminantes en España mediante modelos de regresión*. Universitat Politècnica de València, Valencia, España.
- Cintas, P. G., Almagro, L. M., & Martorell Llabrés, X. T. (2012). *Industrial Statistics with Minitab*. Barcelona, España: WILEY.
- Cuenca, G. M. (2015). *Plan de Movilidad y Espacios Público*. Cuenca.
- EMOV. (2016). *Informe de Calidad del aire en la ciudad de Cuenca durante el año 2016*. Empresa Pública de Movilidad (EMOV), Cuenca. Recuperado el 17 de Agosto de 2018
- Espinoza Molina, A. (2011). Diseño de un sistema de información geográfica para la Red de Monitoreo Ambiental de la ciudad de Cuenca. (*Tesis de Postgrado*). Universidad San Francisco de Quito, Cuenca, Azuay, Ecuador.
- F. Payri, J. M. (2011). *Motores de combustión interna interna alternativos*. España: ER Editorial Reverte.
- Garreaud, R., & Rutllant, J. (2006). Factores Meteorológicos de la Contaminación Atmosférica en Santiago. *Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica en Santiago*. Universidad del Chile, Chile, Chile.
- Gómez Iniesta, R., & Franco Sandoval, P. (2009). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas* (Primera ed.). Tlalpan, México, México.
- Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. (2004). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda ed.). México, México: Mc Graw-Hill.
- Jerves, R., & Arcos Armijos, F. (23 de Marzo de 2016). ANÁLISIS Y REVISIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE CUENCA, ECUADOR. *La granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Recuperado el 20 de Agosto de 2018
- Jolliffe, I. (2002). *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* (Segunda ed.). New York, Estados Unidos. Recuperado el 31 de Octubre de 2018
- León Bacuilima, P. A., & Piña Orellana, C. (2018). *Predicción de emisiones contaminantes de gases de escape a través de la Presión Media Efectiva empleando redes neuronales en Motores de Encendido Provocado*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Limas Moya, D. C. (2016). Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire por NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en plazas históricas del mercado de Lima. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

- MathWorks®. (2018). *Análisis de Componentes Principales (PCA)*. Obtenido de Documentación: <https://la.mathworks.com/help/stats/principal-component-analysis-pca.html>
- MathWorks®, I. (2018). *MATLAB*. Obtenido de MATLAB: <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2010). *Plan Nacional de la Calidad del Aire*. Ministerio del Ambiente, Quito.
- Moscoso Vanegas, D. L., Vázquez Freire, V. E., & Astudillo Alemán, A. L. (2015). *Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca-Ecuador*. Cuenca, Azuay, Ecuador . Recuperado el 18 de Agosto de 2018
- Ortiz Vallejo, M. A. (2015). *Estudio comparativo del uso del Diesel entre Europa y Ecuador, utilizado para motores de vehículos*. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Pabón Ángel, H. J. (2010). Probabilidad y estadística con MATLAB. *Programa de Ingeniería* . Universidad de Cundinamarca.
- Parra, R. (2014). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca 2014*. Inventario , Empresa Pública de Movilidad (EMOV), Cuenca . Recuperado el 10 de Agosto de 2018
- Rodríguez Rodríguez, L. D., & Zegarra Nureña, C. A. (2010). DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DE DIÓXIDO DE AZUFRE EN LOS PUNTOS CRÍTICOS DE CONGESTIÓN VEHICULAR EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE TRUJILLO. *Tesis de Pregrado*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo , Peru.
- Rovira, A., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *Motores de combustión interna*. Madrid, España. Recuperado el 17 de Agosto de 2018
- Urgilés Sánchez, L. E., & Erreyes Erreyes, J. L. (2018). *Análisis de la influencia del combustible ECOPAÍS en emisiones contaminantes y prestaciones de un vehículo Chevrolet Grand Vitara como prototipo en la ciudad de Cuenca*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Azuay , Ecuador .
- Venegas, L., & Mazzeo, N. (2015). *La velocidad del viento y la dispersión de contaminantes en la atmósfera*. Universidad Tecnológica Nacional, Departamento de Ingeniería Química, Argetina.

## 9. ANEXOS

**Tabla A- 1:** Datos del Monóxido de Carbono (mg/m<sup>3</sup>) emitidos durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** EMOV

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORAS	CO																														
12:00 AM	1,11	0,56	0,94	0,52	0,44	1,86	0,31	0,59	0,87	0,90	1,47	0,52	1,08	0,48	0,81	0,62	0,84	0,71	1,00	1,28	0,93	0,55	0,82	0,96	0,54	1,14	1,00	0,46	0,62	1,03	0,79
1:00 AM	0,82	0,44	0,86	0,50	0,50	1,39	0,31	0,50	0,96	0,99	0,99	0,56	0,94	0,44	0,78	0,62	0,70	0,73	0,96	1,15	0,84	0,51	0,63	0,85	0,56	1,25	0,86	0,42	0,54	0,85	0,68
2:00 AM	0,58	0,41	0,81	0,49	0,52	0,96	0,32	0,44	0,79	0,72	0,78	0,60	0,70	0,43	0,60	0,62	0,63	0,72	0,90	1,02	0,88	0,50	0,64	0,73	0,45	1,13	0,88	0,38	0,56	0,69	0,62
3:00 AM	0,47	0,37	0,59	0,48	0,57	0,80	0,33	0,37	0,74	0,69	0,69	0,63	0,71	0,40	0,67	0,61	0,59	0,71	0,83	0,88	0,85	0,49	0,64	0,62	0,47	0,71	0,92	0,35	0,53	0,56	0,53
4:00 AM	0,42	0,47	0,41	0,48	0,55	0,70	0,36	0,39	0,67	0,57	0,64	0,62	0,66	0,44	0,76	0,59	0,59	0,71	0,73	0,88	0,81	0,57	0,58	0,61	0,41	0,84	0,86	0,33	0,61	0,70	0,42
5:00 AM	0,53	0,47	0,48	0,45	0,51	0,75	0,46	0,39	0,65	0,62	0,67	0,59	0,73	0,45	0,71	0,62	0,64	0,71	0,76	0,81	0,77	0,55	0,65	0,64	0,52	0,59	0,78	0,38	0,53	0,59	0,51
6:00 AM	0,75	0,70	0,71	0,64	0,62	1,01	0,61	0,44	0,74	0,83	0,75	0,77	0,80	0,57	0,80	0,77	0,84	0,82	0,89	0,94	0,93	0,66	0,81	0,81	0,58	0,73	0,71	0,47	0,68	0,80	0,68
7:00 AM	1,19	1,34	1,13	0,81	0,95	0,99	1,03	0,89	1,39	1,21	0,92	0,89	0,94	0,85	1,22	1,25	1,11	0,99	0,95	1,14	1,38	0,86	1,18	1,38	1,07	1,15	0,66	0,77	1,34	1,04	0,96
8:00 AM	1,75	1,64	1,69	0,54	1,16	0,92	1,21	1,24	1,91	1,04	0,89	1,13	0,78	1,03	1,67	1,71	1,13	1,41	1,07	1,10	1,72	1,01	1,26	1,42	1,27	1,73	0,64	1,17	1,65	0,90	0,73
9:00 AM	1,37	1,43	1,21	0,65	1,15	0,79	0,65	0,88	0,94	0,57	0,94	0,75	0,82	0,67	1,13	1,57	1,38	1,09	0,96	0,91	1,65	0,74	1,04	1,11	1,10	1,63	0,69	0,87	0,95	1,03	0,53
10:00 AM	1,07	1,08	0,54	0,72	0,92	0,56	0,55	0,66	0,64	0,61	1,21	0,69	0,53	0,68	0,70	1,04	0,71	0,95	0,84	1,01	1,23	0,89	0,76	0,80	0,64	0,60	0,43	0,59	1,16	0,98	0,56
11:00 AM	0,58	0,61	0,62	0,49	0,76	0,52	0,60	0,64	0,66	0,62	0,98	0,65	0,50	0,69	0,63	0,76	0,71	0,89	0,91	0,99	0,97	0,76	0,72	0,49	0,54	0,47	0,42	0,65	0,87	0,61	0,52
12:00 PM	0,57	0,51	0,68	0,57	0,72	0,47	0,52	0,51	0,68	0,75	0,57	0,49	0,45	0,70	0,65	0,65	0,69	0,78	0,92	0,91	1,05	0,85	0,76	0,50	0,81	0,49	0,46	0,77	0,71	0,54	0,51
1:00 PM	0,59	0,39	0,64	0,50	0,93	0,48	0,48	0,57	0,64	0,65	0,47	0,47	0,41	0,71	0,63	0,60	0,64	0,68	1,00	0,83	0,92	0,74	0,76	0,44	0,70	0,49	0,42	0,71	0,54	0,48	0,54
2:00 PM	0,49	0,49	0,46	0,52	0,64	0,40	0,52	0,62	0,57	0,69	0,43	0,47	0,38	0,68	0,65	0,62	0,61	0,67	1,08	0,75	0,86	0,72	0,82	0,55	0,55	0,43	0,37	0,61	0,65	0,57	0,52
3:00 PM	0,48	0,57	0,60	0,52	0,53	0,41	0,61	0,72	0,67	0,80	0,43	0,49	0,40	0,77	0,70	0,76	0,71	0,80	1,15	0,72	0,96	0,76	0,88	0,68	0,65	0,50	0,36	0,52	0,62	0,67	0,67
4:00 PM	0,63	0,59	0,73	0,74	0,69	0,43	0,73	0,64	0,92	0,79	0,53	0,56	0,41	0,79	0,82	0,75	0,80	1,07	1,23	0,71	0,86	0,86	0,91	0,76	0,79	0,54	0,37	0,69	0,68	0,82	0,70
5:00 PM	0,80	0,67	0,81	0,63	0,64	0,44	0,72	0,64	0,73	0,83	0,90	0,56	0,50	0,87	0,80	0,75	0,78	1,06	1,31	0,76	0,92	0,92	1,03	0,76	0,86	0,53	0,51	0,63	0,97	0,77	0,64
6:00 PM	1,12	0,81	0,98	0,90	0,88	0,47	0,91	0,84	1,20	0,88	0,82	0,71	0,51	1,23	0,91	0,97	1,03	0,96	1,39	0,81	1,17	1,01	0,97	0,85	1,07	0,57	0,62	0,88	1,64	0,89	0,72
7:00 PM	1,60	0,99	0,78	1,16	1,18	0,52	1,11	1,26	1,20	1,30	0,63	0,86	0,58	1,09	0,99	0,89	1,29	1,04	1,64	0,84	1,00	0,85	1,05	0,80	1,02	0,89	0,73	1,38	2,08	1,03	0,76
8:00 PM	1,77	1,25	0,78	1,05	1,67	0,56	1,00	1,63	1,38	2,02	0,63	1,07	0,56	0,96	0,81	0,79	1,30	1,05	1,97	1,12	0,85	0,80	1,43	0,75	1,19	1,16	0,73	1,68	2,93	0,82	0,59
9:00 PM	1,52	1,37	0,61	1,04	1,38	0,43	0,96	1,27	1,35	1,81	0,65	1,11	0,50	1,01	0,72	1,13	1,07	1,28	1,89	1,41	0,86	0,86	1,04	0,98	2,06	1,49	0,80	1,62	1,85	0,64	0,58
10:00 PM	1,13	1,56	0,54	0,87	1,99	0,39	0,87	1,15	1,24	1,44	0,78	1,30	0,42	1,04	0,93	1,22	0,95	1,21	2,09	1,32	0,70	0,84	1,46	0,94	1,75	1,52	0,66	1,15	1,48	1,17	0,51
11:00 PM	1,00	1,23	0,48	0,66	1,72	0,35	0,87	1,25	1,02	1,23	0,55	1,17	0,44	0,85	0,90	1,05	0,87	1,18	1,68	1,01	0,61	1,09	1,25	0,81	2,05	1,13	0,55	0,93	1,25	0,98	0,48

**Tabla A- 2:** Datos del Ozono Troposférico (ug/m<sup>3</sup>) emitidos durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** EMOV

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORA	O3																														
12:00 AM	5,85	7,41	5,30	18,68	24,10	5,38	40,24	15,55	5,60	5,51	5,29	28,94	5,40	17,00	6,95	14,52	7,30	13,27	7,16	6,14	10,82	47,75	13,24	9,66	9,50	4,33	4,48	12,22	4,34	4,17	5,40
1:00 AM	5,52	9,25	5,35	14,01	18,31	5,09	41,25	24,62	5,52	5,24	5,41	21,85	5,23	16,37	7,60	13,93	8,46	11,50	7,68	6,55	11,49	53,36	20,15	14,22	7,13	4,19	4,93	13,84	4,96	4,17	4,52
2:00 AM	6,93	8,30	5,54	9,36	13,93	4,77	38,22	33,65	5,26	6,85	5,36	14,78	7,05	8,80	15,28	13,34	10,94	8,58	7,00	6,95	6,36	54,44	17,91	18,77	13,39	4,10	4,45	15,45	4,56	4,11	5,30
3:00 AM	9,07	9,14	6,46	9,80	8,66	5,35	28,92	32,41	5,10	5,80	5,03	8,75	5,59	8,82	10,32	13,25	8,98	8,04	6,35	6,76	7,12	49,37	13,52	10,81	6,19	4,21	4,08	17,21	4,12	4,75	10,69
4:00 AM	10,29	5,31	8,56	8,42	7,75	5,05	24,45	31,72	5,47	7,86	5,16	6,73	5,72	8,67	6,97	14,40	10,65	6,95	8,38	6,15	8,03	40,88	15,91	12,89	10,66	4,05	3,65	16,50	4,13	3,91	15,27
5:00 AM	6,20	5,59	6,88	9,78	6,16	5,72	17,59	28,60	5,65	8,32	5,28	6,55	5,58	9,51	7,49	7,05	7,11	8,85	8,31	7,38	5,16	38,57	8,86	8,60	5,40	4,22	3,80	7,57	3,87	3,97	10,57
6:00 AM	6,07	5,82	5,70	7,28	5,53	5,36	10,58	24,04	6,03	5,84	5,87	5,53	6,09	8,06	6,98	7,77	6,21	10,11	6,60	6,47	6,04	29,45	6,55	6,51	5,96	4,47	5,52	4,39	4,18	4,57	8,34
7:00 AM	10,12	8,07	9,08	12,20	7,27	7,58	9,25	15,28	7,75	11,09	6,85	7,47	7,40	13,49	9,53	8,63	8,93	14,90	12,63	7,32	8,77	25,72	10,70	9,52	7,66	5,41	12,78	6,71	5,46	8,89	18,72
8:00 AM	15,81	16,00	13,30	33,05	9,02	13,43	17,50	19,41	9,40	31,99	9,79	10,62	15,77	25,07	20,36	9,93	18,68	21,21	21,94	15,03	9,39	31,64	22,85	19,18	11,36	8,53	22,22	10,02	9,60	23,68	49,22
9:00 AM	30,90	29,47	22,51	33,12	11,31	30,55	40,54	37,00	35,80	58,08	18,57	29,92	28,61	49,82	43,55	16,17	34,65	24,60	34,01	34,06	13,60	43,99	40,98	41,60	19,78	17,78	38,89	29,52	23,35	18,43	63,57
10:00 AM	54,19	50,00	38,09	33,08	23,39	47,74	50,93	47,82	50,47	60,75	43,60	53,33	45,26	54,40	60,22	42,65	64,38	43,28	62,96	48,10	29,53	40,11	45,70	60,66	43,19	45,13	56,28	51,00	26,34	36,23	66,54
11:00 AM	74,63	53,90	38,37	46,89	39,52	55,80	48,90	48,50	48,64	59,53	70,41	68,15	48,71	58,93	63,03	65,58	67,64	59,41	79,33	66,45	42,46	40,11	50,40	69,38	52,65	49,95	57,69	53,26	47,75	59,21	63,42
12:00 PM	77,41	57,57	34,27	47,20	44,28	53,57	50,60	50,48	45,95	51,57	75,22	63,68	48,54	63,48	62,35	66,53	66,49	64,55	76,81	75,73	39,34	40,11	55,09	67,85	41,66	54,55	52,69	46,26	56,14	66,77	65,75
1:00 PM	63,81	50,77	35,85	44,57	33,40	48,70	52,11	45,43	46,08	54,65	78,52	56,96	50,25	68,06	61,04	65,10	68,98	69,13	66,55	71,72	43,70	40,11	59,77	68,10	44,49	52,02	53,07	45,32	58,76	66,24	64,39
2:00 PM	59,78	44,62	37,96	43,96	41,36	51,26	49,61	44,05	52,06	49,51	70,94	53,10	50,19	67,13	58,45	61,45	68,87	68,65	56,23	58,51	47,94	40,11	54,28	62,17	52,81	52,60	55,78	50,74	48,19	56,21	66,61
3:00 PM	59,17	42,00	33,61	40,93	45,02	50,77	41,43	40,03	47,04	42,01	64,08	48,96	46,24	64,18	57,49	55,84	62,55	52,39	46,04	54,31	43,54	40,11	48,78	57,86	40,40	50,32	54,45	51,68	53,16	51,54	57,79
4:00 PM	48,51	40,25	28,39	31,19	36,09	46,83	35,46	35,03	37,17	44,75	54,08	43,66	49,68	64,21	49,43	55,00	51,01	39,79	35,77	50,26	40,83	40,11	43,30	40,63	31,86	44,12	48,84	44,01	49,52	42,34	59,31
5:00 PM	33,27	31,26	22,22	35,31	31,66	42,27	32,63	34,24	39,82	36,74	30,25	41,39	38,56	55,85	43,15	40,84	53,35	38,79	25,48	47,70	32,54	40,11	37,82	32,51	30,47	36,45	32,08	44,28	29,94	39,18	52,14
6:00 PM	18,04	18,20	12,97	24,62	16,85	35,59	23,78	25,05	24,92	28,17	38,44	27,02	31,23	31,15	34,65	26,38	35,24	38,02	15,18	39,85	21,26	40,11	32,93	26,57	18,41	31,70	22,47	29,50	9,97	28,64	46,51
7:00 PM	9,55	11,83	16,52	11,41	7,34	30,72	12,88	12,61	15,33	14,53	42,43	18,16	26,61	24,59	23,06	27,91	21,59	27,65	9,70	34,86	25,75	40,11	27,78	24,87	13,93	17,74	16,48	15,26	6,37	18,60	38,36
8:00 PM	5,88	8,38	11,49	8,89	5,79	26,60	12,13	6,52	9,95	6,32	41,14	9,74	26,79	24,68	32,18	29,87	9,39	21,51	6,48	15,32	31,00	40,11	11,70	22,05	9,19	9,70	11,06	7,10	5,45	22,07	40,88
9:00 PM	5,84	7,09	17,47	6,81	10,64	33,83	12,89	6,33	8,85	6,14	39,48	10,03	26,42	18,56	34,50	10,70	10,68	10,18	5,70	7,23	27,48	40,11	16,53	11,23	5,42	5,55	7,99	4,34	4,16	27,16	42,32
10:00 PM	5,31	5,77	21,19	7,50	5,49	34,44	8,92	5,54	5,76	5,56	27,58	5,91	32,83	6,98	17,84	8,10	13,74	8,93	5,36	5,37	36,68	40,11	5,60	7,59	4,73	6,34	9,44	4,27	4,58	5,58	49,44
11:00 PM	5,31	5,46	23,32	9,84	5,61	36,35	6,54	6,00	5,29	5,53	35,99	5,40	27,48	8,16	15,10	6,15	10,88	8,61	5,74	11,21	41,84	40,11	5,12	5,32	4,67	4,61	10,61	3,91	4,27	5,73	48,47

**Tabla A- 3:** Datos del Óxido Nítrico (ug/m<sup>3</sup>) emitidos durante el mes de septiembre del 2017. **Fuente:** EMOV

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
HORAS	NO																													
12:00 AM	2,05	10,31	25,86	0,79	4,08	0,82	4,72	3,05	8,59	8,59	22,74	0,87	8,03	7,43	1,03	3,06	1,70	0,74	43,39	51,76	46,88	33,39	38,47	10,35	6,17	12,17	16,47	21,42	10,97	6,10
1:00 AM	1,23	1,74	34,45	0,67	2,82	0,87	1,77	1,62	11,52	3,85	7,84	1,37	2,11	2,61	1,45	2,78	5,18	0,09	29,90	23,27	33,23	17,25	37,13	6,91	3,76	8,04	8,41	14,35	3,68	5,60
2:00 AM	1,32	4,82	9,29	0,58	3,51	0,77	1,53	1,44	10,16	2,57	4,80	1,09	1,11	1,83	1,26	1,73	1,42	0,39	25,08	18,99	20,02	12,87	33,76	0,09	0,60	3,00	0,24	13,21	3,16	5,99
3:00 AM	1,31	2,84	5,24	0,63	2,32	0,80	1,14	1,07	14,61	3,77	2,91	1,41	0,75	2,35	1,74	1,57	14,62	0,00	13,43	11,89	18,09	15,56	40,64	9,05	0,63	2,66	5,40	10,87	3,01	12,72
4:00 AM	2,52	2,34	4,30	0,97	11,34	1,06	1,65	2,26	17,33	2,00	4,32	5,98	5,55	3,78	2,41	1,70	14,67	0,00	17,58	15,78	22,50	24,18	36,43	0,86	8,59	5,63	2,93	15,55	5,52	12,22
5:00 AM	3,73	2,30	3,84	2,74	20,39	0,77	3,02	4,07	20,06	1,98	6,36	20,68	10,35	7,82	2,60	1,36	14,72	0,51	15,63	24,80	26,95	29,70	27,63	2,20	16,56	7,83	9,82	16,07	8,01	9,12
6:00 AM	4,95	3,86	5,66	8,02	29,42	14,92	23,47	29,94	22,76	4,44	33,32	29,97	15,14	29,62	13,53	4,31	14,77	18,92	24,63	35,04	31,35	39,39	32,76	8,02	24,55	12,69	13,33	16,80	10,53	16,98
7:00 AM	9,96	34,00	8,87	58,92	80,91	45,90	89,30	74,76	32,98	10,77	68,54	84,96	26,43	60,61	40,31	19,97	18,54	38,51	36,42	54,75	49,91	55,91	39,80	22,64	39,75	18,83	20,64	23,47	15,05	20,53
8:00 AM	11,69	29,61	19,92	51,59	77,37	40,30	93,50	76,51	35,69	9,12	82,90	68,46	32,10	57,94	56,14	9,88	16,20	38,30	45,56	66,34	58,96	66,05	48,92	22,85	33,93	22,42	13,29	10,28	12,46	17,39
9:00 AM	14,33	30,92	14,20	8,05	28,67	29,49	53,01	59,29	32,77	7,83	28,85	10,86	23,50	29,92	13,98	7,42	14,76	28,16	69,09	77,93	63,37	50,42	60,07	15,76	9,56	24,30	3,37	7,04	14,23	8,95
10:00 AM	5,78	31,50	4,79	6,56	6,80	7,09	18,95	27,64	13,24	4,92	8,01	10,17	6,62	8,89	9,31	7,62	0,01	17,32	7,39	11,49	26,57	11,58	22,07	5,36	12,87	5,07	1,88	2,23	5,59	12,57
11:00 AM	9,13	7,29	4,58	9,56	6,59	9,65	4,40	8,06	5,64	5,07	9,16	8,20	10,48	10,57	9,75	6,76	2,13	9,91	6,22	4,54	13,19	10,31	10,27	5,43	14,70	1,44	1,27	2,50	2,26	3,50
12:00 PM	9,33	6,37	3,33	8,29	7,14	7,98	4,95	5,26	3,69	4,41	7,65	9,16	10,46	9,62	7,98	8,09	6,40	9,57	5,61	4,13	8,23	12,24	5,93	2,56	1,46	0,57	0,87	1,67	2,19	10,94
1:00 PM	10,63	5,08	3,11	6,07	8,01	8,60	4,93	5,35	4,57	4,49	8,24	8,17	11,99	7,64	7,30	7,34	2,43	9,98	4,14	3,41	4,81	16,72	4,93	0,70	5,75	0,49	1,29	2,59	8,21	17,32
2:00 PM	6,72	3,58	2,74	7,04	6,00	8,19	5,79	6,22	4,89	3,04	9,36	7,46	7,98	8,54	6,35	6,24	1,67	19,11	6,80	5,94	3,46	11,18	7,23	0,28	5,09	0,19	0,99	0,67	8,10	13,05
3:00 PM	7,36	4,57	2,93	8,90	5,61	8,83	4,04	7,64	3,49	2,94	10,16	11,49	15,82	8,81	8,14	5,60	7,56	13,30	9,51	10,09	6,96	12,48	7,56	0,93	7,85	1,63	1,57	0,91	8,35	4,15
4:00 PM	8,68	4,79	3,58	7,47	7,43	14,55	5,35	6,90	3,64	6,12	11,67	10,24	10,58	7,70	10,34	6,52	4,27	21,44	14,87	15,57	11,38	15,16	6,30	1,96	14,16	5,13	6,29	6,33	6,14	7,46
5:00 PM	5,71	5,01	3,58	7,86	7,18	11,27	9,53	8,97	7,24	3,37	13,06	8,42	9,23	8,96	7,66	7,18	6,45	41,39	26,95	23,88	20,53	9,28	12,77	7,44	18,81	10,13	16,88	11,59	19,68	11,13
6:00 PM	9,41	5,00	3,98	6,46	12,81	7,26	11,30	8,83	7,61	3,54	13,89	10,37	15,00	10,46	7,75	5,72	14,80	49,59	47,13	41,69	44,38	27,83	18,90	5,16	25,53	26,30	22,53	16,11	27,36	16,13
7:00 PM	7,62	6,07	4,58	5,84	11,99	8,39	8,09	12,16	4,62	4,32	17,00	10,86	14,00	13,08	10,24	3,93	10,39	47,26	56,55	57,51	51,66	48,87	22,93	10,50	21,71	32,72	15,66	18,27	22,45	28,47
8:00 PM	5,11	2,12	1,71	2,95	5,94	11,80	17,38	9,48	5,34	4,36	12,59	13,37	8,89	16,78	9,97	2,83	14,01	41,01	36,41	51,67	39,13	56,02	19,51	3,97	18,93	29,84	18,40	18,84	18,52	28,36
9:00 PM	32,15	7,13	1,29	6,12	3,18	83,56	13,12	13,00	6,69	7,29	11,34	12,66	16,41	13,03	9,53	2,72	13,95	51,64	47,68	63,42	55,82	53,97	18,08	11,85	22,40	24,56	27,37	22,16	13,31	25,41
10:00 PM	37,30	13,43	2,40	8,32	7,93	51,20	5,77	12,59	8,05	3,68	13,97	21,51	10,13	6,87	7,99	2,45	3,20	53,49	55,98	67,40	52,20	53,32	4,60	15,85	24,53	21,06	27,21	19,54	13,63	21,39
11:00 PM	9,75	26,41	1,43	8,21	3,84	26,55	4,75	11,09	6,50	11,69	3,86	6,66	7,59	3,57	4,43	2,08	0,00	44,49	30,27	61,97	59,30	40,82	15,56	15,61	22,65	18,82	23,74	18,73	3,08	18,39

**Tabla A- 4:** Datos del Dióxido de Nitrógeno (ug/m<sup>3</sup>) emitidos durante el mes de septiembre del 2017. **Fuente:** EMOV

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
HORAS	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2	NO2																		
12:00 AM	11,25	38,05	48,40	2,70	29,68	0,45	21,05	11,86	22,22	27,13	11,76	0,27	20,70	14,18	1,73	11,52	39,09	31,17	7,36	10,66	39,10	25,18	3,66	34,15	46,45	3,89	3,30	4,17	10,34	28,77
1:00 AM	10,49	16,78	43,84	6,28	25,14	0,40	11,43	7,30	19,72	12,81	8,61	6,46	9,38	4,81	4,82	13,91	37,94	34,09	13,67	34,39	38,89	34,38	3,59	38,12	45,65	5,79	9,23	5,97	9,55	27,70
2:00 AM	9,67	37,30	33,35	7,77	28,86	0,00	3,53	3,47	16,75	6,12	4,60	5,11	2,81	4,74	9,09	8,74	42,08	30,03	13,58	28,79	35,22	35,92	7,55	58,77	44,96	8,55	18,50	4,91	10,23	24,88
3:00 AM	7,13	25,62	25,92	7,76	19,53	0,38	4,81	4,73	16,17	14,54	2,28	2,59	2,07	5,07	6,01	4,83	24,14	27,74	19,58	34,43	30,17	33,33	4,37	44,09	42,68	7,38	10,63	8,56	8,41	15,35
4:00 AM	12,29	24,15	31,54	6,75	21,13	3,26	7,87	6,73	14,34	9,25	3,39	9,91	5,63	5,72	11,61	9,80	27,04	29,72	7,57	25,46	28,23	23,84	5,66	51,15	31,53	6,05	12,63	4,68	11,37	14,66
5:00 AM	17,47	22,40	29,61	14,79	22,75	1,25	8,75	9,26	12,50	9,23	6,03	20,72	9,18	7,22	9,82	16,96	30,51	29,10	12,53	12,86	24,36	22,62	11,86	44,65	30,83	3,91	6,18	5,45	7,85	15,14
6:00 AM	22,67	26,17	28,18	19,21	24,36	21,01	16,84	14,21	10,67	14,58	7,52	17,59	12,73	9,41	18,44	17,86	22,17	19,07	5,27	6,31	18,46	10,50	6,86	37,89	15,46	6,27	7,11	4,37	5,82	11,06
7:00 AM	34,32	38,20	23,23	34,35	29,77	33,25	28,92	22,51	14,03	15,18	18,15	28,28	16,76	16,92	27,58	26,31	20,18	6,45	8,84	11,30	15,52	14,48	7,78	23,41	7,68	6,14	11,79	6,08	6,53	9,36
8:00 AM	30,64	39,41	32,69	37,97	51,49	32,37	51,96	36,27	25,96	9,85	42,48	42,24	16,06	27,07	34,85	14,22	25,63	8,79	23,95	33,65	32,10	32,26	10,69	29,88	20,68	11,88	21,74	25,23	19,70	17,55
9:00 AM	24,58	44,81	29,31	11,33	30,05	31,96	61,05	54,68	40,90	6,20	23,54	4,43	16,05	27,96	11,09	11,27	33,18	37,32	47,92	54,68	58,82	68,44	22,48	50,46	49,83	27,40	39,56	35,35	40,10	35,47
10:00 AM	8,20	46,72	5,99	10,35	5,39	9,19	34,14	59,57	21,47	0,09	0,53	4,21	2,30	7,32	10,07	11,30	47,67	59,90	126,26	113,45	117,80	97,82	58,70	65,44	46,74	40,06	40,38	47,61	62,65	43,41
11:00 AM	17,65	14,03	4,83	17,20	7,07	14,39	5,39	18,74	2,94	0,51	1,03	1,22	7,37	10,00	6,38	11,94	45,08	72,44	127,71	117,88	127,89	86,07	64,43	64,65	48,38	47,09	41,20	53,61	68,04	54,18
12:00 PM	18,11	10,18	3,63	11,53	7,86	10,84	5,97	5,49	0,36	1,17	0,52	1,82	10,84	7,84	4,42	7,14	41,53	76,21	124,34	112,69	109,74	73,95	64,60	65,70	55,30	45,68	42,03	48,81	65,70	42,48
1:00 PM	15,99	9,43	0,30	4,83	8,44	11,70	5,86	5,52	5,31	0,22	2,25	0,36	10,19	4,57	3,53	8,25	41,72	76,61	121,14	111,49	102,32	73,06	65,29	70,69	48,75	43,06	42,85	46,37	52,25	33,67
2:00 PM	11,36	5,26	0,15	7,02	2,73	9,44	7,57	3,47	5,95	0,03	2,24	0,42	5,49	5,15	1,43	2,03	38,67	72,96	111,45	107,06	95,92	79,33	61,06	67,84	53,84	42,70	44,22	47,78	47,50	38,21
3:00 PM	13,71	9,99	0,49	11,74	3,87	15,19	3,86	7,43	1,50	1,07	5,70	4,37	16,67	4,23	6,65	1,77	37,11	80,04	104,16	106,35	93,09	80,78	55,86	60,80	42,75	36,21	45,44	49,89	51,14	36,03
4:00 PM	16,67	7,79	0,55	9,28	14,20	25,89	8,53	6,16	3,56	8,19	10,89	9,54	6,21	4,43	14,47	7,84	32,42	69,40	93,11	107,35	90,97	79,97	55,74	59,20	31,60	33,76	37,80	40,48	51,75	30,90
5:00 PM	20,47	16,01	4,48	19,29	19,46	30,85	27,67	18,95	15,44	2,15	19,32	11,27	13,54	13,34	13,99	15,65	29,52	44,34	77,45	89,97	84,30	85,59	44,15	48,98	24,51	26,82	24,40	31,77	35,88	25,10
6:00 PM	36,64	26,71	17,05	27,88	34,95	27,78	38,94	28,67	18,56	4,02	20,13	18,03	28,09	20,17	24,24	13,33	23,84	32,13	54,71	67,60	57,59	55,50	33,29	49,00	16,10	8,37	19,99	25,98	19,98	18,18
7:00 PM	29,83	31,69	22,92	28,45	34,22	33,29	30,99	34,40	15,43	10,76	25,11	18,67	25,28	24,87	28,30	9,39	25,26	31,77	52,45	45,83	50,71	25,77	27,29	42,40	16,83	4,64	24,20	20,29	20,32	5,22
8:00 PM	28,92	14,16	5,97	14,42	22,28	40,24	43,76	34,47	22,58	12,40	30,29	20,65	19,15	31,60	31,51	6,10	21,45	37,39	64,87	50,80	67,07	16,45	30,05	45,19	16,57	4,74	16,45	15,64	21,02	4,85
9:00 PM	51,72	38,16	10,94	29,11	16,80	55,22	33,36	34,45	30,65	19,61	23,76	24,95	29,61	24,70	26,05	8,43	18,29	19,99	44,31	17,94	28,55	16,69	29,44	35,37	12,16	4,23	6,90	7,43	21,46	3,84
10:00 PM	51,96	47,22	21,46	33,51	32,31	40,40	22,77	32,06	30,84	11,53	27,32	24,05	22,92	17,77	22,83	2,36	32,77	7,81	25,75	8,98	22,04	4,23	40,62	30,30	7,09	3,56	4,04	9,41	20,17	3,39
11:00 PM	39,04	48,41	13,69	35,34	27,05	31,57	17,87	29,93	26,44	17,40	18,55	18,21	21,09	10,95	15,40	2,88	36,63	6,94	44,04	14,58	8,23	3,99	29,83	28,72	4,32	3,37	6,47	5,75	31,12	3,50

**Tabla A- 5:** Datos de Óxidos de Nitrógeno (ug/m<sup>3</sup>) emitidos durante el mes de diciembre del 2017. **Fuente:** EMOV

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORAS	NOX																														
12:00 AM	6,88	9,57	31,64	14,01	20,43	27,07	18,02	21,65	17,13	21,30	11,83	6,61	18,69	13,57	19,14	28,58	18,87	9,98	20,22	16,83	11,27	16,42	24,07	21,22	4,51	3,38	9,69	26,28	15,29	33,40	31,30
1:00 AM	6,18	7,45	31,04	12,04	3,02	20,73	12,75	14,80	15,56	21,52	8,42	9,21	8,15	9,76	23,72	22,28	19,38	9,08	21,91	16,55	9,67	18,06	20,18	18,88	5,52	2,36	5,28	18,19	15,69	19,74	27,41
2:00 AM	3,68	8,73	33,61	10,36	3,31	14,75	11,38	11,85	19,53	22,55	6,34	7,13	7,24	13,27	25,96	21,35	30,24	8,40	25,95	12,07	6,60	19,55	23,36	15,72	4,61	0,88	3,63	19,09	11,08	16,80	19,31
3:00 AM	3,92	8,20	33,24	11,69	5,54	23,11	16,18	17,22	19,52	15,74	8,04	7,59	6,90	10,65	10,59	35,96	27,78	8,03	39,12	12,64	5,02	21,95	26,75	20,02	2,41	1,48	2,44	16,67	11,36	15,22	15,00
4:00 AM	5,35	8,05	22,79	16,59	11,27	29,12	5,29	18,22	15,89	17,53	10,55	5,30	8,80	22,91	9,68	38,30	19,32	17,32	29,90	27,02	6,15	37,56	24,07	17,63	1,79	4,12	1,73	7,70	11,84	15,51	13,79
5:00 AM	6,25	7,90	19,06	17,72	11,69	35,15	13,78	17,59	21,17	19,32	10,68	7,26	14,33	35,14	17,97	37,50	23,73	26,57	31,44	20,78	9,52	53,15	26,30	13,27	2,59	6,78	3,50	13,26	14,26	15,79	12,36
6:00 AM	21,44	7,75	21,51	34,22	36,93	41,15	30,73	33,14	26,22	21,12	31,74	25,76	46,39	47,43	27,72	40,45	28,42	35,81	47,94	29,99	20,82	68,64	42,14	24,25	5,81	9,42	9,84	18,18	23,61	16,08	22,88
7:00 AM	44,86	22,37	15,98	66,26	56,85	95,20	64,63	67,65	32,93	24,29	50,63	48,32	79,40	74,72	59,64	47,72	29,87	55,16	89,57	48,18	49,38	70,98	45,72	41,46	9,88	15,95	35,85	47,81	48,36	30,88	36,20
8:00 AM	45,98	31,47	17,29	71,21	29,38	94,69	36,28	51,77	34,29	16,28	27,51	36,66	47,09	40,49	61,13	28,69	34,01	50,33	62,82	31,96	58,27	70,19	52,48	41,69	10,44	16,81	43,93	48,11	44,21	20,90	35,32
9:00 AM	48,75	32,74	16,73	40,28	16,32	44,65	17,45	23,39	21,66	12,09	17,64	47,86	53,70	39,04	42,34	28,28	30,34	27,10	55,12	23,94	29,21	34,39	17,16	19,44	11,92	14,34	39,02	44,55	25,80	18,11	29,24
10:00 AM	20,95	24,24	14,67	16,92	14,95	16,77	12,44	18,14	11,57	8,07	12,14	32,87	48,22	17,50	19,74	13,32	9,71	21,96	22,46	21,31	18,41	19,85	15,69	8,25	13,22	19,30	36,10	40,86	21,53	16,92	15,49
11:00 AM	15,44	16,52	13,49	17,87	18,76	18,96	14,86	15,34	11,95	6,45	9,78	17,82	29,01	12,94	18,26	11,49	7,96	16,72	12,34	18,31	18,49	17,80	14,84	6,91	11,36	18,76	31,80	23,45	14,52	15,63	10,11
12:00 PM	15,71	14,54	13,17	18,12	16,97	15,46	12,38	11,08	11,25	5,64	12,61	16,71	13,47	16,43	13,54	12,48	7,77	14,96	17,13	13,87	16,74	14,51	14,46	6,13	8,15	15,69	27,22	14,83	15,83	8,71	11,06
1:00 PM	11,44	26,10	10,12	14,68	12,67	14,79	11,99	12,46	9,54	7,57	15,41	12,34	12,32	14,14	10,60	11,21	7,60	14,19	17,22	11,98	15,00	13,96	10,05	6,03	6,97	14,22	11,21	9,46	12,79	9,32	9,13
2:00 PM	12,47	22,10	7,31	15,26	12,02	15,65	11,95	9,64	8,95	6,46	13,64	12,71	16,80	12,52	11,03	10,72	6,86	14,19	20,32	14,87	10,71	10,45	9,14	5,66	6,27	13,44	7,24	11,33	16,10	15,43	7,72
3:00 PM	14,77	18,97	7,20	17,32	13,34	18,01	16,27	15,00	10,34	6,43	17,16	13,07	18,94	13,34	14,21	11,36	7,26	14,99	14,92	16,19	13,10	13,73	11,03	9,57	5,97	24,90	16,38	21,22	31,40	24,43	20,55
4:00 PM	29,73	21,19	8,12	17,36	13,65	15,61	20,20	20,36	12,16	6,87	15,98	15,17	21,89	20,24	14,38	12,30	10,96	19,78	16,30	15,85	21,58	17,46	12,98	8,52	7,53	23,14	20,15	24,12	46,66	31,36	22,99
5:00 PM	26,53	19,80	13,31	27,48	19,11	24,56	24,82	20,31	18,98	12,79	16,68	11,78	32,31	26,05	21,07	14,25	14,44	21,37	26,69	18,47	29,85	17,33	14,16	8,36	7,65	20,12	33,21	37,97	41,18	35,20	37,03
6:00 PM	24,52	16,91	17,02	27,43	38,45	29,68	31,84	16,22	15,07	18,30	22,96	12,11	29,71	26,17	23,11	14,19	13,59	24,55	30,26	27,50	25,08	25,35	18,93	7,41	6,50	19,96	32,25	38,89	54,10	38,63	30,01
7:00 PM	24,40	17,08	45,14	30,32	51,22	34,29	28,01	28,22	25,30	12,07	18,89	19,34	29,05	31,25	29,75	15,81	15,05	29,45	35,02	28,06	23,77	25,90	18,14	9,40	9,27	26,13	33,65	32,45	56,29	45,84	35,03
8:00 PM	18,85	20,68	64,48	27,04	63,13	30,57	36,02	38,87	28,04	11,44	16,29	18,83	26,03	27,30	56,74	21,75	15,03	44,51	23,53	28,93	22,19	25,20	15,36	11,83	10,62	18,59	35,59	48,78	48,03	60,24	47,07
9:00 PM	18,31	16,82	50,37	34,46	66,83	26,28	43,91	46,26	43,85	8,61	19,16	16,28	28,69	30,05	43,10	36,42	20,98	33,88	24,75	23,41	30,93	39,21	15,00	6,51	9,25	19,33	54,32	36,84	44,79	29,29	70,01
10:00 PM	18,84	36,82	31,39	39,78	61,50	18,83	38,05	45,52	43,14	5,14	16,54	23,13	28,06	37,11	33,99	42,75	17,69	34,88	25,54	19,56	23,57	30,96	14,47	5,61	12,48	15,19	45,12	27,31	36,51	44,89	68,10
11:00 PM	11,68	29,74	21,43	42,00	30,36	15,39	29,64	28,47	27,06	5,94	13,89	19,51	18,86	28,37	44,14	26,56	15,88	27,87	27,70	15,61	21,59	31,63	24,04	6,08	12,20	8,20	42,59	18,69	32,37	49,11	45,93

**Tabla A- 6:** Datos del Dióxido de Azufre (ug/m<sup>3</sup>) emitidos durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** EMOV

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORAS	SO2																														
12:00 AM	17,79	3,27	5,48	9,16	7,43	7,91	2,41	9,43	13,91	10,53	7,26	2,99	6,15	6,96	3,81	3,20	5,15	3,58	4,47	26,78	11,27	12,54	5,71	5,86	5,93	3,97	9,28	2,94	3,05	11,88	25,84
1:00 AM	4,06	2,79	5,78	16,46	8,36	7,16	1,94	8,89	8,67	10,30	6,90	3,46	9,79	4,80	3,71	3,68	4,21	4,12	4,47	9,12	9,20	6,82	3,82	8,54	4,07	4,87	6,50	3,67	2,34	11,13	15,11
2:00 AM	2,59	2,52	5,73	17,28	8,88	5,92	2,50	7,22	7,25	10,24	5,74	3,61	9,48	23,72	3,05	4,85	4,11	4,69	4,36	7,74	6,72	4,91	3,82	7,81	2,65	5,35	3,74	3,27	4,60	16,79	16,13
3:00 AM	2,37	2,26	6,32	18,09	16,43	5,33	12,61	5,56	10,97	15,34	4,48	3,76	7,40	33,32	12,56	6,02	3,57	3,51	4,12	6,37	6,26	5,75	3,50	7,08	4,20	13,27	3,45	2,86	18,43	14,40	8,80
4:00 AM	1,87	2,98	7,27	18,91	10,40	4,63	16,46	3,89	15,98	9,32	4,44	3,92	7,27	12,80	31,28	7,20	3,55	3,68	3,99	4,99	5,17	10,20	3,41	6,34	2,63	7,00	3,33	2,45	9,45	9,13	5,64
5:00 AM	2,31	2,87	9,55	12,03	32,58	4,75	17,82	3,02	40,43	10,34	5,19	3,32	23,44	18,02	12,82	14,33	3,65	3,55	3,62	4,16	4,10	11,13	7,23	10,34	21,33	6,83	5,68	2,33	7,18	12,32	5,09
6:00 AM	3,63	4,27	13,52	21,07	16,38	5,54	18,45	2,85	34,87	11,49	23,53	4,29	32,37	8,99	8,79	11,05	4,71	4,09	4,11	4,57	5,08	3,62	13,93	7,47	8,87	11,14	10,23	3,60	9,77	14,58	8,14
7:00 AM	6,57	12,79	29,58	37,32	33,43	8,91	12,52	4,10	24,13	33,82	21,79	5,03	20,82	9,45	14,48	26,44	9,96	6,03	4,30	5,45	8,07	4,06	23,77	39,80	8,93	14,81	11,98	3,95	19,38	16,33	23,49
8:00 AM	31,25	32,64	62,63	6,94	28,98	37,44	25,31	5,86	63,84	27,73	24,35	14,48	16,24	30,58	20,52	19,23	20,61	9,71	6,05	5,56	16,36	4,82	19,45	29,79	17,40	17,05	15,94	9,34	24,20	20,14	10,72
9:00 AM	51,50	44,79	43,90	8,55	40,27	38,37	11,15	13,61	24,89	8,16	21,34	14,59	14,85	16,20	22,19	18,02	23,76	28,48	13,88	5,06	13,53	5,57	18,27	23,12	47,43	37,41	17,64	13,78	8,86	12,46	4,88
10:00 AM	20,40	27,47	9,21	8,94	25,92	13,13	7,07	8,08	7,99	4,93	15,15	10,13	11,49	12,93	8,56	21,35	11,81	13,60	9,42	8,93	7,79	10,54	12,07	16,45	15,87	12,19	6,15	8,84	7,27	12,32	4,68
11:00 AM	5,58	11,91	5,11	4,27	13,63	9,10	6,92	7,60	7,63	4,38	18,75	9,32	4,99	9,66	4,46	7,61	6,06	17,73	11,23	15,43	9,94	6,94	5,77	9,77	8,64	2,44	2,93	4,97	6,88	6,23	3,08
12:00 PM	2,48	5,20	3,85	8,03	8,23	5,64	3,32	4,07	6,34	4,70	10,89	5,27	3,74	6,39	4,92	5,48	4,52	5,86	7,93	8,00	9,92	5,88	4,01	3,13	4,22	3,72	1,60	3,62	3,05	4,39	4,14
1:00 PM	2,52	3,21	5,58	6,87	6,29	3,52	3,04	4,92	5,50	3,60	3,51	3,02	2,68	3,13	5,29	4,98	3,16	5,13	7,33	4,18	7,69	5,36	3,45	1,90	6,12	1,67	3,45	4,03	3,93	4,21	4,52
2:00 PM	2,61	4,69	3,98	6,38	5,49	3,28	5,93	4,22	7,44	3,52	3,14	2,89	2,62	2,94	3,72	5,99	2,94	4,33	6,73	3,31	6,37	5,37	4,63	2,05	3,02	1,29	4,52	5,17	3,20	2,73	2,93
3:00 PM	4,24	5,74	4,24	6,18	4,49	2,96	5,81	5,23	5,13	3,73	3,52	2,53	2,77	3,36	5,23	4,85	4,44	4,34	6,13	3,26	11,28	5,92	3,24	2,28	4,23	2,09	4,37	7,04	2,63	3,18	5,12
4:00 PM	5,74	7,36	7,39	7,79	4,99	4,06	6,87	9,97	5,86	4,19	2,98	4,27	2,65	3,20	3,80	5,13	7,14	6,22	5,53	5,12	6,92	6,98	4,26	2,11	5,14	2,80	1,61	6,72	1,79	2,40	2,68
5:00 PM	5,46	10,96	5,53	4,28	3,46	4,71	8,77	4,23	10,01	6,81	8,13	3,80	3,81	3,26	10,93	8,77	7,69	3,99	4,93	4,87	10,16	5,65	6,53	6,15	3,07	7,84	2,32	2,49	2,22	5,82	3,78
6:00 PM	5,61	18,67	12,16	3,69	4,23	2,48	8,44	3,49	7,80	3,84	4,47	3,31	6,81	5,65	4,02	11,86	11,71	3,55	4,34	5,60	12,57	9,18	8,83	9,40	3,00	6,95	2,28	2,25	7,29	3,28	1,99
7:00 PM	6,65	24,39	9,30	12,06	6,77	7,40	12,44	4,60	13,37	4,74	3,80	6,70	9,33	15,06	3,45	10,32	8,39	3,67	4,55	8,42	7,91	3,86	7,82	11,11	5,93	4,25	2,11	3,52	6,90	4,90	4,22
8:00 PM	8,24	15,13	19,23	20,52	6,97	9,42	14,45	8,22	28,16	15,73	3,65	6,91	10,81	11,23	3,33	8,38	12,08	3,37	8,99	6,03	4,64	3,53	8,07	10,85	4,77	7,23	2,05	4,89	11,51	10,62	12,00
9:00 PM	7,21	11,39	6,13	19,55	6,19	4,33	12,97	22,60	16,75	10,91	3,60	9,35	14,33	3,93	3,57	15,59	4,93	4,07	7,39	5,83	8,21	16,75	17,37	3,81	6,35	10,72	2,01	8,94	11,27	3,24	3,87
10:00 PM	5,31	8,25	3,21	20,78	8,28	3,13	9,18	14,99	8,55	7,98	3,76	8,33	7,83	4,12	5,01	5,61	3,91	3,93	11,46	5,50	7,80	13,77	8,94	3,24	5,71	7,35	2,61	10,90	7,35	9,74	1,81
11:00 PM	4,62	6,79	2,97	15,91	7,56	2,66	10,44	7,37	10,58	7,25	3,27	6,41	11,14	3,98	4,54	7,90	3,66	4,43	33,22	17,04	5,08	8,02	8,00	5,64	7,36	6,33	3,08	5,30	11,74	14,27	2,06

**Tabla A- 7:** Datos de las emisiones del Material particulado menor a 2.5 micras durante el mes de octubre del 2017. **Fuente:** EMOV

DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORAS	MP <sub>2.5</sub>																														
12:00 AM	19,0	9,0	5,0	3,0	7,7	7,0	11,0	7,0	8,0	18,0	6,0	7,0	10,0	5,0	16,0	4,0	1,0	17,0	12,0	13,0	7,0	3,0	3,0	2,0	3,0	7,0	1,0	9,0	5,1	5,6	12,0
1:00 AM	12,0	17,0	6,0	2,0	4,5	6,0	7,0	17,0	13,0	12,0	7,0	10,0	11,7	16,0	11,0	1,0	9,5	7,0	16,0	10,0	17,0	12,0	2,0	2,0	4,0	3,0	2,0	9,0	1,0	1,0	8,0
2:00 AM	8,0	6,0	3,0	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	8,0	16,0	8,0	6,0	9,0	8,6	10,0	8,7	7,0	7,0	8,0	6,0	6,0	6,0	1,0	11,0	3,0	4,0	7,0	5,0	3,0	8,0	5,0
3:00 AM	12,0	5,0	2,0	2,0	5,0	1,0	4,0	8,0	6,0	8,0	6,0	1,0	7,0	2,0	8,0	6,9	5,0	15,0	6,0	14,0	5,0	2,5	4,0	6,0	2,0	6,0	5,0	2,0	3,0	7,0	8,0
4:00 AM	15,0	2,0	9,0	11,1	6,0	2,0	6,0	4,0	5,0	8,0	11,0	3,0	10,0	2,0	11,0	5,4	1,0	6,0	5,0	10,0	11,7	1,9	5,0	5,0	6,0	4,0	9,0	5,0	2,9	8,0	8,0
5:00 AM	9,0	2,0	5,0	7,0	6,0	3,0	5,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	11,0	1,0	15,0	1,0	5,0	6,0	5,0	8,0	7,9	6,0	1,0	6,0	4,0	7,0	7,0	6,0	1,9	8,0	10,0
6:00 AM	6,0	7,0	9,0	4,9	6,0	5,0	7,0	10,0	6,0	6,0	5,0	3,0	6,0	5,0	25,4	5,0	1,0	14,0	2,0	5,1	2,0	9,0	2,0	6,0	1,0	17,0	14,0	4,0	1,0	10,3	11,0
7:00 AM	15,0	7,0	9,0	18,0	15,0	15,0	14,0	9,0	5,0	13,0	9,0	12,6	14,0	9,0	25,4	7,0	7,4	14,0	10,5	5,3	7,0	7,0	5,0	13,0	5,0	18,0	4,0	4,0	3,0	18,0	19,0
8:00 AM	15,0	15,0	14,0	8,0	11,0	15,0	12,0	9,0	10,0	33,4	18,0	15,0	17,0	8,0	18,0	10,0	11,0	22,1	16,0	39,9	8,0	6,0	6,0	16,0	11,0	9,0	23,5	9,0	9,0	14,0	26,0
9:00 AM	14,0	33,4	18,0	8,0	9,0	24,4	9,0	7,0	12,0	50,8	12,0	12,0	8,0	4,0	29,4	5,0	8,0	16,0	20,3	39,3	17,0	8,0	4,0	8,0	14,0	7,0	27,8	6,0	12,0	11,0	58,0
10:00 AM	16,0	34,7	7,0	3,0	7,0	13,0	8,0	7,0	32,6	17,0	18,0	7,0	6,0	2,0	4,0	6,0	5,0	11,0	13,0	1,0	3,0	6,0	5,7	5,0	7,0	6,0	9,0	7,0	6,0	8,0	11,0
11:00 AM	11,0	36,7	7,0	4,0	6,0	8,0	6,0	1,0	57,5	7,0	8,0	3,0	2,0	3,0	4,0	9,0	9,0	7,0	9,0	4,0	3,0	3,0	4,6	6,4	9,4	6,0	5,0	6,0	4,0	4,0	15,2
12:00 PM	4,0	7,0	4,0	5,0	3,0	6,0	8,0	3,5	1,0	6,0	6,0	2,0	5,0	2,0	4,0	7,0	11,0	4,0	8,0	4,0	5,0	1,0	1,0	4,4	8,8	3,0	1,0	4,0	5,0	4,0	5,0
1:00 PM	9,8	4,0	2,0	5,0	5,3	5,0	6,0	3,2	8,2	4,0	3,0	6,8	7,0	1,1	4,0	5,0	7,0	4,0	17,0	11,0	4,0	8,0	1,0	8,1	7,4	3,2	2,0	2,0	4,0	4,0	3,0
2:00 PM	5,9	3,0	2,0	7,0	4,0	7,9	2,0	3,3	5,8	2,0	2,0	1,0	4,0	1,8	1,0	4,0	5,0	3,0	15,0	6,0	6,7	3,0	13,0	1,0	4,9	4,0	3,0	1,0	1,0	10,7	3,1
3:00 PM	2,0	7,0	0,1	10,0	8,0	8,2	6,8	2,8	3,0	2,0	2,0	3,0	6,0	8,0	8,0	5,0	6,0	5,7	4,0	3,0	6,8	3,9	9,0	1,0	4,0	5,0	6,0	2,0	3,3	7,3	3,4
4:00 PM	2,0	4,0	0,0	7,0	8,0	7,0	3,0	2,8	5,0	1,0	8,3	7,0	7,0	8,0	4,0	13,0	5,0	7,0	2,0	5,0	5,8	12,0	6,0	1,0	5,0	9,0	4,0	5,0	3,8	2,0	7,6
5:00 PM	10,0	3,0	2,0	10,0	10,0	13,0	3,0	3,0	12,0	2,0	4,8	7,0	11,0	7,0	7,1	10,0	14,0	10,0	6,0	5,0	3,9	0,9	8,0	4,0	5,0	6,0	4,0	9,0	1,0	2,0	1,0
6:00 PM	6,0	7,0	7,0	9,0	10,0	15,0	7,0	6,0	8,0	16,0	3,0	6,0	11,0	7,0	4,0	10,0	14,0	8,0	8,0	15,0	1,0	2,3	17,0	4,0	5,0	5,0	7,0	9,0	3,0	1,0	3,0
7:00 PM	10,0	8,0	12,0	17,0	14,0	19,0	13,0	16,0	16,5	11,0	5,0	16,0	9,0	15,0	4,0	13,0	17,0	16,0	13,0	16,3	8,0	14,0	14,0	4,0	10,0	10,0	5,0	11,0	1,0	11,0	10,0
8:00 PM	8,0	12,0	3,0	7,0	11,0	16,4	9,0	3,0	15,0	8,0	19,0	16,0	15,0	15,0	2,0	14,0	21,3	12,0	12,0	17,0	9,0	8,0	9,0	4,0	11,0	10,0	4,0	6,0	3,0	14,0	11,0
9:00 PM	8,0	10,0	6,6	10,0	8,0	11,0	11,0	4,0	12,0	12,0	9,0	18,0	11,0	10,0	4,0	12,0	30,0	13,0	15,0	13,0	7,0	4,0	16,0	3,0	8,0	10,0	3,0	3,0	8,0	15,0	8,0
10:00 PM	6,0	8,0	4,0	6,0	6,0	10,0	7,0	6,0	14,2	7,0	9,0	11,0	10,0	13,0	3,0	9,0	36,4	7,0	18,0	17,0	4,0	2,0	12,0	2,0	6,0	6,0	1,0	2,0	6,0	15,0	5,0
11:00 PM	5,0	7,0	3,0	1,0	6,0	6,0	3,0	7,0	15,0	8,0	8,0	13,0	5,0	13,0	4,0	6,0	16,0	9,0	18,0	11,0	4,0	3,0	19,0	3,0	9,0	3,0	7,0	1,8	2,0	10,0	14,0

**Tabla A- 8:** Datos registrados de la Humedad Relativa en el mes de agosto del 2017. **Fuente:** EMOV

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORA	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1:00 AM	77	79	75	71	96	91	71	78	84	76	88	76	71	83	71	69	75	76	100	100	89	70	86	76	76	84	71	100	83	89	77
2:00 AM	79	84	80	74	95	94	72	99	86	77	92	81	75	82	72	69	78	81	100	99	94	71	86	78	77	86	78	100	86	90	79
3:00 AM	84	86	81	75	94	94	73	100	92	77	92	83	83	80	72	70	83	81	100	96	100	71	86	82	78	85	94	100	88	88	78
4:00 AM	84	88	83	77	97	97	75	100	91	77	95	85	83	80	73	71	84	82	100	95	100	75	88	86	78	84	100	99	96	96	79
5:00 AM	87	90	81	79	100	94	79	100	99	80	93	87	86	93	77	73	86	80	96	96	100	76	91	88	80	83	100	98	97	99	83
6:00 AM	89	91	82	80	100	92	84	100	98	86	99	91	83	98	76	80	87	79	92	97	100	73	93	86	91	85	100	99	97	99	82
7:00 AM	88	91	80	80	100	89	94	100	98	87	100	89	85	95	73	84	88	79	86	94	100	70	97	88	87	85	100	99	94	98	79
8:00 AM	73	85	77	76	93	86	94	99	92	77	100	86	85	84	69	79	83	72	88	87	98	70	92	81	83	80	99	96	92	90	65
9:00 AM	66	81	69	66	88	79	74	85	79	62	98	83	77	67	57	73	80	64	81	83	96	64	76	69	80	73	84	91	80	71	56
10:00 AM	59	66	67	64	82	61	63	69	60	50	86	76	66	49	48	68	64	66	75	80	85	62	62	59	71	64	69	70	68	76	50
11:00 AM	48	52	58	63	71	52	55	58	49	46	66	65	55	32	44	58	48	61	61	75	71	61	49	45	63	49	56	59	61	62	47
12:00 PM	40	43	52	58	63	49	54	53	48	44	50	48	53	27	40	51	40	56	50	63	65	53	44	39	61	49	50	56	56	51	46
1:00 PM	39	37	51	55	61	44	52	55	50	47	44	38	50	24	35	47	35	53	41	52	67	52	41	32	75	47	50	70	46	44	44
2:00 PM	39	34	51	52	62	43	49	52	52	47	44	37	41	27	35	43	30	47	40	51	74	48	39	31	73	44	65	69	53	42	46
3:00 PM	38	33	53	50	57	40	49	52	48	48	42	33	41	31	37	42	30	43	41	44	68	47	37	34	53	44	53	61	79	46	46
4:00 PM	39	31	56	49	50	37	51	55	50	52	39	35	46	33	35	43	33	42	46	46	65	47	39	36	52	45	50	57	75	50	46
5:00 PM	40	33	57	49	54	41	58	60	55	53	42	40	41	32	41	44	43	50	94	51	65	52	40	50	58	46	55	59	73	51	47
6:00 PM	45	36	61	48	61	49	60	62	58	65	48	44	52	35	43	54	44	59	100	53	66	54	48	59	55	51	83	59	69	53	51
7:00 PM	50	45	62	52	82	55	63	65	61	79	58	59	57	40	50	58	46	75	95	57	65	59	54	61	57	55	82	63	74	59	56
8:00 PM	56	53	65	63	81	58	65	70	65	77	69	57	60	48	52	60	55	94	99	60	68	68	57	60	61	59	80	65	81	66	58
9:00 PM	63	61	66	77	81	61	68	75	71	83	75	62	62	55	58	63	61	98	100	64	71	71	60	64	65	68	82	73	84	65	60
10:00 PM	67	67	67	81	78	69	70	79	70	84	75	66	82	59	67	69	68	93	100	73	73	74	64	69	73	68	85	78	86	69	60
11:00 PM	69	69	67	82	81	74	71	80	76	86	75	72	75	64	68	74	74	98	100	79	73	74	70	73	77	68	98	84	83	73	61
12:00 AM	75	72	69	85	87	72	72	81	77	85	74	73	77	67	67	75	75	96	100	86	73	80	74	75	81	70	97	84	87	75	62

**Tabla A- 9:** Datos registrados de la Presión Atmosférica en el mes de agosto del 2017. **Fuente:** EMOV

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORA	hPa																														
1:00 AM	753,6	752,8	752,8	754,1	755,2	754,9	755,9	755,5	754,1	753,1	752,6	753,6	752,7	753,4	753,1	754,4	754,6	755	754,5	753,6	752,1	753,7	754,6	754,1	753,9	753,4	752,9	754	753,7	754,4	753,9
2:00 AM	753,1	752,3	752,5	753,2	754,3	754,5	755,6	754,9	753,7	752,8	752,1	752,9	752,3	752,8	752,6	753,8	754	754,5	753,9	752,9	751,8	753,1	754	753,5	753,3	753,1	752,4	753,3	753,1	754	753,4
3:00 AM	752,7	751,8	752,1	752,9	754	754,1	755,1	754,5	753,5	752,6	751,9	752,2	752,1	752,4	752,4	753,2	753,7	754,1	753,5	752,6	751,8	752,7	753,6	753,3	752,8	752,8	752,2	752,8	752,8	753,7	753
4:00 AM	752,6	751,8	752	752,7	753,7	753,9	754,8	754,5	753,3	752,5	751,9	751,8	752,5	752,5	752,4	753	753,6	754,1	753,2	752,6	751,6	752,6	753,4	753,2	752,5	752,6	752,5	752,5	752,7	753,6	752,8
5:00 AM	752,5	751,9	752,2	752,4	753,5	753,9	755	754,6	753,3	752,7	751,9	752	752,8	752,4	752,5	753	753,6	754,1	753	752,6	751,8	752,7	753,4	753,4	752,8	752,9	753	752,7	753,1	753,6	753,2
6:00 AM	752,7	752,3	752,5	752,7	753,8	754,1	755,3	754,8	753,7	753,1	752,3	752,3	753,1	752,8	752,9	753,3	754,1	754,7	753	753	752,2	753,2	753,7	753,7	753,2	753,2	753,4	752,9	753,2	754,2	753,7
7:00 AM	753,2	752,8	753,1	753,4	754,1	754,6	755,9	755,4	754,2	753,9	752,9	752,7	753,5	753,5	753,4	753,9	754,8	755,3	753,7	753,5	752,7	753,9	754,2	754,1	753,7	753,8	754,1	753,5	753,4	754,9	754,1
8:00 AM	753,7	753,5	753,7	754	754,6	755,3	756,6	756	754,6	754,7	753,5	753,3	753,9	754	754	754,6	755,5	756	754,3	754	753,3	754,4	754,8	754,6	754,4	754,6	754,5	754,1	754	755,2	754,6
9:00 AM	754,1	754	754,2	754,5	755,2	755,8	756,9	756,3	755	755	753,9	753,6	754,5	754,4	754,6	755,1	756,1	756,6	754,8	754,2	753,8	755	755,1	755,2	754,7	755,1	755	754,6	754,6	755,7	754,8
10:00 AM	754,3	753,8	754,3	754,5	755,4	756,2	757	756,4	755	755,1	754	753,5	754,6	754,4	754,6	755,2	756,5	757	754,7	754	754	755	755,1	755,1	754,6	755,1	754,8	754,5	754,7	755,5	754,4
11:00 AM	753,8	753	754	754,3	755,1	756,2	757,1	755,9	754,4	754,6	753,6	753	754,1	753,7	754,2	755,1	756,6	756,7	754,3	753,5	753,7	754,6	754,9	754,7	754,2	754,7	754,1	754,1	754,3	755	753,6
12:00 PM	752,9	752	753	753,6	754,4	755,8	756,8	755,3	753,2	754	753	752,5	753,1	753,2	753,6	754,4	756,3	756,2	753,6	752,6	753	754,2	754,4	754,1	753,3	753,8	753,3	753,2	753,7	754,2	752,5
1:00 PM	752	750,8	752,2	752,4	753,4	755	756,2	754,4	751,8	752,9	751,9	752	752,3	752,4	752,8	753,5	755,7	755,1	753,2	752	752,1	753,6	753,6	753,2	752,3	752,7	751,9	752	752,8	753	751,3
2:00 PM	751,2	749,8	751,4	751,6	752,6	754	755	753,4	750,7	751,9	750,9	751,3	751,5	752,1	752,8	755	754,2	752,6	751,2	751,2	752,9	752,9	752,2	751,2	751,5	750,5	750,9	751,8	751,7	750,1	
3:00 PM	750,5	749	750	751,9	752	753,3	754,3	752,2	750	750,8	750,1	750,5	750,5	750,8	751,6	752,2	754,1	753,4	751,7	750,2	751,1	752,2	752,2	751,2	750,8	750,5	749,6	750,2	750,9	750,8	749,6
4:00 PM	749,9	748,7	749,1	752,5	751,6	753,4	753,6	751,5	750,8	750,1	749,4	750	750,1	750,7	751,6	752,1	753,2	752,7	751,1	749,6	750,6	751,7	751,6	750,6	750,7	750	749,4	750,5	750,5	750,4	749,4
5:00 PM	749,5	749	749,3	752,7	751,6	753,3	753,2	751,6	751	750,1	749,3	750	750,3	750,6	751,5	752	753,3	752,3	751	749,4	750,4	751,9	751,7	750,4	751	749,8	749,8	750,9	750,9	750,7	750,2
6:00 PM	749,7	749,6	750,3	753	752,1	753,5	753,5	752	751,2	750,8	749,9	750,4	750,6	750,7	752,1	752,4	753,3	752,5	751,3	749,7	750,7	752,4	752,1	750,5	751,4	750	750,7	751,2	751,4	751,1	750,8
7:00 PM	750,4	750,6	751,5	753,4	752,7	754	754,2	752,5	751,6	751,6	751	750,8	751,2	751,1	753	752,9	753,5	753	751,8	750,4	751,6	753	752,7	751,2	752	751,1	751,9	752,3	752,2	751,9	751,6
8:00 PM	751,2	751,5	752,5	754,2	753,3	754,5	754,7	753,4	752	752,2	752	751,5	752	751,9	753,8	753,7	754,1	753,8	752,5	751,2	752,3	753,7	753,4	752,1	752,6	752,1	752,6	753,2	753	752,9	752,5
9:00 PM	751,9	752,3	753,3	754,8	753,9	755,2	755,6	754	752,9	752,8	752,9	752,1	752,7	752,6	754,5	754,5	754,7	754,5	753	752	753,1	754,3	754,1	752,9	753,4	753	753,3	753,7	754	753,7	753,1
10:00 PM	752,6	752,9	753,9	755,3	754,6	755,8	756	754,2	753,4	753,2	753,5	752,6	753,2	753,4	755	754,9	755,1	755,1	753,7	752,3	753,8	754,8	754,4	753,7	754,2	753,4	753,7	754,3	754,7	754,2	753,4
11:00 PM	752,9	753,4	754,6	755,6	755	756,1	756,3	754,5	753,6	753,5	754	752,7	753,6	753,8	755,3	755,2	755,6	755,5	754,2	752,6	753,9	755,1	754,6	754,1	754,3	753,7	754,1	754,5	755,1	754,4	753,7
12:00 AM	753	753,3	754,5	755,6	755,1	756	756,1	754,5	753,6	753,4	754,1	752,8	753,7	753,7	755,1	755	755,5	755,3	754	752,5	753,9	755	754,5	754,3	753,8	753,5	754,4	754,3	755,1	754,3	753,5

**Tabla A- 10:** Datos registrados de la Temperatura del Aire durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** EMOV

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORA	°C																														
1:00 AM	8,1	9,1	11,5	13,9	12,3	12,2	13,6	12,7	11,1	12,2	9,6	13,2	13,3	12,4	10,6	12,4	13,1	12,7	13,1	11,4	12,8	12,8	11,1	11,4	11	10,3	13	12,6	10,7	10,5	12
2:00 AM	7,4	8,3	10,6	13,5	12,5	11,8	13,4	11,4	11,2	12,3	8,8	12,3	12,6	11,4	10	12,6	12,2	11,5	12,8	11,2	12,6	12,7	10,6	10,6	10,6	9,7	12,5	12,5	10,4	10,5	11,7
3:00 AM	6,5	7,5	9,8	13,4	12,4	11,2	13,3	11,1	11	11,8	8,4	12,1	11,2	11,3	10	12,3	11,1	11,1	12,7	11,3	12	12,6	10,3	9,7	10,3	9,4	11,4	12,3	10,1	10,5	11,8
4:00 AM	6	6,9	9,4	13,1	12,1	10,7	13	11	10,8	11,8	8	11,8	11	11,1	9,9	12,3	10,8	10,6	12,3	10,6	11,7	12,2	9,8	9,2	10,6	9,6	10,9	12,2	9,8	10,4	11,7
5:00 AM	5,5	6,3	9,7	12,8	11,4	10,7	12,7	10,9	10,5	11,6	8	11	10,3	10,7	9,4	12,3	10,2	11	12,3	9,8	11,2	12	9,5	8,6	10,2	9,9	11,1	12,3	9,6	10,3	11,1
6:00 AM	4,8	6	9,4	12,6	11,3	10,7	12,3	10,7	10,4	11,4	8,3	10,2	10,8	10,7	9,3	11,5	9,6	11,3	12,6	9,9	10,7	12	9,4	8,5	10,1	9,8	11,1	12,2	9,8	10,3	11,3
7:00 AM	4,9	5,6	10,1	12,6	11,3	10,9	11,9	10,9	10,4	11,2	8	10,5	10,5	10,9	10,1	10,8	9,4	11,4	12,7	10	10,3	12,1	9,2	8,1	10,2	9,8	11	12,1	9,9	10,3	11,6
8:00 AM	7,9	6,8	11,3	13,2	12	11,4	12,4	12	11,2	12,8	8,2	10,8	10,9	12,6	11	11,9	10,2	12,9	12,9	10,2	11	12,4	9,9	9,9	10,8	10,9	11,6	12,6	10,5	11,3	14,7
9:00 AM	9,9	9,1	13,5	14,6	12,6	12,9	14,7	14	13,1	15,7	8,7	11,9	12,5	15,6	14,8	13,3	12,2	15	13,7	11,1	11,7	13,2	12,5	13,4	12	12,6	13,9	13,4	12,4	14,1	15,9
10:00 AM	12,4	12,8	15,2	15	13,3	16	16,1	15,9	15,4	17,4	10,5	13,5	15,4	17	18,2	14,7	15,9	15,1	14,8	12,6	13,2	14	15,6	15,7	14,1	15,3	16,1	15,7	14,5	13,8	17,2
11:00 AM	15,6	16,3	16,7	15,3	14,9	17	17,3	17,3	16,5	18,5	14,3	16,2	17,8	18,6	19,6	17,4	18,9	16,2	17,9	14	14,7	14,6	18,1	18,5	15,3	18,3	17,9	17,3	15,7	16,3	18,1
12:00 PM	17,5	19,2	18,2	16,4	16,3	17,9	17,5	17,8	16,7	19,2	18,2	19,3	18,5	19,5	20,8	19,1	20,7	17,7	19,8	17,4	15,6	16,5	19,4	19,4	16	18,3	19	17,9	16,3	18,1	18,5
1:00 PM	18,1	21,1	18,2	17	16,6	19,2	18	17,5	16,4	18,3	20	21,3	19,3	20,1	21,6	19,7	21,8	18,4	21,6	19,8	15,3	16,8	20,6	20,4	14,5	18,5	18,9	16,2	16,8	19	19
2:00 PM	18,4	22	18,6	17,7	16,6	19,6	18,4	17,8	16,6	18,5	20,1	22,4	20,9	20,2	21,7	20,7	22,3	20,1	22,9	20,3	14,8	18	21,5	21	15,7	19,2	16,4	16,1	16,4	19,6	18,2
3:00 PM	19,1	22,4	18,7	18,4	17,6	20,1	18,3	17,5	18	18,3	20,8	23,1	21	20,3	21,1	20,9	22,3	21,7	22,1	20,8	14,6	18,3	21,8	20,8	18,5	19	18,1	17	13,6	18,4	18,6
4:00 PM	19,1	22,5	18,6	18,8	18,6	20,2	17,8	17	17,6	17,4	21,5	22,9	20,2	20,3	21,1	20,6	22,2	21,3	20,7	20,1	14,4	18,2	20,7	20,6	18,1	18,9	18,8	17,4	14	17,5	18,4
5:00 PM	18,8	21,8	18	18,4	17,8	19,4	16,4	15,9	16,7	17,6	20,8	21,3	20,8	19,9	20,1	20,7	20,4	20	11	18,9	14,6	17,2	20,1	18,5	16,9	18,7	17,9	17,1	13,9	17	17,8
6:00 PM	17,9	20,7	17,4	18,7	16,6	17,7	16	15,7	16,1	15,8	19,5	20,3	18,7	19,3	19,4	18,6	19,8	17,9	12,6	17,7	14,1	16,3	18,4	16,5	17	17,6	14,6	16,7	14	16,6	16,7
7:00 PM	16,7	18,9	16,7	17,8	13,8	16,3	15,4	14,9	15,5	13,7	17,7	17,9	17,7	17,7	18,1	17,6	19	16	13,5	17	13,9	15,5	17,2	16,1	16,2	17	14,4	15,7	13,6	15,5	15,6
8:00 PM	15	17,1	15,4	16,2	13,7	15,6	14,7	14	14,8	13,6	15,9	17,1	16,9	16,1	17,2	17,1	17	14	13,2	16,5	13,7	14,1	16,5	15,7	15,4	16	14,6	15	12,4	14,3	15,2
9:00 PM	13,1	15,4	14,7	14,4	13,9	15,2	14,3	12,5	14	12,7	14,8	16	16,5	14,7	16,5	16,4	16	13,6	12,7	15,7	13,3	13,8	15,8	14,8	14,4	14,2	14,3	13,6	11,3	14,3	14,9
10:00 PM	12	14,1	14,6	14	14	14,1	13,7	11,9	13,8	12,1	14,4	14,9	14,3	13,6	15,4	15,4	14,8	13,9	12,5	14,2	13	13,6	14,9	13,8	13	14	13,9	12,4	10,8	13,5	14,6
11:00 PM	11,4	13,4	14,5	13,6	13,5	13,5	13,6	11,9	12,7	11,2	14,4	13,6	14,8	12,4	14,7	14	13,6	13,6	12	13,5	12,9	13,4	13,7	12,4	11,9	14,1	13,2	11,3	10,8	12,5	14,5
12:00 AM	10,2	12,4	14,2	13,1	12,8	13,7	13,3	11,8	12,2	10,5	13,7	13,2	14,1	11,5	13,2	13,4	13,3	13,5	11,9	13,1	12,7	12,6	12,2	11,5	11,1	13,3	13	10,9	10,6	12	14,3

**Tabla A- 11:** Datos registrados de la Radiación Solar durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** EMOV

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
HORA	w/m2																															
1:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7:00 AM	21	12	11	4	9	9	7	12	11	18	7	7	8	7	39	15	17	29	12	9	14	11	25	14	15	11	15	9	5	10	35	
8:00 AM	186	109	169	105	68	104	89	150	90	180	38	58	88	205	104	84	110	181	146	43	120	77	164	187	110	59	80	74	57	167	266	
9:00 AM	432	368	249	270	113	231	301	324	280	460	92	169	235	469	459	131	359	338	110	123	151	118	482	476	193	246	399	199	386	339	476	
10:00 AM	651	659	337	271	179	438	515	531	402	684	301	363	471	723	694	269	686	187	273	323	287	219	713	726	370	536	593	458	377	220	643	
11:00 AM	836	838	457	304	248	439	778	707	441	859	835	840	705	903	900	535	885	253	805	595	277	230	873	924	341	988	825	714	213	616	755	
12:00 PM	788	946	746	389	393	611	639	609	428	692	991	976	626	1012	1065	738	1027	486	924	988	285	755	958	948	290	736	836	537	300	578	727	
1:00 PM	582	949	386	388	324	931	674	705	258	240	674	983	457	1041	1090	631	973	469	1023	651	232	535	814	997	127	407	408	362	285	893	683	
2:00 PM	476	703	593	461	223	828	559	310	445	343	537	938	757	891	775	693	881	920	795	604	388	924	852	981	495	562	378	355	239	750	495	
3:00 PM	609	755	446	571	396	907	445	429	577	232	421	867	636	855	740	538	870	723	237	346	335	683	865	631	760	355	559	491	254	341	618	
4:00 PM	323	683	288	343	403	694	187	329	223	215	371	638	591	692	449	494	469	290	141	454	177	459	461	371	255	280	406	389	289	269	322	
5:00 PM	219	376	160	128	271	374	131	118	100	166	162	188	413	450	327	333	294	99	12	253	159	135	339	148	212	175	153	157	181	205	178	
6:00 PM	49	134	74	135	79	80	74	68	92	20	63	104	79	172	120	113	148	34	4	82	43	39	57	53	129	48	48	112	32	68	54	
7:00 PM	5	5	5	12	2	6	4	5	6	1	6	8	6	6	11	5	5	0	1	6	2	1	3	4	5	4	4	3	3	1	3	
8:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla A- 12:** Datos registrados de la Velocidad del Viento durante el mes de agosto del 2017. **Fuente:** EMOV

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
HORA	m/s																														
1:00 AM	0	0,5	0,8	1,1	1,6	0,3	2,2	1,4	0,5	0,5	0,8	1	0,6	1,1	0,5	0,9	0,9	1,3	1	0,3	0,3	2,4	0,8	0,7	0,8	0,5	1	0,6	0,5	0,5	1,2
2:00 AM	0,5	0,6	0,6	1,5	0,7	0,6	1,9	0,7	0,7	0,6	0,4	1,2	0,9	1,3	0,6	0,3	1,1	0,8	0,6	0,8	0,6	1	1,1	1,2	1	0,5	0,7	1,1	0,4	0,6	0,4
3:00 AM	0,5	0,6	0,8	1,2	0,5	0,4	1,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	1,1	0,7	0,8	1	0,8	0,6	0,4	1	0,4	1,3	0,6	1,2	1	0,8	1,2	1	0,9	0,4	0,5
4:00 AM	0,6	0,5	0,8	1,1	0,9	0,4	1,5	1,2	0,7	0,3	0,7	1	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,8	1,2	1,3	0,4	2,2	0,7	0,8	0,7	0,3	0,2	0,3	0,5	0,8	0,9
5:00 AM	0,6	0,5	0,7	1,2	1,1	0,5	1,4	1	1,3	1,1	0,7	0,5	0,8	1,2	0,5	0,5	0,4	0,2	0,9	1,5	0,3	2,3	0,4	0,7	1,1	0,6	0,7	0,5	0,7	0,8	0,8
6:00 AM	0,6	0,4	0,8	1,7	0,8	0,4	1,9	1,4	0,9	0,6	0,6	0,8	0,2	0,7	0,5	1	0,5	0,8	0,7	1,2	0,2	1,2	0,7	0,7	0,3	0,7	1,3	0,8	0,5	0,8	0,5
7:00 AM	0,6	0,4	0,6	1,7	0,7	0,4	1,4	0,6	0,2	0,9	1,3	0,1	0,8	1,1	0,9	0,4	0,7	0,5	1,1	1	0,3	1,3	0,8	0,7	0,6	0,7	1	0,5	0,1	0,6	0,5
8:00 AM	0,4	0,6	1	1,8	0,7	1,3	0,5	0,4	0,6	0,9	0,9	0,7	1,3	0,8	0,5	0,7	0,7	1	1,4	1,7	0,9	1,4	1,3	1	1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	0,8
9:00 AM	1,3	0,9	0,7	2,5	1	1,2	1,1	0,8	0,6	1,3	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,4	0,9	0,1	1,3	0,8	1,3	1,2	0,7	0,9	0,5	0,7	1,1	0,7	1,2	2,5
10:00 AM	1	0,9	2,4	2,7	1	0,2	3,7	1,7	3,2	2,4	0,7	0,9	0,5	1,9	1	0,9	0,2	1,3	1,5	0,4	1	1,7	0,5	1	0,9	0,7	0,4	1,9	0,9	1,4	3,7
11:00 AM	1,1	0,9	3,8	2,9	1	0,8	4,9	3,1	4,2	3,4	0,7	0,8	2	4,1	3,4	1,4	2,1	0,9	0,9	1	1,8	3,2	2,1	1,9	1,4	2,1	3	2,5	0,5	1,6	3,7
12:00 PM	1,4	1,1	3,9	1,9	2,4	2,4	5,7	4,4	4,6	4,6	0,8	0,6	3,1	5,3	5,1	2,8	3,3	1,2	0,5	0,3	2,8	3,4	2,4	3,5	1,9	3,4	3,2	2,7	1,7	3,2	4,1
1:00 PM	1,4	2,1	5	1,5	3	4,1	5,7	4,3	4,1	4	1,2	2,8	2,5	5,8	5,7	4,1	4,4	2,3	2	1,3	2,8	4,4	2,9	4,8	0,7	2,9	3,6	3,5	3,1	5	4,5
2:00 PM	2,3	2,8	4,5	3	2,4	4,6	5,7	3,8	3,8	3,7	1,3	3,3	3,7	6,8	5,7	3,8	5,5	1,1	1,5	1,2	4	5,4	3,6	4,3	1,7	3,9	3,6	3	3,4	4,9	4,9
3:00 PM	2,6	4	3,9	2,6	2,7	5,2	5,5	4,3	3,7	4,3	1,3	2,9	4,5	6,1	4,3	4,2	4,5	1,9	2,2	4,5	4	4,4	4,8	3,9	2,4	3,5	2,5	4	2,7	5,6	3,2
4:00 PM	1,9	4,8	3,6	2,8	2,6	5,1	5,2	4	3,7	3,4	0,4	3,8	4,1	5,5	5,2	3,7	4,2	1,9	0,5	5,3	2,4	4,9	5,1	3,6	4,9	3,3	2,3	3,8	1,3	4,8	4
5:00 PM	2,7	4,3	3,5	2,3	4,2	4,6	4,6	3,7	3,7	2	2,3	4	3,7	5,6	5,1	3,8	4,4	1,7	1,1	4,8	3	4,6	5	4,9	3,8	3,6	1,3	3,3	1,8	4,6	3,8
6:00 PM	3,2	4	3,1	2	3	4,2	3,6	3,4	2,8	3,7	2,7	2,9	4,7	4	4,3	4,5	2,9	3,1	2,1	3,5	2,8	3,6	4,3	4,2	3,4	3,5	1,9	3,1	1,1	3	3,8
7:00 PM	2,4	3,3	3,7	2,1	1,8	3	2,2	2,6	2,1	2,8	2,2	0,9	3,3	3	2,4	2,8	2	0,8	2	3,2	1,8	3,2	2,7	2,5	3,1	2,3	2,3	2,2	1	2,4	3,1
8:00 PM	2,2	2,8	3	2,5	0,9	3,1	1,9	1,5	1,6	0,6	2,5	2,9	2,8	2,1	1,9	2,4	2	1,9	0,6	2,2	1,8	3,2	2	2,6	2,6	1,8	1,1	1,4	0,7	2,3	2,8
9:00 PM	1	1,7	2,5	2,3	0,7	2,8	1,6	2	1,3	1	3,5	2	2,2	1,9	2,7	1,9	1,1	1,3	0,5	1,5	1,8	2,2	2,1	1,8	1,1	1,5	1,1	1,4	1	2,3	2,4
10:00 PM	0,5	1,4	2,1	1,5	0,3	3,4	1,4	1	1,1	0,4	2,5	1,1	2,1	1,2	1,3	1,1	1,2	1	0,7	0,7	1,6	1,9	2	0,8	0,8	0,6	1,4	0,9	0,8	1,5	1,7
11:00 PM	0,8	0,4	1,9	1,7	0,8	2,7	0,8	0,6	1,6	0,7	1,6	0,8	1,5	0,5	0,6	1,3	0,7	1,3	0,6	0,9	2,4	1,1	1,1	1	0,8	0,3	1,9	0,4	0,8	1,1	2
12:00 AM	0,5	0,7	1,8	1,8	0,8	2,4	1	0,7	0,7	0,9	0,7	0,8	1,4	1,3	1,5	1	1	0,8	0,7	1	2,1	1	1,3	1	0,3	1,1	0,7	0,5	0,7	0,8	2

**Tabla A- 13:** Índices del tráfico vehicular del día lunes. **Fuente:** Autores

Hora	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6	Nodo 7	Nodo 8	Nodo 9
1:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6:00 AM	1,5	1	1	1	2	1	2	1,5	2
7:00 AM	2,5	1,5	3	2,5	3,5	3	2	3,5	3
8:00 AM	3	2,5	3	4	3	3,5	3	3	4
9:00 AM	3,5	1,5	3,5	2,5	3,5	2,5	4	3,5	3,5
10:00 AM	3	1,5	3,5	2,5	4	2	4	3	3,5
11:00 AM	4	1	2,5	1	4	2	4	4	4
12:00 PM	4	1	2,5	3,5	4	3,5	4	4	4
1:00 PM	2,5	2,5	2	3	3	3	3	3,5	4
2:00 PM	2,5	1	2,5	2	1,5	4,5	2	2,5	4
3:00 PM	2,5	1	2	2,5	3,5	2	4	2	3,5
4:00 PM	3,5	1	2,5	2,5	2,5	2	4	2,5	4
5:00 PM	4,5	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5	3	2	3
6:00 PM	2,5	1	2,5	3	4,5	2,5	3,5	2,5	4
7:00 PM	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	4	3,5	2,5
8:00 PM	3,5	2	2	2,5	3	2,5	2	3,5	3,5
9:00 PM	2	2	3	2	2,5	2	2,5	3,5	3
10:00 PM	2,5	2	2	3	3,5	3	3	2	3
11:00 PM	1,5	1	1,5	1,5	2	1,5	2	2	1
12:00 AM	1	1	2	1	1	1	1,5	1	1

**Tabla A- 14:** Índices del tráfico vehicular del día martes. **Fuente:** Autores

Hora	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6	Nodo 7	Nodo 8	Nodo 9
1:00 AM	1	1,5	1	1	1,5	1	1	1	1,5
2:00 AM	1	1	1,5	1	1	1	1	1	1
3:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5:00 AM	1	1	1	1	1	1	1,5	1	1
6:00 AM	3	2	2	2	2	1	2	1,5	2
7:00 AM	4	4	3,5	4	3,5	3,5	3,5	3,5	4
8:00 AM	3,5	3	3,5	3	3,5	3,5	3	2,5	3
9:00 AM	3	2	4	3	2,5	1,5	2,5	3	3,5
10:00 AM	3	1	3	2,5	2,5	2	3,5	3	3,5
11:00 AM	3	1,5	2,5	2	2	3	3	3	4
12:00 PM	3	2	2	3	2,5	4,5	3	3	3,5
1:00 PM	3	4	3	3	3	3,5	3	3,5	4
2:00 PM	4	3	2	2	2	2,5	2,5	3	3
3:00 PM	4	1,5	2,5	2,5	2,5	3	2	3	2,5
4:00 PM	2,5	2	4	2,5	4	3	2	3	2
5:00 PM	4	3	4	2,5	4	3	3	2,5	2,5
6:00 PM	3,5	3,5	4	4	3,5	4	2,5	3	3,5
7:00 PM	3,5	3	3,5	3	3	4	2,5	3	4
8:00 PM	3,5	3	3,5	3	3	2,5	3	2	3,5
9:00 PM	3	2,5	3,5	2,5	3	2,5	2	2	3

10:00 PM	2,5	1	3,5	1	2,5	1,5	2,5	2	3
11:00 PM	1,5	1	2	1	2,5	2,5	2	2	2
12:00 AM	1	1	1,5	1	2	1	1	1	1,5

Tabla A- 15: Índices del tráfico vehicular del día miércoles. Fuente: Autores

Hora	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6	Nodo 7	Nodo 8	Nodo 9
1:00 AM	1	1,5	1	1	1,5	1	1	1	1,5
2:00 AM	1	1	1	1	1	1,5	1	1	1
3:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6:00 AM	3	2	1,5	1	1,5	2	2	2	2
7:00 AM	3	4	4	3,5	4	3,5	3	4	4
8:00 AM	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3	3,5
9:00 AM	3,5	2,5	3,5	3	3,5	3,5	3	2	2
10:00 AM	3,5	2	2	2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
11:00 AM	3	2	2,5	2	3	3	3	3,5	3
12:00 PM	3	3	2	3	4	3	4	3	4
1:00 PM	3	4	4	3,5	3	3	4	4	4
2:00 PM	3,5	3	2,5	3	2,5	2,5	3	3,5	3
3:00 PM	3,5	2	4	2	2,5	2	2,5	3	4
4:00 PM	3,5	2	3	3	3	2	3	3	4
5:00 PM	3	2,5	3	3,5	4	3	3,5	2,5	3
6:00 PM	3	4	2,5	4	2,5	3	3,5	3,5	4
7:00 PM	4	3	2,5	3	3	2,5	3	3	4
8:00 PM	3	2,5	2	3	3	3	3	3	4
9:00 PM	3	1	2,5	2	2,5	2	3	3	3,5
10:00 PM	2,5	1,5	2,5	1,5	2	3	3	1,5	3
11:00 PM	2	1	1,5	1	2,5	2	2	1,5	2
12:00 AM	1,5	1	2	1	2	1	1	1,5	1,5

Tabla A- 16: Índices del tráfico vehicular del día jueves. Fuente: Autores

Hora	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6	Nodo 7	Nodo 8	Nodo 9
1:00 AM	1,5	1	1	1	1,5	1	1	1,5	1
2:00 AM	1	1	1	1	1	1	1,5	1	1
3:00 AM	1	1	1	1	1,5	1	1	1	1
4:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5:00 AM	1	1	1	1,5	1	1	1	1	1
6:00 AM	3	3	2	2	2	1	3	2	1,5
7:00 AM	3,5	4	4	4	3	3,5	3,5	4	4
8:00 AM	4	3	3	4	4	3	3	3,5	4
9:00 AM	4	3	4	2,5	4	2	2,5	3,5	3
10:00 AM	3	2,5	2,5	3	3	2,5	4	3	3,5
11:00 AM	3	2,5	2	3	2	4	4	2	3,5
12:00 PM	3	3	3,5	4	4	2,5	3	3	3
1:00 PM	3	4	4	3	3	3,5	3	4	3,5
2:00 PM	3	2	3	3	2	3,5	3	3	3
3:00 PM	2	3	3	2	3,5	3	3,5	2,5	3
4:00 PM	4	3	2	2	3	3,5	3,5	2,5	2,5
5:00 PM	3,5	2,5	3,5	3	2,5	2,5	3,5	3	3

6:00 PM	3,5	3	3	3	3,5	3	3	3,5	3
7:00 PM	4	3	3,5	3,5	3,5	3	4	2	4
8:00 PM	3	2,5	3,5	3	2,5	3	3	2	4
9:00 PM	3	3	3	2	3	3	2	3	3
10:00 PM	2	2,5	3	3	3	2	3	2	2,5
11:00 PM	2	1	1,5	1	2	2	1,5	2	1
12:00 AM	1,5	1	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1	1

**Tabla A- 17:** Índices del tráfico vehicular del día viernes. **Fuente:** Autores

Hora	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6	Nodo 7	Nodo 8	Nodo 9
1:00 AM	1	1,5	1	1	1	1	1,5	1	1
2:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3:00 AM	1	1	1,5	1	1	1	1	1	1
4:00 AM	1	1	1	1,5	1	1	1	1	1
5:00 AM	1	1	1	1	1	1	2	1	1
6:00 AM	2	1,5	3	1	1,5	2	3	2	1,5
7:00 AM	3,5	3	3,5	4	4	3,5	3	4	3
8:00 AM	3,5	3,5	2,5	3	3	3,5	2,5	3,5	3,5
9:00 AM	3,5	2	2,5	2,5	3	2	3,5	3	2,5
10:00 AM	3	1,5	2,5	2,5	2	3,5	2	4,5	3
11:00 AM	3	2	3	2	3	2,5	2	3	3
12:00 PM	3	3	3	4	3	3	2	4	2,5
1:00 PM	3	3	3	4,5	3	2,5	3	3,5	4
2:00 PM	2,5	2,5	2	2,5	2	2,5	3	3	3
3:00 PM	2	3	2	2,5	2,5	3,5	3	4	3,5
4:00 PM	2	2,5	4	3	2,5	2,5	3,5	2,5	4
5:00 PM	2,5	3	4	2,5	2,5	2,5	3	3	4
6:00 PM	2,5	4	4	3	3	2,5	3	3	4
7:00 PM	3	2	3,5	3	3	3	3	3,5	4
8:00 PM	4	2	3	3,5	3	3	2,5	3,5	2,5
9:00 PM	4	2	3,5	3,5	1,5	3	4	2	2,5
10:00 PM	3	1,5	3,5	2	2	3	2	2	3,5
11:00 PM	1	2	2	1,5	2	1	2	1	1
12:00 AM	2	2	1	2	1	1,5	1	2	2

**Tabla A- 18:** Índices del tráfico vehicular del día sábado. **Fuente:** Autores

Hora	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6	Nodo 7	Nodo 8	Nodo 9
1:00 AM	1,5	1	1	1	1,5	1	1	1	1
2:00 AM	1	1	1,5	1	1	1	1	1	1
3:00 AM	1	1	1	1,5	1	1	1	1	1
4:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1
5:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5
7:00 AM	1	2	1,5	1	1	1	1,5	1	1,5
8:00 AM	1,5	3	2,5	3	2,5	3	3	2,5	3
9:00 AM	2,5	3	2	2,5	2,5	1,5	2	2	2,5
10:00 AM	2,5	2	2,5	2,5	1,5	2,5	2	3	2
11:00 AM	2	3	2,5	2	2,5	2,5	3	2	2
12:00 PM	3	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2	3	2,5

1:00 PM	2,5	2,5	3	3	4	2,5	2	2	2
2:00 PM	2	3	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3
3:00 PM	2	3	2,5	2,5	2,5	2	3,5	2	2
4:00 PM	2	2	3	2,5	3	2	3	2	2
5:00 PM	1,5	2	3	3	2,5	3	1	2,5	3,5
6:00 PM	2	2	3	3	2,5	3	2,5	3	3
7:00 PM	3	2,5	3	2	2,5	2,5	3	2	3
8:00 PM	3,5	2	3,5	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
9:00 PM	2,5	3	2,5	2	2,5	2	2	3	3
10:00 PM	2,5	1	2	2	2	2,5	2	3,5	1,5
11:00 PM	2,5	2	2	1	1	1	2	2	2,5
12:00 AM	1	2	1	1	1	1,5	1	1	2

**Tabla A- 19:** Índices del tráfico vehicular del día domingo. **Fuente:** Autores

Hora	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6	Nodo 7	Nodo 8	Nodo 9
1:00 AM	1,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1
2:00 AM	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1
3:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6:00 AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5
7:00 AM	1	1	1	2	1	1	1	2,5	1
8:00 AM	1	1	1	2	1	1	2	2,5	1,5
9:00 AM	1	3	2	2	1,5	1,5	2	2,5	2,5
10:00 AM	2,5	1	2	2,5	1,5	1,5	2,5	3	2
11:00 AM	3	2	1	2	2,5	2	1	2	2,5
12:00 PM	2,5	2	2	1,5	2,5	2	1	2	2
1:00 PM	2	2,5	1	2	2,5	2	1	2,5	2
2:00 PM	1,5	2,5	2,5	1	2	1,5	2	2,5	2,5
3:00 PM	2	2	2	2,5	1,5	2	2	2	3
4:00 PM	3	2,5	2	2	2	2	2	2,5	2
5:00 PM	3,5	1	2	2,5	2,5	1,5	3	2,5	2,5
6:00 PM	2,5	2,5	2	1,5	2,5	1,5	3	2,5	2,5
7:00 PM	3	2,5	2,5	2	2,5	1	2,5	2	2
8:00 PM	2	2	1,5	2,5	2	1,5	2,5	2,5	2,5
9:00 PM	1,5	1,5	2	1,5	2	2	2,5	2,5	2
10:00 PM	1,5	2	2	2	1,5	1,5	1,5	2	2
11:00 PM	1,5	1	1,5	1	1,5	2	2	2	1,5
12:00 AM	1,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1,5

## Algoritmo utilizado para el Análisis de Componentes Principales

```
%Análisis de Componentes principales

%corr (): Determina la correlación entre las 13 variables
%Medgasesmeteotra: Matriz que contiene los datos de las 13 variables
CC=corr (medgasesmeteotra, medgasesmeteotra);
%Realiza el análisis de componentes principales mediante las varianzas
inversas.
w=1. /var(medgasesmeteotra);
[wcoeff,score,latent,tsquare,explained]=pca(medgasesmeteotra,'Variable
Weights',w);
%Coeficientes de transformación (transformar los coeficientes para que
sean ortonormales.
coefforth=inv(std(std(medgasesmeteotra)))*wcoeff;
% Puntuaciones de componentes
%score: contiene las coordenadas de los datos originales en el nuevo
sistema de coordenadas definido por los componentes principales. La
matriz de score es el mismo tamaño que la matriz de datos de entrada.
cscores=zscore(medgasesmeteotra)*coefforth;
%cscores y la score son matrices idénticas.

%Crea un diagrama de las dos primeras columnas de la score.
figure ()
plot(score(:,1),score(:,2),'+')
xlabel('Primer Componente Principal')
ylabel('Segundo Componente Principal')

%Variaciones del componente: La tercera salida "latent" es un vector que
contiene a la varianza explicada por el componente principal
correspondiente. Cada columna de score tiene una varianza muestral igual
a la correspondiente fila de latent.

%La quinta salida "explained" es un vector que contiene la varianza
porcentaje explicada por el componente principal correspondiente.

figure ()
pareto(explained)
xlabel('Componente Principal')
ylabel('Varianza Explicada (%)')

figure ()
pareto(latent)
xlabel('Componente Principal')
ylabel('Varianza Explicada')

% Visualizar los resultados

%Visualizar tanto los coeficientes de ortonormal y Componentes
Principales
%Para cada variable y las puntuaciones de componentes principales para
cada observación en una sola parcela.
% meteorologia_gases_traficoV: Matriz de texto que contiene el nombre
de las 13 variables
figure ()
biplot(coefforth(:,1:2),'Scores',score(:,1:2),'Varlabels',meteorologia
_gases_traficoV);
axis([-0.6 0.9 -0.7 0.7]);
xlabel('Primer Componente')
ylabel('Segundo Componente')
```

```
%Crea una Trama bi en tres dimensiones
figure()
biplot(coefforth(:,1:3), 'Scores', score(:,1:3), 'Varlabels', meteorologia
_gases_ traficoV);
axis([-0.6 0.9 -0.7 0.7 -0.8 0.8]);
view([30 40]);
```