



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA ESTADÍSTICA

**“ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LAS EMISIONES REALES
GENERADOS POR VEHÍCULOS LIVIANOS A GASOLINA BAJO
UN CICLO DE CONDUCCIÓN URBANO DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA, AÑO 2020”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA

AUTORA: MAYRA GERMANIA CEVALLOS LLAMUCA

DIRECTOR: Ing. HÉCTOR SALOMÓN MULLO GUAMINGA PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

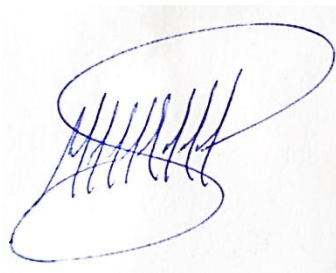
© 2022, **Mayra Germania Cevallos Llamuca**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, MAYRA GERMANIA CEVALLOS LLAMUCA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de marzo del 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'M' followed by several vertical strokes and a horizontal line, all enclosed within a large, irregular oval shape.

Mayra Germania Cevallos Llamuca

060469410-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA ESTADÍSTICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación **ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LAS EMISIONES REALES GENERADOS POR VEHÍCULOS LIVIANOS A GASOLINA BAJO UN CICLO DE CONDUCCIÓN URBANO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, AÑO 2020**, realizado por la señorita **MAYRA GERMANIA CEVALLOS LLAMUCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Johana Enith Aguilar Reyes Msc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-03-24
Ing. Héctor Salomón Mullo Guaminga PhD. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-03-24
Dra. Jaqueline Elizabeth Balseca Castro MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-03-24

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecir mi vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser la fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. A la escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas, ser mi segundo hogar y llenarme de conocimiento en esta travesía de mi vida. De manera muy especial a mi tutor, el Ing. Héctor Mullo, por ser la guía en este trabajo de investigación, finalmente a la Dr. Jaqueline Balseca como miembro del tribunal. A mis padres, Eduardo y Margarita por ser los principales promotores de mis sueños, por sus consejos, valores y principios que me han inculcado y por siempre confiar en mí. A mis hermanos que han sido un pilar fundamental para poder culminar esta etapa de mi vida. A mis sobrinas por ser mi inspiración y mi alegría.

Mayra

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL	2
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Planteamiento del problema.....	2
1.3.	Justificación	3
1.4.	Objetivos de la investigación.....	4
1.4.1.	<i>Objetivo General</i>	4
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	4
1.5.	Marco Teórico Aplicativo	5
1.5.1.	<i>Antecedentes</i>	5
1.5.2.	<i>Ambiente</i>	7
1.5.3.	<i>Contaminación atmosférica</i>	7
1.5.4.	<i>Contaminantes atmosféricos</i>	8
1.5.5.	<i>Modelos de los autos</i>	10
1.5.6.	<i>Ciclos de combustión</i>	10
1.5.7.	<i>Motores de combustión</i>	11
1.5.8.	<i>Normas de contaminación atmosférica</i>	13
1.5.9.	<i>Afectación por contaminantes atmosféricos</i>	13
1.5.10.	<i>Tipos de gases producto de emisiones</i>	15
1.5.11.	<i>Gases contaminantes</i>	16
1.5.12.	<i>Motores a diésel</i>	17
1.6.	Marco Teórico Referencial.....	17
1.6.1.	<i>Análisis univariante</i>	17
1.6.1.1.	<i>Medidas de tendencia central</i>	17
1.6.1.2.	<i>Media</i>	18
1.6.1.3.	<i>Desviación estándar</i>	18

1.6.1.4.	<i>Coficiente de variación</i>	18
1.6.1.5.	<i>Asimetría</i>	19
1.6.1.6.	<i>Curtosis</i>	19
1.6.2.	<i>Análisis multivariante</i>	19
1.6.2.1.	<i>Matriz de varianzas y covarianzas</i>	20
1.6.2.2.	<i>Matriz de correlaciones</i>	20

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1.	Tipo de investigación	27
2.2.	Localización del estudio	27
2.3.	Población en estudio	28
2.4.	Tamaño de la muestra	28
2.5.	Modelo Estadístico	28
2.6.	Identificación de variables	29
2.7.	Operalización de variables	29

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS	30
3.1.	Análisis de datos atípicos	30
3.2.	Análisis exploratorio univariante de datos	30
3.2.1.	<i>Variables cuantitativas</i>	30
3.2.2.	<i>Vehículo Cherry Nice (China)</i>	30
3.2.3.	<i>Vehículo Hyundai Accent Corea</i>	34
3.2.4.	<i>Vehículo Audi (Alemania)</i>	38
3.2.4.	<i>Vehículo Chevrolet Aveo, ensamblado en Ecuador</i>	42
3.3.	Análisis exploratorio multivariante de datos	46
3.3.1.	<i>Vector de medias</i>	46
3.3.2.	<i>Vehículo Cherry Nice (China)</i>	46
3.3.3.	<i>Matriz de varianzas y covarianzas</i>	47
3.3.5.	<i>Vehículo Hyundai Accent (Corea)</i>	48
3.3.6.	<i>Vector de medias</i>	48
3.3.7.	<i>Matriz de varianzas y covarianzas</i>	48
3.3.8.	<i>Matriz de correlación</i>	48
3.3.9.	<i>Vehículo Audi (Alemania)</i>	49

3.3.10.	<i>Vector de medias</i>	49
3.3.11.	<i>Matriz de varianzas y covarianzas</i>	49
3.3.12.	<i>Matriz de correlación</i>	50
3.3.13.	<i>Vehículo Chevrolet Aveo Family (Ecuador)</i>	50
3.3.15.	<i>Matriz de varianzas y covarianzas</i>	51
3.3.16.	<i>Matriz de correlación</i>	51
3.4.	Análisis de técnicas Multivariantes	52
3.5.	Cálculo del Análisis Factorial	52
3.5.1.	<i>Análisis factorial del vehículo Cherry Nice procedente de China</i>	52
3.5.2.	<i>Análisis factorial del vehículo Hyundai Accent procedente de Corea</i>	55
3.5.3.	<i>Análisis factorial del vehículo Audi procedente de Alemania</i>	57
3.5.4.	<i>Análisis factorial del vehículo Chevrolet Aveo Family ensamblado en Ecuador</i> 60	
3.6.	Análisis de componentes Principales	63
3.6.1.	<i>Emisiones del vehículo Cherry Nice, China</i>	63
3.6.2.	<i>Emisiones del vehículo Hyundai Accent, Corea</i>	64
3.6.3.	<i>Emisiones del vehículo Audi 2000, Alemania</i>	66
3.6.4.	<i>Emisiones del vehículo Chevrolet Aveo Family, ensamblado en Ecuador</i>	68
3.6.4.1.	<i>Comparación de la primera componente</i>	70
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	71
4.1.	DISCUSIÓN	71
	CONCLUSIONES	72
	RECOMENDACIONES	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Técnicas multivariantes	5
Tabla 2-1: Técnicas estadísticas.....	6
Tabla 3-1: Técnicas Estadísticas	7
Tabla 4-1: Niveles promedio de 24 hrs de mezclas de contaminación atmosférica conteniendo SO ₂ y partículas en suspensión, según la OMS (1990)	14
Tabla 5-1: Efectos agudos esperados por contaminación fotoquímica en días caracterizados por niveles máximos de concentraciones de ozono de 1 hr.	15
Tabla 6-2: Emisiones reales de vehículos de la ciudad de Riobamba.....	28
Tabla 7-2: Emisiones reales de vehículos de la ciudad de Riobamba.....	29
Tabla 8-3: Resumen estadístico de la variable monóxido de carbono	30
Tabla 9-3: Resumen estadístico de la variable Dióxido de carbono	31
Tabla 10-3: Resumen estadístico de la variable Hidratos de carbono.....	32
Tabla 11-3: Resumen estadístico de la variable Óxidos de nitrógeno	33
Tabla 12-3: Resumen estadístico de la variable Monóxido de carbono.....	34
Tabla 13-3: Resumen estadístico de la variable Dióxido de carbono	35
Tabla 14-3: Resumen estadístico de la variable Hidratos de carbono.....	36
Tabla 15-3: Resumen estadístico de la variable Óxido de Nitrógeno	37
Tabla 16-3: Resumen estadístico de la variable Monóxido de carbono.....	38
Tabla 17-3: Resumen estadístico de la variable Dióxido de carbono	39
Tabla 18-3: Resumen estadístico de la variable Hidratos de carbono.....	40
Tabla 19-3: Resumen estadístico de la variable Óxidos de nitrógeno.	41
Tabla 20-3: Resumen estadístico de la variable Monóxido de carbono.....	42
Tabla 21-3: Resumen estadístico de la variable Dióxido de carbono	43
Tabla 22-3: Resumen estadístico de la variable Hidratos de carbono.....	44
Tabla 23-3: Resumen estadístico de la variable Óxidos de nitrógeno	45
Tabla 24-3: Vector de medias	46
Tabla 25-3: Matriz de varianza y covarianza.....	47
Tabla 26-3: Matriz de correlación.....	47
Tabla 27-3: Vector de medias	48
Tabla 28-3: Matriz de varianza y covarianza.....	48
Tabla 29-3: Matriz de correlación.....	48
Tabla 30-3: Vector de medias	49
Tabla 31-3: Matriz de varianza y covarianza.....	49
Tabla 32-3: Matriz de Correlación.....	50
Tabla 33-3: Vector de medias	50

Tabla 34-3: Matriz e varianza y covarianza.....	51
Tabla 35-3: Técnicas utilizadas en trabajos de investigación	52
Tabla 36-3: Explicación de la varianza.....	52
Tabla 37-3: Cargas factoriales	53
Tabla 38-3: Comunalidades	54
Tabla 39-3: Explicación de la varianza.....	55
Tabla 40-3: Cargas factoriales	55
Tabla 41-3: Comunalidades	56
Tabla 42-3: Explicación de la varianza.....	57
Tabla 43-3: Cargas factoriales.....	58
Tabla 44-3: Comunalidades	58
Tabla 45-3: Explicación de la varianza.....	60
Tabla 46-3: Cargas factoriales	60
Tabla 47-3: Comunalidades	61
Tabla 48-3: Comparación de factores	62
Tabla 49-3: Contribuciones de las variables	64
Tabla 50-3: Contribuciones de las variables	65
Tabla 51-3: Contribuciones de las variables	67
Tabla 52-3: Contribuciones de las variables.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Representación de análisis Factorial	22
Figura 2-1: Gráfica de codo, componentes principales	24
Figura 3-2: Zona Urbana de la ciudad de Riobamba Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Monóxido de Carbono”	31
Gráfico 2-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Dióxido de Carbono”	32
Gráfico 3-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Hidratos de Carbono”	33
Gráfico 4-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Óxidos de Nitrógeno”	34
Gráfico 5-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Monóxido de Carbono”	35
Gráfico 6-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Dióxido de Carbono”	36
Gráfico 7-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Hidratos de Carbono”	37
Gráfico 8-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Óxido de Nitrógeno”	38
Gráfico 9-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Monóxido de Carbono”	39
Gráfico 10-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Dióxido de Carbono”	40
Gráfico 11-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Hidratos de Carbono”	41
Gráfico 12-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Óxidos de Carbono”	42
Gráfico 13-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Monóxido de Carbono”	43
Gráfico 14-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Dióxido de Carbono”	44
Gráfico 15-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Hidratos de Carbono”	45
Gráfico 16-3:	Densidad de frecuencias de la variable “Óxidos de Nitrógeno”	46
Gráfico 17-3:	Grafica de Correlación de las variables del vehículo Cherry Nice.....	47
Gráfico 18-3:	Correlación de las variables del Vehículo Hyundai Accent	49
Gráfico 19-3:	Correlación de las variables del Vehículo Audi	50
Gráfico 20-3:	Correlación de las variables del Vehículo Chevrolet Aveo.....	51
Gráfico 22-3:	Individual	54
Gráfico 23-3:	Variables.....	55
Gráfico 24-3:	Cargas factoriales	56
Gráfico 25-3:	Individual	57
Gráfico 26-3:	Variables.....	57
Gráfico 27-3:	Cargas factoriales	58
Gráfico 28-3:	Individual	59
Gráfico 29-3:	Variables.....	59
Gráfico 30-3:	Cargas factoriales	60
Gráfico 31-3:	Individual	61
Gráfico 32-3:	Variables.....	62
Gráfico 33-3:	Porcentaje de explicación de la varianza.....	63
Gráfico 34-3:	Componente de forma U1	64
Gráfico 35-3:	Porcentaje de explicación de la varianza.....	65
Gráfico 36-3:	Componente de forma U1	66

Gráfico 37-3: Porcentaje de explicación de la varianza.....	67
Gráfico 38-3: Componente de forma U1	68
Gráfico 39-3: Componente de forma U1	69
Gráfico 40-3: BoxPlot de múltiples variables.....	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1: Fórmula de la media	18
Ecuación 2-1: Fórmula de la desviación estándar	18
Ecuación 3-1: Coeficiente de Variación	18
Ecuación 4-1: Fórmula del coeficiente de asimetría	19
Ecuación 5-1: Fórmula del coeficiente de asimetría	19
Ecuación 6-1: Fórmula del vector de medias	20
Ecuación 7-1: Fórmula de la matriz de varianzas y covarianzas	20
Ecuación 8-1: Fórmula de la matriz de correlación	20
Ecuación 9-1: Criterio de dato sospechoso	21
Ecuación 10-1: Análisis factorial	21
Ecuación 11-1: Varianza observada	22
Ecuación 12-1: Unicidad	23
Ecuación 13-1: Factor principal	23
Ecuación 14-1: Varimax	24
Ecuación 15-1: Fórmula para obtener las componentes principales	24
Ecuación 16-1: Fracción de variabilidad explicada	24
Ecuación 17-1: Cálculo de la primera componente	25
Ecuación 18-1: Análisis de componentes normado	26

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE DATOS INICIAL VEHÍCULO CHERRY NICE (CHINA)

ANEXO B: MATRIZ DE DATOS INICIAL VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT (COREA)

ANEXO C: MATRIZ DE DATOS INICIAL VEHÍCULO AUDI (ALEMANIA)

ANEXO D: MATRIZ DE DATOS INICIAL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO FAMILY
(ENSAMBLADO EN ECUADOR)

ANEXO E: MATRIZ DE DATOS FINAL, LIBRE DE ATÍPICOS

ANEXO F: MATRIZ DE DATOS FINAL, LIBRE DE ATÍPICOS

ANEXO G: MATRIZ DE DATOS FINAL, LIBRE DE ATÍPICOS

ANEXO H: MATRIZ DE DATOS FINAL, LIBRE DE ATÍPICOS

ANEXO I: CÓDIGO EN R STUDIO, ANÁLISIS FACTORIAL

ANEXO J: CÓDIGO EN R STUDIO, ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como principal objetivo analizar estadísticamente las emisiones reales generados por vehículos livianos a gasolina bajo un ciclo de conducción urbana en la ciudad de Riobamba, en el año 2020. Con el uso de la metodología de tipo exploratoria-bibliográfica se tomó la información de cuatro bases de datos, con distinto número de emisiones de gases contaminantes cada una, tomando en consideración cinco variables, cuatro cuantitativas y una mudable estadística. Para llegar a los resultados óptimos se realizó un análisis estadístico descriptivo univariante mediante el uso del software libre R Studio; en contraste con el uso del análisis factorial se evidencio claramente, que en el vehículo Cherry Nice chino, se encontraron dos factores de acuerdo al número de emisiones generadas, el primer factor compuesto de monóxido de Carbono-Óxidos de Nitrógeno y el segundo factor Dióxido de Carbono. En el vehículo Hyundai Accent coreano con dos factores el primer factor Monóxido de Carbono-Hidrocarburos de Carbono, en el segundo factor Dióxido de Carbono-Óxidos de Nitrógeno. En el tercer vehículo Audi alemán se obtuvo el primer factor Monóxido de Carbono-Hidrocarburos de Carbono y Óxidos de Nitrógeno-Dióxido de Carbono para el segundo factor. Finalmente, el vehículo Chevrolet Aveo Family ensamblado en Ecuador de igual forma compuesto de dos factores, el primer factor consta de Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono y Ácido Carbónico y el segundo factor compuesto únicamente de Óxidos de Nitrógeno. Se concluyó que, al realizar el análisis de componentes principales, se obtuvo resultados de la primera componente para cada marca de vehículo de acuerdo a sus emisiones contaminantes, y que los vehículos procedentes de Corea, Alemania y Ecuador tienen en promedio emisiones de gases similares bajas, por el contrario, las emisiones de gases contaminantes generadas por el vehículo procedente de China son muy altas. Considerar más variables de emisiones reales, que provoquen los vehículos livianos a gasolina, para futuras investigaciones.

Palabras clave: <ESTADÍSTICA>, <ANÁLISIS MULTIVARIANTE>, <CICLO DE CONDUCCIÓN>, <EMISIONES REALES>, <AUTOS>.



D.B.R.A.
Ing. Cristian Cobos



1886-DBRA-UTEP-2022

SUMMARY

The main objective of this degree work was to statistically analyze the real emissions generated by light gasoline vehicles under an urban driving cycle in the city of Riobamba, in the year 2020. With the use of the bibliographical exploratory type methodology, the information was taken from four databases, with different numbers of emissions of polluting gases each, taking into consideration 5 variables, 4 quantitative and 1 modifiable statistics. To reach the optimal results, a descriptive statistical univariate analysis was performed by using the free software R Studio; in contrast to the use of factor analysis, it was clearly evidenced that in the Chinese vehicle Cherry Nice, two factors were found in agreement to the number of emissions produced, the first factor composed of Carbon monoxide-Oxide of Nitrogen and the second factor Carbon Dioxide. In the Korean vehicle Hyundai Accent with two factors the first factor Carbon Monoxide-Carbon Hydrocarbons, in the second factor Carbon Dioxide-Nitrogen Oxides. In the German vehicle Audi the first Carbon Monoxide- Carbon Hydrocarbons and Nitrogen Oxides-Carbon Dioxide factor for the second factor. Finally, the Chevrolet Aveo Family vehicle assembled in Ecuador from same form composed of two factors, the first factor consists of Carbon Dioxide, Monoxide of Carbon and Carbonic Acid and the second factor composed only of Nitrogen Oxides. By performing the principal component analysis, results were obtained from the first component for each vehicle brand according to their polluting emissions, and it is concluded that vehicles from Korea, Germany and Ecuador have a low average of greenhouse gas emissions, on the contrary, the emissions of polluting gases produced by the vehicle from China are very high.

Keywords: <STATISTICS>, <MULTIVARIATE ANALYSIS>, <CYCLE OF DRIVING>, <ACTUAL EMISSIONS>, <CARS>.



Edgar Mesías Jaramillo Moyano
060349739-7

INTRODUCCIÓN

El sistema automovilístico tanto nacional como internacional, es una problemática en el manejo de combustible, que hasta el día de hoy no se ha podido controlar la contaminación, ya que esta proviene de los procesos de combustión que se realiza para la obtención de energía que influye en el movimiento de los transportes tanto públicos como privados.

Con la presente investigación se prevé analizar la relación existente, entre los emisores presentes en la combustión (“CO₂: Es un gas no contaminante”, “CO: Es un gas tóxico”, “HC: La composición molecular forma agentes nocivos que son perjudiciales para la piel, ojos y conductos respiratorios” y “NO_x: Se produce por la formación de NO y NO₂ lo cual produce irritación al parpado respiratorio” y conocer el impacto ambiental por las condiciones de conducción en la ciudad de Riobamba.

El estudio de las emisiones reales generados por vehículos livianos se realiza de acuerdo a su país de procedencia, en el mismo que se analiza cuatro vehículos en particular: Cherry Nice chino, Hyundai Accent coreano, Chevrolet Aveo family con ensamblados hechos en Ecuador y Audi Alemán, cada uno con sus propias características. Se pretende conocer que vehículo es el que aporta la menor cantidad de emisiones reales, bajo su ciclo de conducción urbana de la misma.

El estado ecuatoriano tiene presente la frase buen vivir, que hoy en día se ha convertido en una responsabilidad de todos los habitantes, ya que con el que otorga un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, sumak kawsay.

En la ciudad de Riobamba se procede a informar a la ciudadanía, sobre las emisiones reales que emiten los diferentes vehículos, y de esta forma puedan optar por una estrategia de control la cual gestione la calidad de aire, para que el Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad busque estrategias para mitigar el impacto ambiental.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Después de la revolución industrial emitida a nivel mundial en 1760, el hombre utilizó los recursos naturales de manera económica, sin manifestar importancia sobre el campo ambiental, lo cual produce un desequilibrio físico y biológico en la atmósfera, alterando los ciclos biogeoquímicos del ecosistema natural.

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), el material particulado (MP) de diez micrómetros de diámetro o inferior (PM10, PM2.5), puede alcanzar pequeños vasos sanguíneos del pulmón (paredes de alvéolos), lugar donde se produce el intercambio de gases de la respiración, por lo cual, estos gases pueden inferir directamente en la sangre perjudicando a la salud humana (CABALLERO, 2011, pp 22) .

(SORTAGO, 2016), anuncia más del 80% de personas que habitan en zonas urbanas tienden a respirar aire contaminado que pueden provocar infartos cerebrales o enfermedades respiratorias crónicas. En el 2012 y 2013, el Ecuador presenta a la ciudad con más altos niveles de PM2.5 siendo Santo Domingo de los Tsáchilas; ciudad que enlaza la Costa y Sierra ecuatoriana. No obstante, el problema no se libra para una ciudad como Riobamba para los actuales días.

Las fuentes móviles representan a todas las fuentes de contaminación que no poseen una posición geográfica determinada. En esta categoría caben los vehículos propulsados por un motor de combustión interna, que, por su naturaleza, emiten diversos contaminantes tales como CO₂, CO, NO_x y Material Particulado (MP). Se mueven por la ciudad, por lo que el área de influencia de los contaminantes generados son difíciles de determinar, además son elevados en número (para la Región Metropolitana al año 2009 obtuvieron patente para circular 1.306.1401 vehículos motorizados) y finalmente, por las condiciones de operación de los automóviles, que están sometidos a una variación permanente del régimen de motor, se necesita conocer además las variables dinámicas que acompañan al desplazamiento del auto por la ciudad para determinar su emisión de contaminantes.

1.2. Planteamiento del problema

El presente proyecto de investigación busca dar respuesta a la siguiente interrogante:

¿Cuál es el vehículo liviano a gasolina, de acuerdo a su país de procedencia, bajo un ciclo de conducción urbana en la ciudad de Riobamba, que emana menor cantidad de gases contaminantes?

1.3. Justificación

Se desarrolla un procedimiento original para el estudio de las emisiones y consumo de vehículos en tráfico real, en el que se tienen en cuenta la influencia de los diferentes factores exógenos y endógenos que afectan al vehículo en condiciones de tráfico real. A pesar de que sobre este tema hay varias publicaciones de mucha importancia, la contribución de esta tesis está en que la metodología propuesta pretende estudiar los diferentes factores que influyen en las emisiones de forma conjunta, partiendo de ensayos en tráfico real en la ciudad de Riobamba.

La utilización de métodos estadísticos multivariantes en el tratamiento de datos provenientes de datos de la nube es de gran utilidad al momento de analizar emisiones generadas por vehículos livianos, siendo un método rápido y objetivo de evaluar los vehículos. Por otro lado, la rapidez con que estos métodos procesan inmensos volúmenes de información y la transforman en evaluaciones bastante fiables acerca de la situación de la problemática de los vehículos que integran el país.

La realización del presente análisis beneficiará a la población de la ciudad de Riobamba, debido a que de acuerdo a un estudio realizado en el año 2017 un estudio realizado por la Asociación Ecuatoriana Automotriz (EIA) indicó que el país cuenta con más de 200000 vehículos, donde el 35% serían altamente contaminantes debido a su antigüedad y que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Analizar las emisiones reales generados por vehículos livianos a gasolina mediante la aplicación de técnicas multivariantes para identificar los factores influyentes en las emisiones reales en un ciclo de conducción urbana de la ciudad de Riobamba, año 2020.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Revisar las técnicas multivariantes utilizadas en el análisis de las emisiones reales generados por vehículos livianos a gasolina.
- ✓ Identificar los factores influyentes en las emisiones reales en un ciclo de conducción urbana de la ciudad de Riobamba, por marca de vehículo liviano a gasolina, de acuerdo a su país de procedencia.
- ✓ Comparar los factores influyentes en las emisiones reales por marca de vehículo liviano a gasolina.
- ✓ Clasificar los vehículos livianos de acuerdo a sus emisiones reales menos contaminantes, en un ciclo de conducción urbana de la ciudad Riobamba, tomando en cuenta su país de procedencia.

1.5. Marco Teórico Aplicativo

1.5.1. Antecedentes

1.5.1.1. Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura

Según (Daniel Solano, 2021, pp. 22) evalúa los factores de emisión en ruta de tres combustibles utilizados principalmente por vehículos livianos en el Ecuador; gasolina Súper con 93 octanos; gasolina Extra con 87 octanos; y gasolina Eco país (gasolina Extra y un 5 % de bioetanol). Se utilizó un vehículo Chevrolet Aveo 1.6 L instrumentado con un sistema on-board para obtener información de las emisiones contaminantes y el consumo total de combustible en una ruta predeterminada de 12 km, a velocidad promedio de 40 km/h. Se utilizó el modelo simplificado de combustión para desarrollar un balance de masa respecto a la cantidad de carbono presente en el combustible, y así obtener los factores de emisión (FE i) en gramos de contaminante por kilómetro recorrido. Los resultados obtenidos son: gasolina Extra: CO 3.194 g/km, HC 0.060 g/km y NOx 0.142 g/km; gasolina 92 Súper: CO 4.770 g/km, HC 0.099 g/km y NOx 0.281 g/km; y gasolina Eco país: CO 5.939 g/km, HC 0.082 g/km y NOx 0.279 g/km (PALLAROZO 2021, pp 12).

Tabla 1-1: Técnicas multivariantes

Técnicas	Diseño Anova de 3 Factores	Medidas de Tendencia Central	Coefficiente de Pearson
----------	----------------------------	------------------------------	-------------------------

Fuente: Solano,2021.

1.5.1.2. Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas.

En la investigación Juan Rocha, en 2018 tuvo como objetivo analizar las emisiones del motor de encendido provocado por medio de protocolos internacionales para la evaluación de la variabilidad entre las pruebas estáticas y dinámicas. Las respectivas pruebas de laboratorio se realizaron a una altura sobre los 2810 msnm., en la ciudad de Quito-Ecuador. El vehículo experimentado fue un Nissan Sentra 1.6 L., sometido a pruebas estática (ralentí; 2500 rpm), y dinámica (ASM50/15, ASM25/25, IM 240). Se concluye que el sistema de inyección del vehículo trabaja de forma incorrecta en la prueba estática, debido a que el factor lambda fluctúa entre 1.18 y 1.79 lo que afecta la operación normal del motor por empobrecimiento de la mezcla; mientras que en el sistema de prueba dinámico se acerca a la condición del factor lambda 1 parámetro ideal

para la formación de la mezcla estequiométrica. La estimación de los factores de emisión fue: CO de 0.58 gr/km, HC de 0.01006 gr/km y el NOx en 0.09 gr/km (Rocha-Hoyos et al. 2018).

Tabla 2-1: Técnicas estadísticas

Técnicas	Análisis Factorial	Medidas de Tendencia Central
----------	--------------------	------------------------------

Fuente: Rocha,2018.

1.5.1.3. Análisis de las emisiones de gases contaminantes de un vehículo Toyota Prius c hybrid 1.5l en rutas establecidas en la ciudad de cuenca, para determinar su impacto

En el presente proyecto, Edilberto Cedeño en 2018 da a conocer el impacto que genera un vehículo híbrido para disminuir las emisiones contaminantes que este genera en diferentes rutas mayormente transitadas en la ciudad de Cuenca, para ello se estableció rutas urbanas donde existen un mayor flujo vehicular para esto se instaló un analizador de gases en el interior del vehículo Toyota Prius C 1.5L año 2014 y para la toma de muestras se conectó una computadora portátil al analizador donde se guardó cada uno de los valores de gases generados por el vehículo híbrido en 15 recorridos diferentes para la obtención de suficientes datos y después puedan ser analizados. Para la toma de muestras se adquiere los datos con las mismas condiciones como la capacidad de carga, los accesorios del vehículo totalmente apagados y los mantenimientos del analizador antes de iniciar las rutas, sin embargo, existen factores externos como condiciones climáticas, horarios, tráfico vehicular, peso del tanque de combustible, semáforos que no se pueden controlar. Una vez obtenido los valores de las rutas se creó una base de datos en Excel para obtener el promedio de cada uno de ellos y se procede a analizarlos con el software de Minitab, filtrando valores que entorpecían el análisis, se obtuvo valores de (HC) hidrocarburos no combustionados (CO₂) dióxido de carbono, (CO) monóxido de carbono y (O₂) oxígeno, estos datos ayudan entender de forma más clara el tratamiento de las muestras. Se realiza el análisis de regresión múltiple tanto para el vehículo híbrido como para el vehículo convencional para así determinar cómo se están comportando los datos y evidenciar su modelo matemático, así como sus gráficas de contorno y superficie para lograr mostrar los valores máximos y mínimos de emisiones que genera un vehículo híbrido frente a un convencional. Finalmente se obtiene las gráficas del modelo matemático que se genera para cada gas y se compara los valores del vehículo híbrido frente al convencional evidenciando el porcentaje de diferencia que existe en las emisiones de gases (Llanes Cedeño et al. 2018).

Tabla 3-1: Técnicas Estadísticas

Técnicas				
Diseño Anova de 3 Factores	Medidas de Tendencia Central	Coficiente de Pearson	Regresión lineal	Coficiente de Varianza

Fuente: Cedeño, 2018.

1.5.2. Ambiente

El ambiente es un término que se deriva de la ciencia de la ecología, la cual fue desarrollada como un desapego de la biología, buscando relacionar a los seres vivos y su entorno, el cual es denominado como ambiente. Por lo tanto, el ambiente se entiende como el entorno en el cual un ser determinado se desenvuelve, así también otro termino muy sonado en la actualidad es el de ecología el cual hace referencia a las relaciones de las especies en sus medios habituales (Reboratti 2000).

El ambiente brinda un sin número de recursos, mismos que a lo largo de la historia han sido utilizados por el hombre para la satisfacción de necesidades. Estos recursos naturales han sido considerados como los más importantes para el desarrollo de una sociedad y hoy siguen siendo una base fundamental, a partir de la cual obtenemos toda una serie de bienes, a veces directamente, a veces transformándolos mediante procesos industriales. Podemos afirmar que el ambiente que nos rodea es teóricamente una gran reserva de este tipo de recursos, que se han usado en algún momento, que se usan ahora o que se usaran para generaciones futuras (Reboratti 2000).

1.5.3. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se puede definir como la presencia de material o formas de energía en el aire, las cuales puedan implicar alguna clase de riesgo o daño a los seres vivos o bien ambiental. Cabe destacar que la contaminación del aire ha estado presente desde el inicio de los tiempos, presentándose de forma natural por erupciones volcánicas, incendios, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica o polen, pero es a partir del descubrimiento del fuego por el hombre cuando aparece la contaminación atmosférica antropogénica la cual ha ido incrementando a pasos gigantescos desde la revolución industrial y el uso masivo de combustibles fósiles como fuente de energía (Aránguez et al. 1999).

1.5.4. Contaminantes atmosféricos

1.5.4.1. Dióxido de azufre

Es un gas con carencia de color el cual a altas concentraciones puede ser detectado debido a su sabor y olor irritante. Es altamente disolvente en agua logrando formar ácido sulfuroso, mismo que se oxida lentamente y forma ácido sulfúrico con el oxígeno del aire. El SO₂ también puede formar trióxido de azufre (SO₃), un vapor muy reactivo que se combina rápidamente con vapor de agua para formar un aerosol ultrafino de ácido sulfúrico, de gran importancia desde el punto de vista de efectos en salud. En la atmósfera urbana está representada una amplia gama de compuestos de azufre, pero desde un punto de vista práctico los más importantes son el dióxido de azufre gaseoso, el ácido sulfúrico y los sulfatos. Las guías de la OMS de calidad del aire recomiendan no superar concentraciones medias diarias de 125mg/m³ de SO₂, con máximos de 10 minutos de 500 mg/m³ y valores medios anuales de 50 mg/m³ (Aránguez et al. 1999).

1.5.4.2. Dióxido de nitrógeno

El nitrógeno, aunque en condiciones normales no es perjudicial para la salud, se puede combinar con oxígeno para formar diversos óxidos de nitrógeno. La importancia biológica del óxido nítrico y del dióxido de nitrógeno es la mejor estudiada; ya que ambos se consideran contaminantes ambientales, y son los más abundantes producidos por el hombre en áreas urbanas. Tanto el NO como el NO₂ se producen de forma natural en cantidades muy superiores a las generadas por la actividad humana, pero al estar distribuidos sobre toda la superficie terrestre, las concentraciones atmosféricas resultantes son muy pequeñas (OMS 2021).

La oxidación del NO a NO₂ por oxidantes atmosféricos como el ozono, ocurre rápidamente, siendo ésta una de las principales rutas de producción de NO₂. El NO₂ es también un importante contaminante del aire en ambientes interiores, debido al tabaco y a fuentes de combustión de gas inadecuadas o mal ventiladas. Las guías de la OMS de calidad de aire para recomendaban no superar valores horarios de 400 mg/m³ y medias diarias de 150 mg/m³ (OMS 2021).

1.5.4.3. Monóxido de carbono

Es un gas incoloro, inodoro e insípido que es ligeramente más denso que el aire. En la naturaleza produce durante la producción y descomposición de la clorofila, mientras que su origen humano radica en una combustión incompleta. Este contaminante se combina con la hemoglobina de los glóbulos rojos para formar carboxihemoglobina, la afinidad de la hemoglobina por el CO es unas 250 veces mayor que la del O₂. La formación de carboxihemoglobina reduce la capacidad de

transporte de O₂ de la sangre y también aumenta la afinidad de los sitios de unión de oxígeno por lo que impide su liberación en los tejidos y produce hipoxia y función celular alterada. La exposición crónica al CO induce la aparición de fenómenos adaptativos como el aumento del recuento de glóbulos rojos, el volumen sanguíneo y el tamaño del corazón. Para el monóxido de carbono, los valores máximos recomendados son concentraciones medias en 8 horas de 10 mg/m³ y valores máximos horarios de 30 mg/m³ (Braubach et al. 2011).

1.5.4.4. Ozono

Es un gas altamente reactivo compuesto por tres átomos de oxígeno. Ocurre principalmente en dos regiones de la atmósfera, la estratosfera y la troposfera. La mayor parte del ozono en la atmósfera se encuentra en la estratosfera, a 2050 km sobre la superficie de la Tierra. Su pico es de 2.530 km, donde se acumula para formar una capa denominada capa de ozono, que actúa como filtro de la radiación ultravioleta del sol. Actualmente, esta capa está siendo destruida por las emisiones de clorofluorocarbonos, metano y óxido nitroso, lo que constituye un problema ambiental de inmensa importancia y de salud, que implica la exposición directa al O₃ en las capas de la atmósfera inferior o también denominada troposfera. La presencia de ozono en la troposfera es indeseable, ya que se considera un contaminante potencialmente irritante en los tejidos vivos y en muchos materiales (Braubach et al. 2011).

1.5.4.5. Partículas en suspensión

El término partículas suspendidas cubre un amplio espectro de sustancias sólidas o líquidas transportadas por el aire, orgánicas o inorgánicas, de origen natural y antropogénico. La resolución de las partículas generalmente se expresa por su tasa de deposición. En este sentido, las "partículas suspendidas" son partículas de menos de 0,1 mm a 5-10 mm de diámetro, que permanecen en suspensión durante muchas horas o días. Las partículas más grandes caen rápidamente cerca de su fuente, u otra forma de distinguirlos es mencionar los diferentes métodos utilizados en su seguimiento periódico. Nos referimos a humo negro en el caso de partículas potencialmente marchantes refiriéndose solo a la materia oscura característica de la combustión incompleta del carbón y los hidrocarburos y partículas suspendidas totales para las observaciones directamente basado en el peso, pudiéndose filtrar por tamaños (Manzur, Benzal y González 2013).

1.5.5. Modelos de los autos

1.5.5.1. Cherry nice (chino)

Es un auto, que tiene un motor de 4 cilindros en línea y 16 válvulas, con una potencia de 83 HP, con un sistema de inyección de gasolina; por lo que su generación contaminante es igual a la de los autos que poseen un sistema de otto de 4 tiempos (Cherry 2018).

1.5.5.2. Hyundai accent (coreano)

Este auto posee un motor 1.4 o 1.6 de gasolina, el primero asociado a una transmisión manual de 6 velocidades y el segundo a una transmisión automática de 4 velocidades, posee rines de acero de 14" con tapón plástico completo. En contraste este auto posee turbo lo que hace que se considere aún dentro de un sistema de otto de 4 tiempos (Sciences 2016).

1.5.5.3. Audi A4 2000

Posee un motor a gasolina de 1896cc con 4 cilindros situados en línea que alcanza una potencia máxima de 116CV a 4150rpm y par máximo de 285Nm a 1900rpm. Se trata por lo tanto de motor de 4 tiempos del sistema de Otto, con una potencia máxima de 116CV, con alimentación geometría variable (Sciences 2016).

1.5.5.4. Chevrolet Aveo family

Posee un motor de cuatro cilindros en línea, montado delante de manera transversal, pero de 1.500 c/c y únicamente 8 válvulas, el cual produce una potencia 83 HP y un torque de 13 kg, acoplado a la tradicional caja de cambios de 5 velocidades siendo catalogado como un motor de 4 tiempos del sistema de Otto (Chevrolet 2018).

1.5.6. Ciclos de combustión

En un motor de 4 tiempos de encendido por chispa se incorpora al cilindro a lo largo del proceso de admisión una mezcla de viento y combustible con una proporción definida, así se define como un ciclo de combustión. A lo largo de esta carrera de admisión el pistón se desplaza a partir de su Punto Muerto Preeminente (PMS) hasta su Punto Muerto Inferior (PMI), a medida que la válvula de admisión permanece abierta. Ya que, una vez culminado este proceso de llenado, se comprime

la mezcla de viento y combustible, desplazándose el pistón a partir de su PMI hasta su PMS (Cornejo y Velásquez 2020).

1.5.6.1. Ciclo Otto

Todos los motores tuvieron su origen en cualquier periodo termodinámico, el cual consta de una secuencia de eventos en los cuales la energía se obtiene a un grado alto, convirtiéndose en trabajo la más grande porción viable y lo demás se vierte en el medio que lo circunda. En 1862, el francés Beau De Rochas patentó un periodo, el cual ha sido usado por los alemanes Otto y Langen en un motor de 4 tiempos. Este motor es el primero de los motores de periodo Otto, ya que tiene un periodo mecánico de un motor Otto de 4 tiempos, se completa con 4 carreras del pistón y 2 vueltas del cigüeñal y una del eje de levas (Domald y James 1987).

Dicho ciclo puede ser real o teórico, entre las diferencias entre los ciclos destacan dos: siendo la primera, el ciclo teórico con el mejor rendimiento posible y la segunda, las desviaciones del ciclo real en la aparición práctica de un motor (Yolanda y Morales 2014).

1.5.7. Motores de combustión

1.5.7.1. Motores con cilindros en línea (L)

En este motor, se sitúan los cilindros uno a continuación del otro y los más habituales son los conocidos 4 cilindros en línea. En los vehículos más pequeños nos podemos encontrar con sólo 3 cilindros. Por otra parte, BMW es conocida por sus 6 cilindros en línea y otros modelos de Volvo o Audi montan 5 cilindros en línea (Valenzuela 2013).

1.5.7.2. Motores con cilindros en V

Normalmente son motores de gran cilindrada, aunque también existen modelos de baja cilindrada en algunas motos. Estos motores se caracterizan por tener los cilindros dispuestos en forma de V, pudiendo variar su ángulo de inclinación, lo que determina distintas propiedades al motor. Normalmente, los más habituales suelen ser los conocidos V6, aunque también nos podemos encontrar con V8, V10, V12 e incluso con cilindros impares, como V5. Una variedad de estos motores son los VR, como por ejemplo el VR6 del grupo VAG (Valenzuela 2013).

1.5.7.3. Motor de pistones enfrentados

Esta tipología no habla realmente de la disposición de los cilindros. Aunque sí de una peculiaridad interesante: son motores que tienen dos pistones por cilindro. De esta manera, cada explosión que se produce dentro empuja dos pistones colocados a cada extremo del cilindro. Por eso normalmente necesitan dos cigüeñales para transformar ambos movimientos longitudinales en rotativos (Valenzuela 2013).

1.5.7.4. Motor a gasolina

Los motores de gasolina son motores de explosión. Es decir, motores que requieren de una chispa para encender el combustible, que es generada por una bujía. Como cualquier motor de combustión su funcionamiento se basa en la fuerte expansión de la mezcla de aire y combustible al prenderla (Yolanda y Morales 2014).

Los motores de gasolina pueden ser de cuatro tiempos o de dos tiempos. El primero es el más utilizado en vehículos, con mucha diferencia, dejando al de dos tiempos para algunos ciclomotores y algunas máquinas industriales ya que han sido relegados por sus mayores emisiones. Si te fijas, los motores de este tipo emiten humo de color ligeramente azulado, porque mezclan el aceite con la gasolina para lubricar. Se llama de cuatro tiempos porque tiene cuatro fases durante su funcionamiento: admisión, compresión, expansión y escape (Yolanda y Morales 2014).

1.5.7.5. Motor a diésel

Estos motores usan gasóleo para funcionar. Un combustible que no se puede prender con una chispa, como sí hacen los motores gasolina. En lugar de esto tienen que encender la mezcla de aire y gasóleo mediante la presión. Por eso la relación de compresión de estos motores es mucho mayor que en los de gasolina (Yolanda y Morales 2014).

En general, son más eficientes que la gasolina, aunque requieren de más y mejores sistemas de reducción de emisiones para no contaminar demasiado. En este sentido, emiten más moléculas de NOx que la gasolina, además de generar más carbonilla. Por eso, y a pesar de los sistemas anticontaminación que incluyen los más modernos, están siendo muy penalizados por las administraciones. Los motores diésel también pueden ser de dos y cuatro tiempos, y éste último se parece mucho al ciclo Otto. La diferencia principal con los motores gasolina con este ciclo, a parte del autoencendido por presión, es que la inyección del combustible se hace en los últimos momentos de la fase de compresión (Yolanda y Morales 2014).

1.5.7.6. Motor a gas

Los motores de explosión también pueden usar gas en lugar de gasolina. Estos suelen ser Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado del Petróleo (GLP). Son más ecológicos que los que usan solo gasolina. Especialmente por generar mucho menos NOx (Yolanda y Morales 2014).

1.5.8. Normas de contaminación atmosférica

- Ley de prevención y control de la contaminación ambiental en el Registro Oficial Suplemento #418.
- Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire.
- Acuerdo ministerial 050 por parte de la Dirección Nacional de Control de la Contaminación Ambiental.
- Norma de calidad del aire ambiente. LIBRO VI ANEXO 4.

1.5.9. Afectación por contaminantes atmosféricos

La hipótesis de que las mutaciones presentes en el medio ambiente son responsables de las mutaciones que explican el desarrollo del cáncer está respaldada por un gran número de estudios epidemiológicos experimentales y observacionales. El hecho de que algunos cánceres son hereditarios, es decir, se transmiten a través de mutaciones en los genes de las células germinales, apoyaría la hipótesis de que la mayoría de los cánceres son causados por factores ambientales. Las emisiones de la industria del acero contienen mutágenos que contaminan el agua y la atmósfera, lo que representa un riesgo para los seres humanos y la vida silvestre. Se encontró que la frecuencia de los picos era dos veces mayor en las regiones cercanas a las industrias siderúrgicas que en las áreas remotas. Esto puede ser un factor de riesgo en el desarrollo de mutaciones de células germinales (Quintero et al. 2009).

Los componentes principales de la contaminación de tipo invierno son el SO₂ y las partículas en suspensión. El SO₂ es un gas irritante que, a altas concentraciones en individuos normales y más bajas en individuos asmáticos, puede producir broncoconstricción. En 1987, la Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció 1000µg/m³ como el nivel más bajo al cual se observarían efectos después de 10 minutos de exposición en individuos asmáticos. Aplicando un factor corrector de 2, resulta un nivel de 500 µg/m³ como nivel guía de protección de la Salud Pública para valores pico. Los efectos agudos del SO₂ y las partículas se han examinado en relación con los cambios diarios en mortalidad en un número importante de ciudades, en relación con ingresos y urgencias hospitalarias, con exacerbaciones de enfermedades en grupos sensibles de sujetos, o con cambios temporales del funcionalismo pulmonar entre niños o adultos. Los efectos agudos esperados en la salud humana establecidos por la OMS, en función

de las observaciones hechas en estudios epidemiológicos para niveles promedio de 24 horas, se muestran en la Tabla 1 (Ballester, Tenías y Pérez 1999).

Tabla 4-1: Niveles promedio de 24 hrs de mezclas de contaminación atmosférica conteniendo SO₂ y partículas en suspensión, según la OMS (1990)

SO ₂ *	Partículas * (método de determinación)	Efectos sobre la salud	Grado de clasificación de los efectos
200	200 (gravimetría, PTS)	Disminución ligera y transitoria de la función pulmonar (FVC, FEV ₁) en niños y adultos que puede durar unas 2-4 semanas.	Moderados
250	250 ('humos negros')	Aumento de la morbilidad respiratoria entre los adultos susceptibles y, posiblemente, entre los niños.	Moderados
400	400 ('humos negros')	Mayor incremento en la morbilidad respiratoria.	Graves
500	500 ('humos negros')	Aumento de la mortalidad entre los ancianos y los enfermos crónicos.	Graves

Fuente: (Ballester, Tenías y Pérez 1999).

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La contaminación tipo verano se refiere principalmente a la contaminación fotoquímica procedente de las reacciones de los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, estimuladas por la luz solar intensa. El ozono es considerado generalmente como el componente más tóxico de esta mezcla. Sin embargo, no todos los efectos de la contaminación fotoquímica pueden ser atribuidos al ozono. Así, algunas de las molestias causadas por la contaminación como, por ejemplo, la irritación ocular, lo son por compuestos tales como los nitratos orgánicos y los aldehídos (Ballester, Tenías y Pérez 1999).

La comparación de los resultados de estudios experimentales y epidemiológicos sugiere que el ozono es la principal causa de los efectos de la contaminación fotoquímica sobre la salud. En un trabajo patrocinado por la oficina europea de la OMS, se definieron los niveles en las concentraciones de efecto para los que se esperarían unos efectos agudos (Tabla 2-1). Los síntomas y efectos sobre la función pulmonar causados por exposiciones a ozono de 1 hora a concentraciones de alrededor de 200 µg/m³, se clasificaron como leves. En el otro extremo de la escala, la combinación e intensidad de los efectos esperados por exposiciones a concentraciones de ozono de 400 µg/m³ y superiores se clasificaron como severas (Ballester, Tenías y Pérez 1999).

Tabla 5-1: Efectos agudos esperados por contaminación fotoquímica en días caracterizados por niveles máximos de concentraciones de ozono de 1 hr.

Nivel de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Irritación de ojos, nariz y garganta	Media de disminución de FEM en población activa en el exterior		Impedimento para realizar actividades al exterior	Respuesta inflamatoria, hiperreactividad en personas activas en el exterior	Síntomas respiratorios (principalmente en adultos)	Clasificación global
		Población general	10% más sensible de la población				
<100	Sin efecto	0%	0%	0%	Ninguna	Ninguno	-
200	En unas pocas personas sensibles	5%	10%	0%	Leve	Opresión en el pecho, tos	Ligero
300	<30% de la población	15%	30%	Algunos individuos	Moderada	Incremento de síntomas	Moderado
400	>50% de la población	50%	50%	Muchos individuos	Severa	Mayor incremento de síntomas	Severo

Fuente: (Ballester, Tenías y Pérez 1999).

1.5.10. Tipos de gases producto de emisiones

1.5.10.1. Motores a gasolina

Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes. Los primeros están formados, fundamentalmente, por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de Carbono, vapor de agua e Hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el Monóxido de Carbono, Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno y Plomo (AS, 2012).

1.5.10.2. Gases inofensivos

El nitrógeno es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%. Debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el nitrógeno se

oxida formando pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno, aunque sea un gas inerte a temperatura ambiente.

- El oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.
- El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape.
- El dióxido de carbono producido por la combustión completa del carbono no resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Se produce como consecuencia lógica de la combustión, es decir, cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión. Sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (AS 2012).

1.5.11. Gases contaminantes

- El monóxido de carbono, en concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.
- Los hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. Es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de aldehídos y fenoles.
- Los óxidos de nitrógeno no sólo irritan la mucosa, sino que en combinación con los hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen ácidos nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas.
- El plomo es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de tetraetilo de plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas (AS 2012).

1.5.12. Motores a diésel

También conocidos como gases de diésel, estas emisiones se componen de una mezcla compleja de gases y de partículas de diésel (DPM). Los componentes son monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, aldehídos como el benceno y el formaldehído, hidrocarburos y hollín (Azevedo 2009).

- El dióxido de azufre es un gas que se origina sobre todo durante la combustión de carburantes fósiles que contienen azufre, llevada a cabo sobre todo en los procesos industriales de alta temperatura y de generación eléctrica. En los últimos años se ha producido un descenso acusado de las emisiones de SO₂ producidas por la combustión en industrias de producción de energía debido a diversos factores, como el Plan 2007 de Reducción de Emisiones de Grandes Instalaciones de Combustión (GICs), que obligó a la introducción de tecnologías de desulfuración.
- El hollín es el resultado de la combustión incompleta del combustible diésel más otros contaminantes, su naturaleza se compone de partículas sólidas de tamaño muy pequeño, pero muy abrasivos y dañinos para el motor (Azevedo 2009).

1.6. Marco Teórico Referencial

Representar datos multivariantes supone analizar cada una de las variables de forma independiente y además determinar la relación existente entre ellas.

1.6.1. Análisis univariante

1.6.1.1. Medidas de tendencia central

Las medidas de tendencia central son parámetros estadísticos que brindan información sobre el centro de la distribución de una muestra o de una población estadística cuando procesamos grandes cantidades de información. Las variables representan múltiples datos que pueden no ser iguales, con una gran cantidad de decimales, signos o diferentes longitudes. En estos casos, siempre es preferible computar medidas que nos proporcionen información agregada sobre estas variables (Domald y James 1987).

1.6.1.2. Media

La medida de tendencia central más conocida y utilizada es la media aritmética o promedio aritmético. Se representa por la letra griega μ cuando se trata del promedio del universo o población y por x_j cuando se trata del promedio de la muestra (Domald y James 1987).

Ecuación 1-1: Fórmula de la media

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$$

Donde: x_{ij} es el i-ésimo valor de la variable j-ésima.

n es la cantidad total de datos.

1.6.1.3. Desviación estándar

La desviación estándar es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos (Domald y James 1987).

Ecuación 2-1: Fórmula de la desviación estándar

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_j)^2}{n - 1}}$$

Donde:

n: número de observaciones

X_{ij} : Observación número ij de la variable X.

X_j : Es la media de la variable X

X: Variable

1.6.1.4. Coeficiente de variación

Es el promedio o variación ambicionada de un conjunto de datos, respecto a la media aritmética (Domald y James 1987).

Ecuación 3-1: Coeficiente de Variación

$$CV_j = \frac{S_j}{X_j}$$

Donde:

S_j : Desviación estándar

X_j : Es la media.

1.6.1.5. Asimetría

Mide si la curva tiene una forma simétrica, es decir, si respecto al centro de la misma (centro de simetría) los segmentos de curva que quedan a derecha e izquierda son similares (Morán, 2009).

Ecuación 4-1: Fórmula del coeficiente de asimetría

$$A_j = \frac{1}{n} \frac{\sum (X_{ij} - \bar{X}_j)^3}{S_j^3}$$

Donde:

X_{ij} : Observación número ij de la variable X.

X_j : Es la media de la variable X

S_j : Desviación estándar

n: número de observaciones

1.6.1.6. Curtosis

Mide el grado de agudeza o achatamiento de una distribución con relación a la distribución normal, es decir, mide cuán puntiaguda es una distribución (Morán, 2009).

Ecuación 5-1: Fórmula del coeficiente de asimetría

$$K_j = \frac{1}{n} \frac{\sum (X_{ij} - \bar{X}_j)^4}{S_j^4}$$

Donde:

X_{ij} : Observación número ij de la variable X.

X_j : Es la media de la variable X

S_j : Desviación estándar

n: número de observaciones

1.6.2. Análisis multivariante

Son todas las técnicas estadísticas que simultáneamente analizan múltiples resultados en los individuos u objetos bajo investigación (Cuadras, 2007).

1.6.2.1. Vector de medias

Una variable aleatoria n-dimensional es un vector x , en el que cada uno de sus componentes son a su vez variables aleatorias (Cuadras, 2007).

Ecuación 6-1: Fórmula del vector de medias

$$\bar{x} = \frac{1}{n} X' \cdot \underline{1} = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{x}_p \end{bmatrix}$$

Donde: X es la matriz de datos.

n es la cantidad total de datos.

$\underline{1}$ es el vector de unos.

1.6.2.2. Matriz de varianzas y covarianzas

Ecuación 7-1: Fórmula de la matriz de varianzas y covarianzas

$$S_x = \frac{1}{n} \tilde{X}' \tilde{X}$$

Donde: \tilde{X} es la matriz de datos centrados.

n es la cantidad total de datos.

1.6.2.3. Matriz de correlaciones

La matriz de correlaciones es una matriz cuadrada y simétrica que tiene unos en la diagonal principal y fuera de ella, los coeficientes de correlación lineal de cada par de variables (Cuadras, 2007).

Ecuación 8-1: Fórmula de la matriz de correlación

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x * S_y}$$

Donde:

S_{xy} : covarianza entre las variables x , y

S_x : Desviación estándar de la variable x

S_y : Desviación estándar de la variable y

1.6.2.4. Datos atípicos

Los datos atípicos se presentan por varias mociones: error de medición o transcripción, cambio de instrumento de medición o heterogeneidad intrínseca. Aun cuando los datos hayan sido recogidos con estricto control puede existir entre el 1% al 5% de datos atípicos.

Es necesario realizar el análisis de datos atípicos para evitar que distorsionar las medias y desviaciones típicas, destruir las relaciones existentes entre variables y el enmascaramiento.

En primer lugar, se debe estandarizar los datos multivariantes, a continuación, calcular la dirección de máxima y mínima curtosis, se proyecta los datos sobre un espacio de dimensión ortogonal, se repite el proceso anterior hasta obtener las p direcciones. Se analiza mediante el criterio y se sacan de la muestra los datos sospechosos.

Ecuación 9-1: Criterio de dato sospechoso

$$\frac{Y^{(i)} - med(Y^{(i)})}{meda(Y^{(i)})} > 5$$

Una vez retirado de la muestra los datos sospechosos, con la matriz obtenida se halla distancias de Mahalanobis respecto a los sospechosos. Mediante el criterio de dato atípico que dice Si la distancia de Mahalanobis es $> p + 3\sqrt{2p}$ entonces el dato es atípico y se retira de la muestra, caso contrario el dato será reintegrado a la matriz. (Peña, 2002 págs. 107-122)

1.6.2.5. Análisis Factorial

Es un método que se usa para la reducción de datos, para poder determinar los factores que explica porque posee dicha varianza con respecto a una mayor cantidad de variables, que se asocian directamente.

Ecuación 10-1: Análisis factorial

$$\mathbf{X} = \boldsymbol{\mu} + \mathbf{L} * \mathbf{F} + \mathbf{e}$$

Donde:

X: es el vector de mediciones $p*1$

μ : es el vector de medias $p*1$

L: es una matriz de influencias $p*m$

F: es un vector de factores comunes $m*1$

e: es un vector de residuos $p*1$

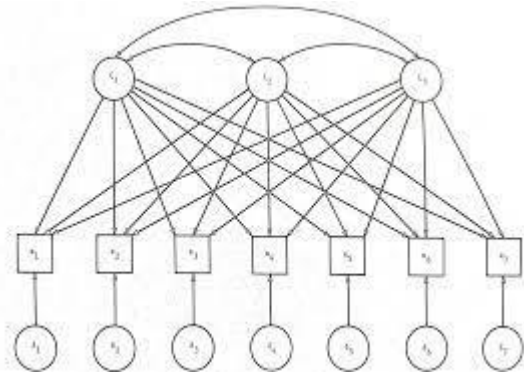


Figura 1-1: Representación de análisis Factorial

Fuente: (Cuadras, 2007).

El modelo de análisis factorial se define de la siguiente forma, sin importar el número de factores.

$$X_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + l_{1m}F_m + e_1$$

$$X_2 = l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + l_{2m}F_m + e_2$$

$$X_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + l_{pm}F_m + e_p$$

Para simplificar, se toma en cuenta el modelo y la hipótesis planteado teniendo como resultado lo siguiente:

$$\begin{aligned} Var(x_i) = 1 &= 1_{j1}^2 Var(F_1) + 1_{j2}^2 Var(F_2) + \dots + 1_{jm}^2 Var(F_m) + Var(e_i) \\ &= 1_{jh}^2 + 1_{jm}^2 + Var(e_i) \end{aligned}$$

Donde

1_{jh}^2 : es la proporción de varianza total de la variable X_j explicada por el factor h .

$h_j^2 = 1_{j1}^2 + 1_{j2}^2 + 1_{jm}^2$: es la comunalidad de la variable X_j y representa la proporción de varianza que los distintos factores en su conjunto explican de la variable X_j .

$Var(e_i)$: es lo que llamamos especificidad y representa la contribución del factor único a la variabilidad total de X_j .

$1_{1h}^2 + 1_{2h}^2 + \dots + 1_{ph}^2 = g_h$: es la capacidad del factor h para explicar la varianza total de las variables.

El principal enfoque del análisis factorial es obtener los factores comunes, que describen la variabilidad de las variables.

1.6.2.6. Descomposición de la varianza

Ecuación 11-1: Varianza observada

$$\text{Varianza observada} = \text{variabilidad comun} + \text{variabilidad especifica} \\ (\text{comunalidad})$$

En el modelo factorial la parte explicada es debida a los factores y la no explicada al componente aleatorio. Esta relación es la base del análisis que presentamos a continuación.

1.6.2.7. Unicidad del modelo

En el modelo factorial ni la matriz de carga, Λ , ni los factores, f , son observables. Esto plantea un problema de indeterminación:

Ecuación 12-1: Unicidad

$$\Lambda f = \Lambda * f *$$

1.6.2.8. Método del factor principal

El método del factor principal es un método para estimar la matriz de carga basado en componentes principales. Evita tener que resolver las ecuaciones de máxima verosimilitud, que son más complejas. Tiene la ventaja de que la dimensión del sistema puede identificarse de forma aproximada (peña, 2002).

Ecuación 13-1: Factor principal

$$S - \hat{\psi} = \Lambda \Lambda'$$

Al ser simétrica debe descomponerse como:

$$S - \hat{\psi} = HGH' = \left(HG^{\frac{1}{2}}\right)\left(HG^{\frac{1}{2}}\right)'$$

Donde:

H, es cuadrada de orden p y ortogonal

G, es de orden p y diagonal y contiene las raíces de $S - \hat{\psi}$.

1.6.2.9. Rotación de los factores

En análisis factorial está definido el espacio de las columnas de la matriz de carga, pero cualquier base de este espacio puede ser una solución. Para elegir entre las posibles soluciones, se tienen en cuenta la interpretación de los factores. Intuitivamente, será más fácil interpretar un factor cuando se asocia a un bloque de variables observadas. El criterio más utilizado es el Varimax, que exponemos a continuación (Peña, ANALISIS DE DATOS MULTIVARIANTES, 2002).

1.6.2.10. Criterio Varimax

La interpretación de los factores se facilita si los que afectan a algunas variables no lo

hacen a otras y al revés. Este objetivo conduce al criterio de maximizar la varianza de los coeficientes que deben los efectos de cada factor sobre las variables observadas (Peña, Analisis de datos multivariantes, 2002).

Ecuación 14-1: Varimax

$$\delta = \Lambda M$$

1.6.2.11. Componentes principales

El análisis de componentes principales tiene como objetivo reducir la dimensionalidad, mediante la representación adecuada de la información con un número menor de variables construidas como combinaciones lineales de las originales (Peña, 2002, pp. 137–171).

Ecuación 15-1: Fórmula para obtener las componentes principales

$$Y = XT$$

Donde: X es la matriz de datos.

T es la matriz de autovalores de la matriz de varianzas y covarianzas.

La fracción de variabilidad explicada por las m componentes se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 16-1: Fracción de variabilidad explicada

$$P_m = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_m}{\sum_{j=1}^m \lambda_j}$$

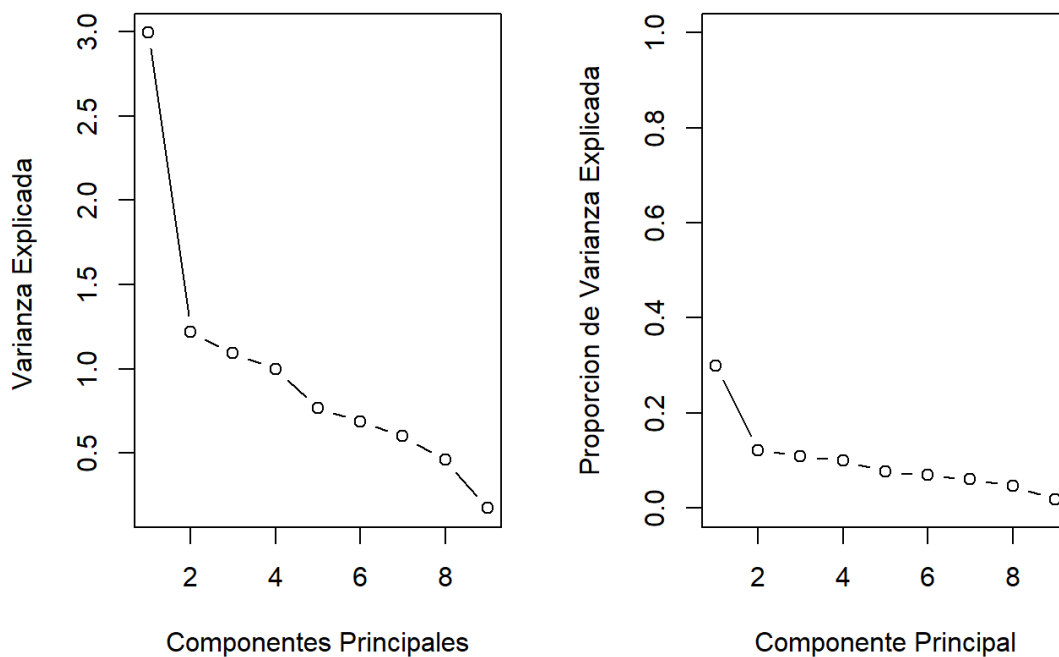


Figura 2-1: Gráfica de codo, componentes principales
Fuente: Arredondo A, 2015.

Tras explicar las primeras componentes, se espera que estas expliquen un elevado porcentaje de variabilidad total.

1.6.2.12. Cálculo del primer componente

El primer componente principal será la combinación lineal de las variables originales que tenga varianza máxima. Los valores de este primer componente en los n individuos se representarán por un vector z_1 , dado por:

Ecuación 17-1: Cálculo de la primera componente

$$z_1 = Xa_1$$

1.6.2.13. Generalización

Puede demostrarse análogamente que el espacio de dimensión r que mejor representa a los puntos viene definido por los vectores propios asociados a los r mayores autovalores de S . Estas direcciones se denominan direcciones principales de los datos y a las nuevas variables por ellas definidas componentes principales (Peña, Análisis de datos Multivariantes , 2002).

Propiedades de las componentes principales

1. Conservan la variabilidad inicial: la suma de las varianzas de los componentes es igual a la suma de las varianzas de las variables originales, y la varianza generalizada de los componentes es igual a la original.
2. La proporción de variabilidad explicada por un componente es el cociente entre su varianza, el valor propio asociado al vector propio que lo define, y la suma de los valores propios de la matriz.
3. Las covarianzas entre cada componente principal y las variables X vienen dadas por el producto de las coordenadas del vector propio que define el componente por el valor propio.
4. Las correlaciones entre un componente principal y una variable X es proporcional al coeficiente de esa variable en la definición del componente, y el coeficiente de proporcionalidad es el cociente entre la desviación típica del componente y la desviación típica de la variable.
5. Las r componentes principales ($r < p$) proporcionan la predicción lineal óptima con r variables del conjunto de variables X .

6. Si estandarizamos los componentes principales, dividiendo cada uno por su desviación típica, se obtiene la estandarización multivariante de los datos originales (Peña, 2002).

1.6.3. Componentes principales normados

Las componentes se obtienen maximizando la varianza de la proyección. En torno de las variables originales esto presume maximizar:

Ecuación 18-1: Análisis de componentes normado

$$M = \sum_{i=1}^p a_i^2 s_i^2 + 2 \sum_{i=1}^p \sum_{j=i+1}^p a_i a_j s_{ij}$$

En conclusión, cuando las escalas de medida de las variables son muy distintas, la maximización de la ecuación (11-1) dependerá decisivamente de estas escalas de medida y las variables con valores más grandes tendrán más peso en el análisis. Si queremos evitar este problema, conviene estandarizar las variables antes de calcular los componentes, de manera que las magnitudes de los valores numéricos de las variables X sean similares (Peña, 2002).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de investigación

Esta investigación está desarrollada con un método de investigación cuantitativa, ya que se tiene un enfoque solo cuantitativo al analizar a los individuos, es decir, se obtuvieron interpretaciones de los datos en una sola dirección. Según el objetivo es aplicada, pues tuvo el fin de analizar un problema previamente planteado y generar soluciones óptimas.

El nivel de profundización en el objeto de estudio es descriptivo, ya que puntualizó las características de la población analizada en este caso respecto a las emisiones reales y por medio de la identificación de la relación existente entre las variables se logró obtener conclusiones significativas.

De acuerdo a la manipulación de variables es no experimental, pues la matriz de datos de las emisiones reales proviene de una fuente secundaria, los datos de todas y cada una de las variables fueron tomados de la “tesis del repositorio de la ESPOCH de la escuela de Automotriz” con una totalidad de 4 automóviles a gasolina recopiladas en el año 2020, por lo que además es un estudio transversal pues se analizaron datos recopilados en un determinado periodo de tiempo.

2.2. Localización del estudio

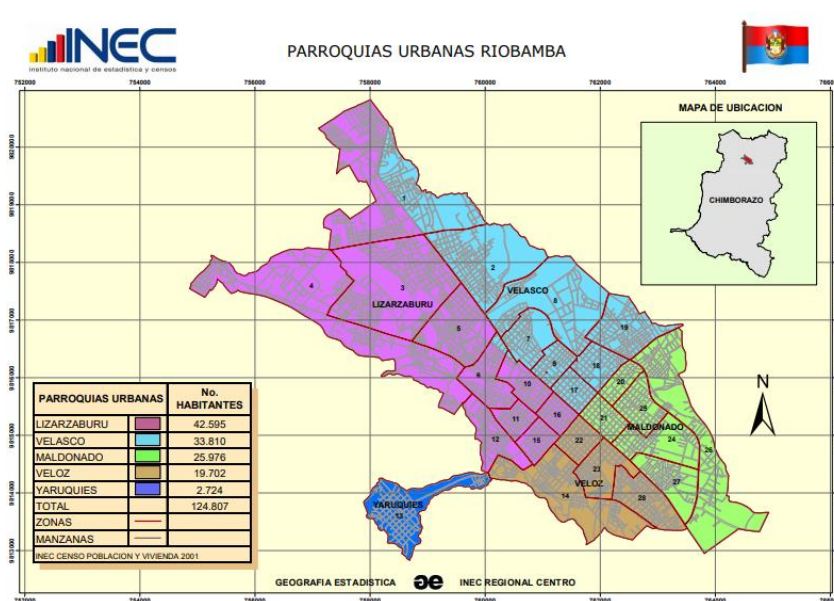


Figura 3-2: Zona Urbana de la ciudad de Riobamba

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010.

La presente investigación se la realizó en el parque automotor de la provincia de Chimborazo específicamente en la ciudad de Riobamba, considerando los vehículos de su área urbana, es decir en las parroquias Veloz, Maldonado, Velasco, Lizarzaburu y Yaruquíes.

2.3. Población en estudio

Las emisiones de gases reales generados por vehículos livianos de la ciudad de Riobamba.

Tabla 6-2: Emisiones reales de vehículos de la ciudad de Riobamba

Marca del vehículo	Total
Cherry Nice	5951
Hyundai Accent	5093
Audi	5088
Chevrolet Aveo Family	5639
Total	21771

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

2.4. Tamaño de la muestra

No se aplicó ninguna técnica de muestro ya que el análisis de los datos será en la totalidad de la matriz asignada por los tesisistas de la Facultad de mecánica de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

2.5. Modelo Estadístico

- Análisis de las técnicas multivariantes: en este caso se investigo acerca de que técnicas multivariantes se utilizaron en otras investigaciones que tengan similitud con el mismo, para así llegar a mejores conclusiones.
- Análisis factorial: explica la configuración de las correlaciones dentro de un conjunto de variables a analizar. Este también reduce los datos para identificar un pequeño número de factores que explique la mayoría de la varianza observada
- Componentes principales: Determinar la variabilidad explicada por las componentes, mediante las componentes de forma o de tamaño sean están normadas o no normadas de ser necesario, sus representaciones gráficas como son la gráfica de codo y el gráfico de dispersión.

2.6. Identificación de variables

- Monóxido de carbono (CO), medido en porcentaje (%).
- Dióxido de carbono (CO₂), medido en porcentaje (%).
- Hidratos de carbono (HC), medido en partes por millón (ppm).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x), medido en partes por millón (ppm).
- País de procedencia, categorizado en China, Corea, Alemania y Ecuador.

2.7. Operalización de variables

Tabla 7-2: Emisiones reales de vehículos de la ciudad de Riobamba

Nombre de la variable	Descripción	Tipo de variable	Unidad de medida
CO ₂	Es un gas contaminante	Cuantitativa continua	Porcentaje
CO	Es un gas tóxico	Cuantitativa continua	Porcentaje
HC	Son los hidrocarburos, o restos de combustibles crudos. La composición molecular forma agentes nocivos que son perjudiciales para la piel, ojos y conductos respiratorios.	Cuantitativa continua	ppm (partes por millón)
NO _x	Son óxidos de nitrógeno. Se produce por la formación de NO y NO ₂ lo cual produce irritación al parpado respiratorio”	Cuantitativa continua	ppm (partes por millón)
País de Procedencia	País donde se obtuvieron o se fabricaron las mercancías.	Cualitativa Dicotómica	- China - Corea - Alemania - Ecuador

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de datos atípicos

Previo a realizar cualquier tipo de análisis se determinó la presencia de datos atípicos en la matriz, que pudieron haberse causados por alguna falla del vehículo o por errores en la transcripción, para evitar que estos influyeran en los resultados posteriores, impidiendo así causar errores como destruir relaciones existentes o distorsionar las medias y desviaciones.

La información utilizada para el siguiente estudio, fue tomada de la tesis del repositorio de la ESPOCH, de la facultad de Mecánica, de la carrera de Ingeniería en Automotriz, del año 2020, la matriz de información constó de 5951 emisiones reales por el vehículo Cherry Nice procedente de China; la segunda matriz de información consto de 5093 emisiones reales del vehículo Hyundai Accent, procedente de Corea, la información de la tercera matriz consto de 5110 emisiones reales del vehículo Audi, procedente de Alemania y el ultimo vehículo conto de 5639 emisiones reales del vehículo Aveo family ensamblado en Ecuador, considerando en cada matriz 5 variables; 4 de tipo cuantitativo y 1 mudables estadísticas. Posterior a analizar los datos atípicos de la matriz proporcionada se desarrolló la presente investigación con una totalidad de 3780 emisiones reales del vehículo Cherry Nice; la segunda matriz con una totalidad de 2620 emisiones reales del vehículo Hyundai Accent; la tercera matriz con totalidad de 3420 emisiones del vehículo Audi y por último el vehículo Chevrolet Aveo con 4078 emisiones reales. Ver Anexos D, F, G y H.

3.2. Análisis exploratorio univariante de datos

3.2.1. Variables cuantitativas

3.2.2. Vehículo Cherry Nice (China)

3.2.2.1. Monóxido de carbono (CO)

Tabla 8-3: Resumen estadístico de la variable monóxido de carbono

Medida estadística	CO (MET6)
Media	0,625
Desviación estándar	0,748
Curtosis	1,799

Coefficiente de asimetría	1,595
---------------------------	-------

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

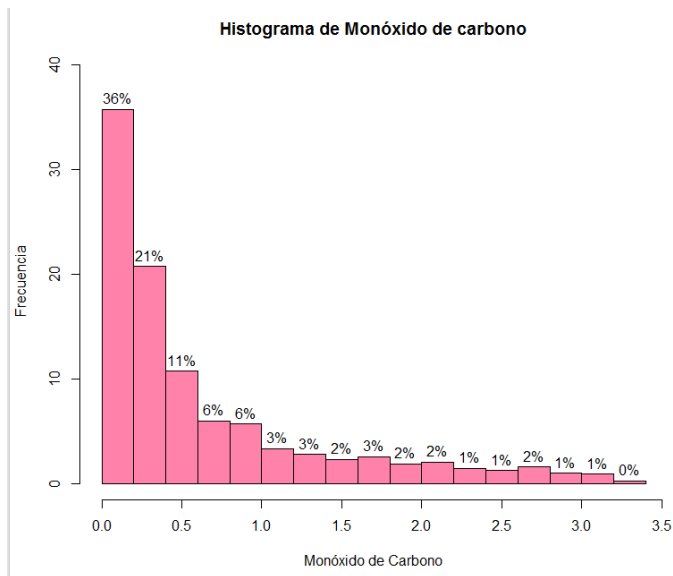


Gráfico 1-3: Densidad de frecuencias de la variable “Monóxido de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de monóxido de carbono analizadas del vehículo de China en promedio son de 0.63, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es mayor que cero por lo que se dice que la distribución es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de monóxido de carbono del vehículo Chino en Riobamba son de 0 a 0.20.

3.2.2.2. Dióxido de carbono (CO2)

Tabla 9-3: Resumen estadístico de la variable Dióxido de carbono

Medida estadística	CO2
Media	13,609
Desviación estándar	0,654
Curtosis	3,128
Coefficiente de asimetría	-1,448

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

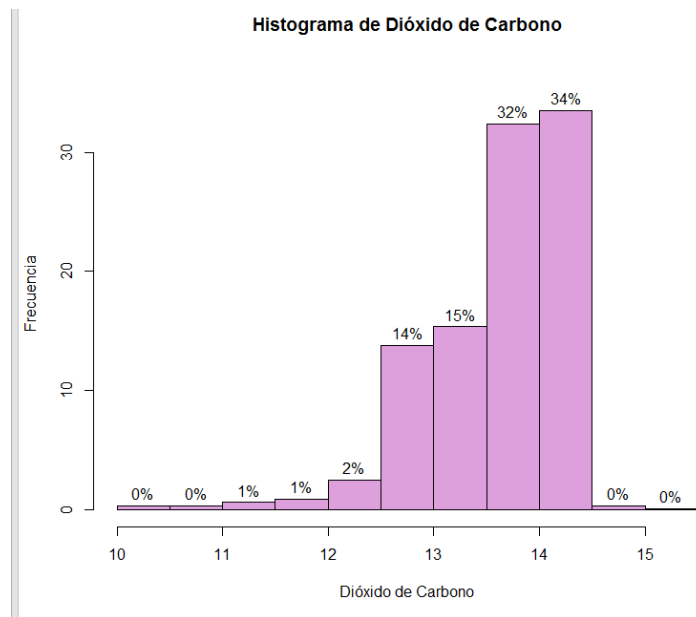


Gráfico 2-3: Densidad de frecuencias de la variable Dióxido de Carbono.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de dióxido de carbono analizadas del vehículo de China en promedio son de 13.61, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica negativa, es decir existe mayor concentración de datos a la izquierda de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de dióxido de carbono del vehículo Chino en Riobamba son de 14 a 14.50.

3.2.2.3. Hidratos de carbono (HC)

Tabla 10-3: Resumen estadístico de la variable Hidratos de carbono

Medida estadística	HC (MET6)
Media	234,516
Desviación estándar	105,620
Curtosis	-0,902
Coefficiente de asimetría	0,217

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

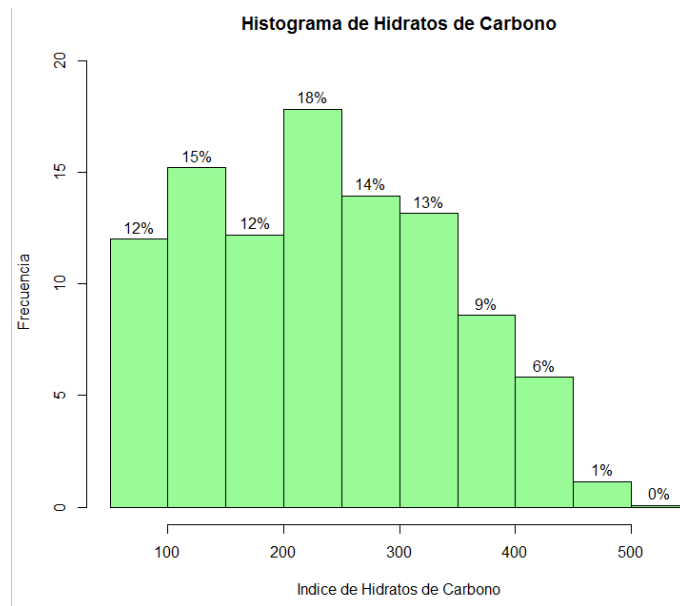


Gráfico 3-3: Densidad de frecuencias de la variable “Hidratos de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de hidratos de carbono analizadas del vehículo de China en promedio son de 234.52, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es negativo por lo que se dice que la distribución tiene colas más livianas que la distribución normal. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de hidratos de carbono del vehículo Chino en Riobamba son de 200 a 250.

3.2.2.4. Óxidos de nitrógeno (NOx)

Tabla 11-3: Resumen estadístico de la variable Óxidos de nitrógeno

Medida estadística	NOx (MET6)
Media	45,305
Desviación estándar	29,847
Curtosis	-0,559
Coficiente de asimetría	0,222

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

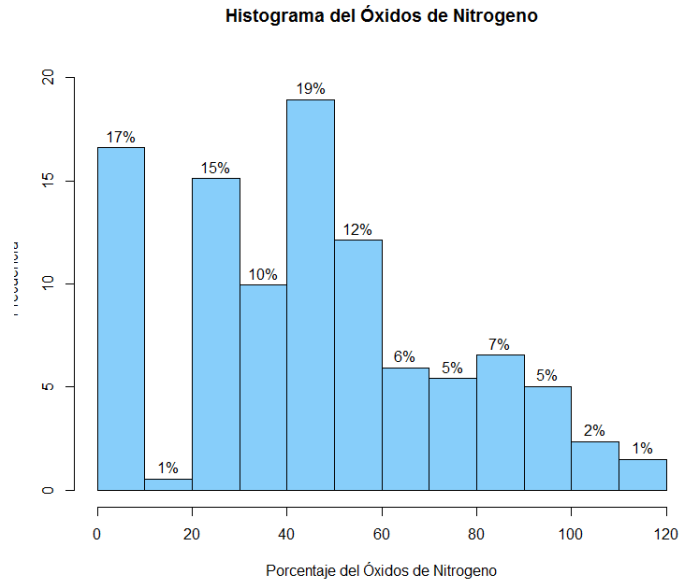


Gráfico 4-3: Densidad de frecuencias de la variable “Óxidos de Nitrógeno”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de óxidos de nitrógeno analizadas del vehículo de China en promedio son de 45.31, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es negativo por lo que se dice que la distribución tiene colas más livianas que la distribución normal. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de óxido de Nitrógeno del vehículo Chino en Riobamba son de 40 a 50.

3.2.3. Vehículo Hyundai Accent Corea

3.2.3.1. Monóxido de carbono (CO)

Tabla 12-3: Resumen estadístico de la variable Monóxido de carbono

Medida estadística	CO (MET6)
Media	0,158
Desviación estándar	0,187
Curtosis	0,877
Coefficiente de asimetría	1,345

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

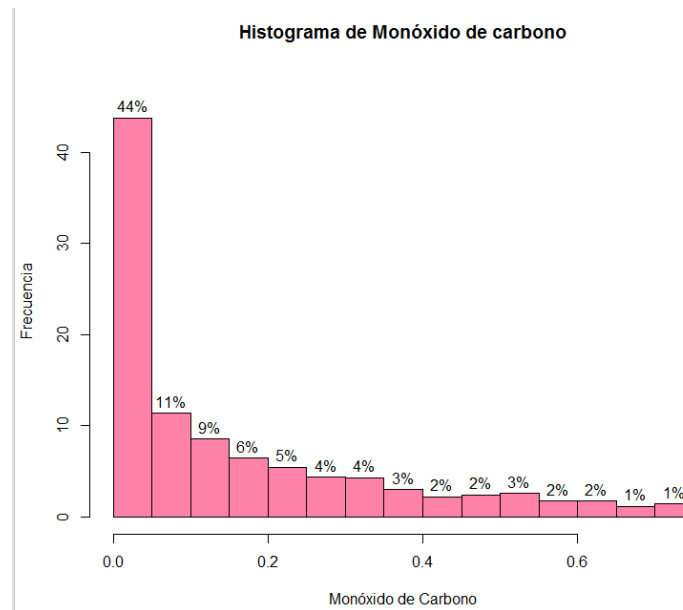


Gráfico 5-3: Densidad de frecuencias de la variable “Monóxido de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de Monóxido de carbono analizadas del vehículo de Corea en promedio son de 0.16, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de monóxido de carbono del vehículo Coreano en Riobamba son de 0 a 0.05.

3.2.3.2. Dióxido de carbono (CO2)

Tabla 13-3: Resumen estadístico de la variable Dióxido de carbono

Medida estadística	CO2 (CORR)
Media	13,638
Desviación estándar	0,277
Curtosis	1,116
Coefficiente de asimetría	0,935

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

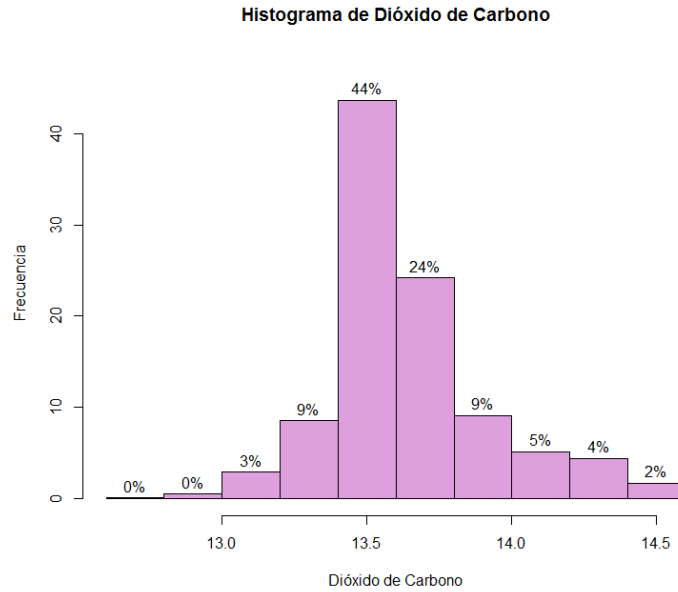


Gráfico 6-3: Densidad de frecuencias de la variable “Dióxido de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de dióxido de carbono analizadas del vehículo de Corea en promedio son de 13.64, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de dióxido de carbono del vehículo Coreano en Riobamba son de 13.50.

3.2.3.3. Hidratos de carbono (HC)

Tabla 14-3: Resumen estadístico de la variable Hidratos de carbono

Medida estadística	HC (MET6)
Media	54,343
Desviación estándar	29,830
Curtosis	0,646
Coefficiente de asimetría	1,094

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

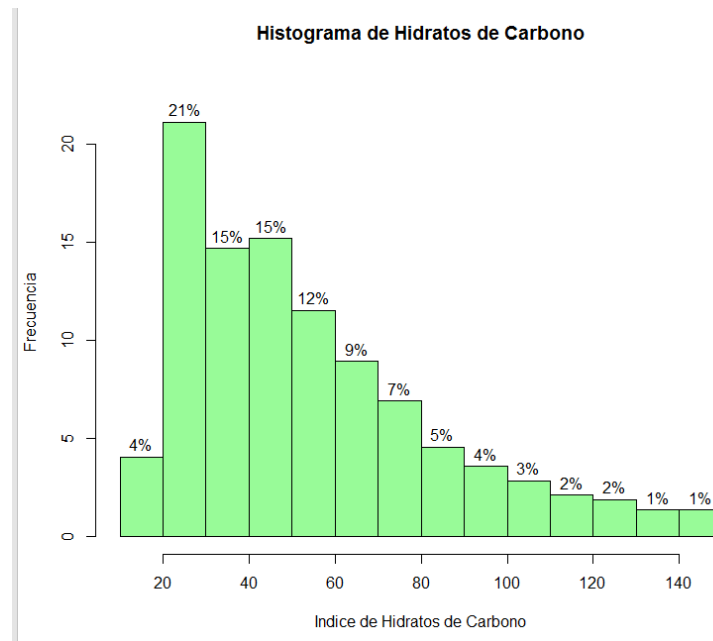


Gráfico 7-3: Densidad de frecuencias de la variable “Hidratos de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de hidratos de carbono analizadas del vehículo de Corea en promedio son de 54.34 respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución a es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de hidratos de carbono del vehículo Coreano en Riobamba son de 20 a 30.

3.2.3.4. Óxidos de nitrógeno (NOx)

Tabla 15-3: Resumen estadístico de la variable Óxido de Nitrógeno

Medida estadística	NOx (MET6)
Media	55,169
Desviación estándar	73,369
Curtosis	1,389
Coefficiente de asimetría	1,545

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

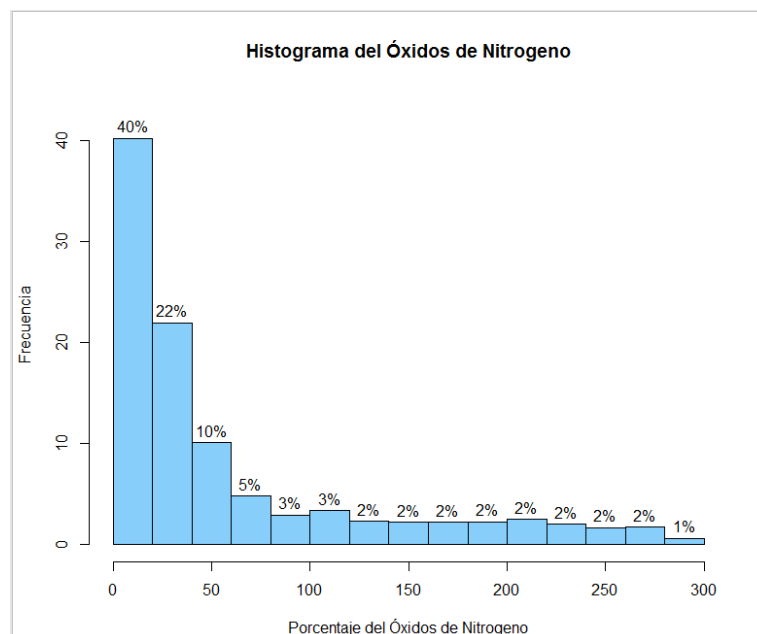


Gráfico 8-3: Densidad de frecuencias de la variable “Óxido de Nitrógeno”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de óxido de nitrógeno analizadas del vehículo de Corea en promedio son de 55.17, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de óxido de Nitrógeno del vehículo Coreano en Riobamba son de 0 a 20.

3.2.4. Vehículo Audi (Alemania)

3.2.3.1. Monóxido de carbono (CO)

Tabla 16-3: Resumen estadístico de la variable Monóxido de carbono

Medida estadística	CO (MET6)
Media	0,131
Desviación estándar	0,096
Curtosis	-0,178
Coefficiente de asimetría	0,808

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

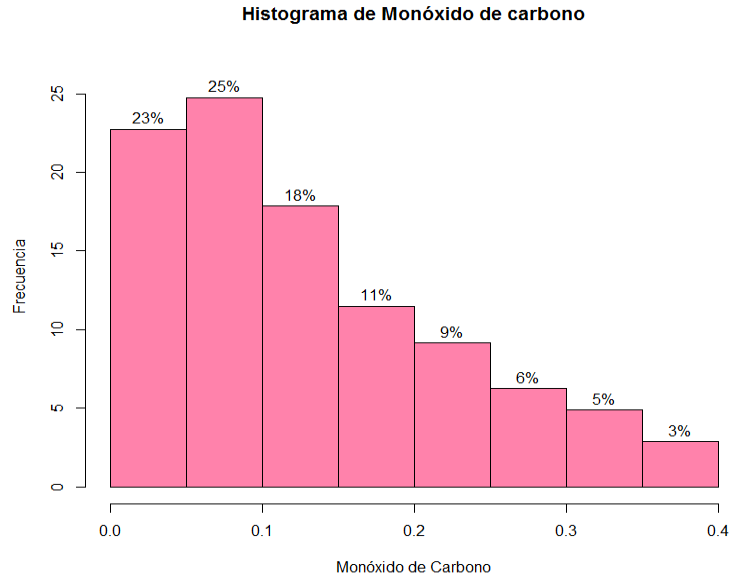


Gráfico 9-3: Densidad de frecuencias de la variable “Monóxido de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de Monóxido de carbono analizadas del vehículo de Alemania en promedio son de 0.13, respecto a la desviación se observa que es muy cercana a cero por lo que los datos no están dispersos respecto a la media. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es negativo por lo que se dice que la distribución tiene colas más livianas que la distribución normal. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de monóxido de carbono del vehículo Alemán en Riobamba son de 0.05 a 0.10.

3.2.3.2. Dióxido de carbono (CO₂)

Tabla 17-3: Resumen estadístico de la variable Dióxido de carbono

Medida estadística	CO ₂ (CORR)
Media	14,151
Desviación estándar	0,540
Curtosis	0,977
Coefficiente de asimetría	-0,880

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

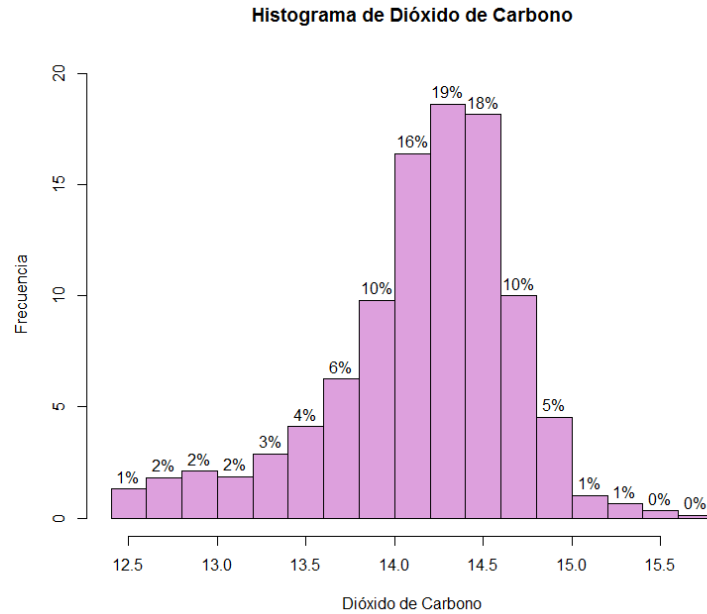


Gráfico 10-3: Densidad de frecuencias de la variable “Dióxido de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de dióxido de carbono analizadas del vehículo de Alemania en promedio son de 14.15, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica negativa, es decir existe mayor concentración de datos a la izquierda de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de dióxido de carbono del vehículo Alemán en Riobamba son de 14.25 a 14.50.

3.2.3.3. Hidratos de carbono (HC)

Tabla 18-3: Resumen estadístico de la variable Hidratos de carbono

Medida estadística	HC (MET6)
Media	9,822
Desviación estándar	10,478
Curtosis	1,470
Coefficiente de asimetría	1,182

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

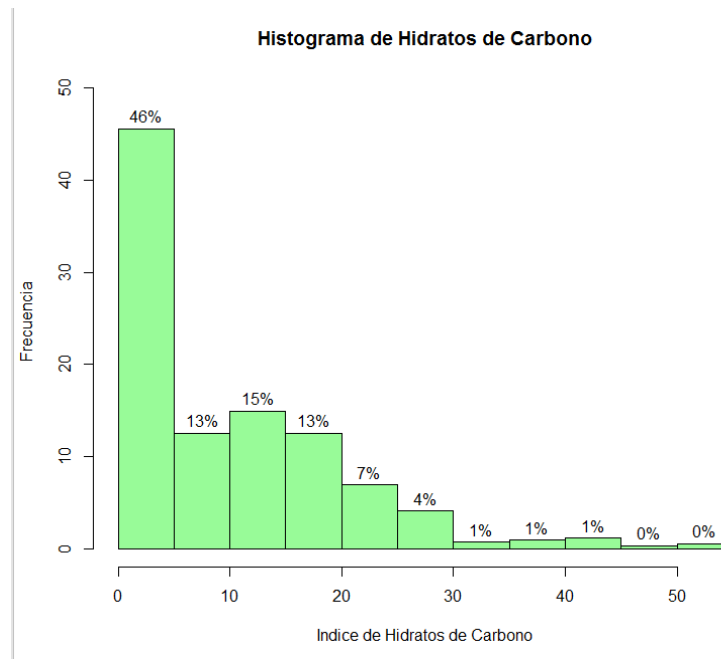


Gráfico 11-3: Densidad de frecuencias de la variable “Hidratos de Carbono”.
Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de hidratos de carbono analizadas del vehículo de Alemania en promedio son de 9.82 respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de hidratos de carbono del vehículo Alemán en Riobamba son de 0 a 5.

3.2.3.4. Óxidos de nitrógeno (NOx)

Tabla 19-3: Resumen estadístico de la variable Óxidos de nitrógeno.

Medida estadística	NOx (MET6)
Media	70,472
Desviación estándar	40,779
Curtosis	0,680
Coefficiente de asimetría	0,954

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

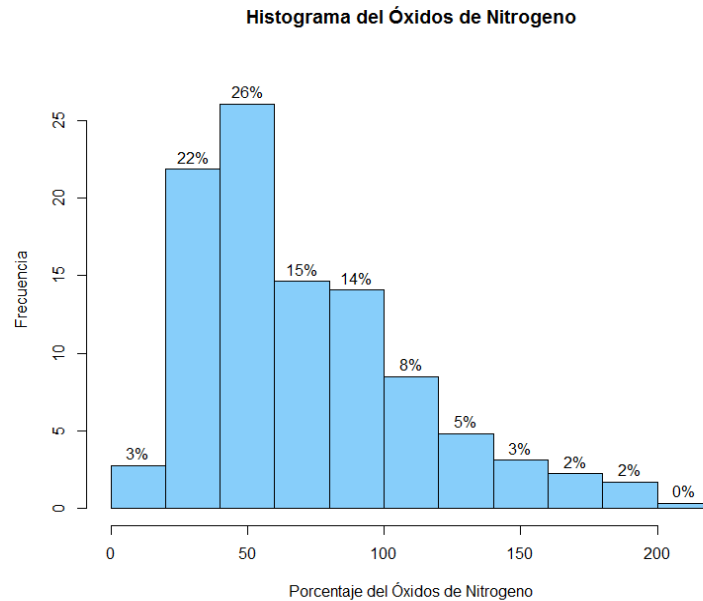


Gráfico 12-3: Densidad de frecuencias de la variable “Óxidos de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de óxido de nitrógeno analizadas del vehículo de Alemania en promedio son de 70.42, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de óxido de Nitrógeno del vehículo Alemán en Riobamba son de 50.

3.2.4. Vehículo Chevrolet Aveo, ensamblado en Ecuador

3.2.4.1. Monóxido de carbono (CO)

Tabla 20-3: Resumen estadístico de la variable Monóxido de carbono

Medida estadística	CO (MET6)
Media	0,329
Desviación estándar	0,379
Curtosis	0,789
Coefficiente de asimetría	1,310

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Histograma de Monóxido de carbono

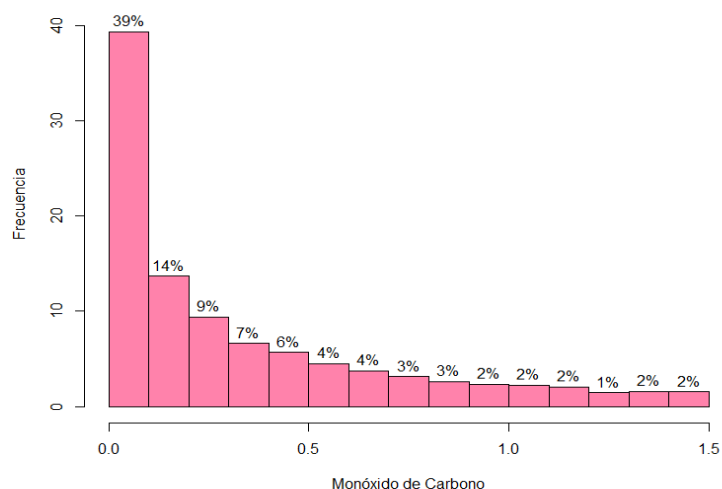


Gráfico 13-3: Densidad de frecuencias de la variable “Monóxido de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de Monóxido de carbono analizadas del vehículo de Ecuador en promedio son de 0.33, respecto a la desviación se observa que es positivas por lo que los datos están dispersos respecto a la media. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de monóxido de carbono del vehículo Ecuatoriano en Riobamba son de 0 a 0.01.

3.2.4.2. Dióxido de carbono (CO₂)

Tabla 21-3: Resumen estadístico de la variable Dióxido de carbono

Medida estadística	CO ₂ (CORR)
Media	13,520
Desviación estándar	0,469
Curtosis	0,197
Coefficiente de asimetría	0,617

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

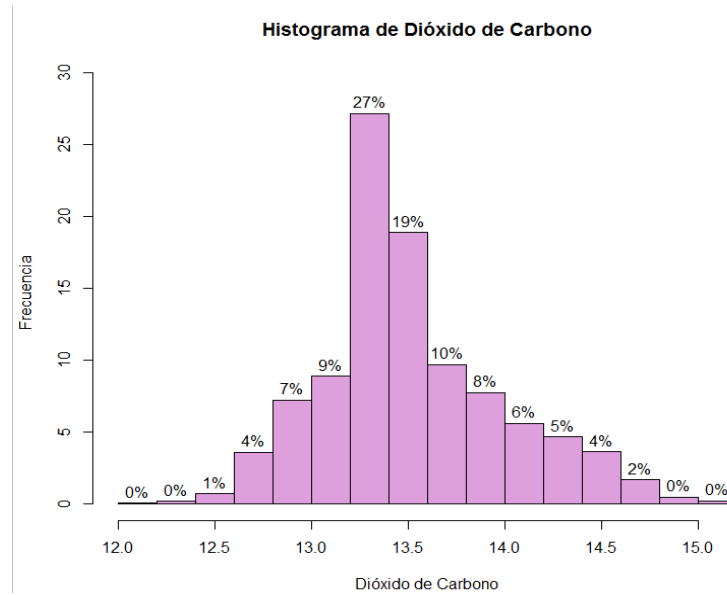


Gráfico 14-3: Densidad de frecuencias de la variable “Dióxido de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de dióxido de carbono analizadas del vehículo de Ecuador en promedio son de 13.52, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de dióxido de carbono del vehículo Ecuatoriano en Riobamba son de 13.25 a 13.50

3.2.4.3. Hidratos de carbono (HC)

Tabla 22-3: Resumen estadístico de la variable Hidratos de carbono

Medida estadística	HC (MET6)
Media	85,925
Desviación estándar	50,640
Curtosis	0,376
Coefficiente de asimetría	0,897

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

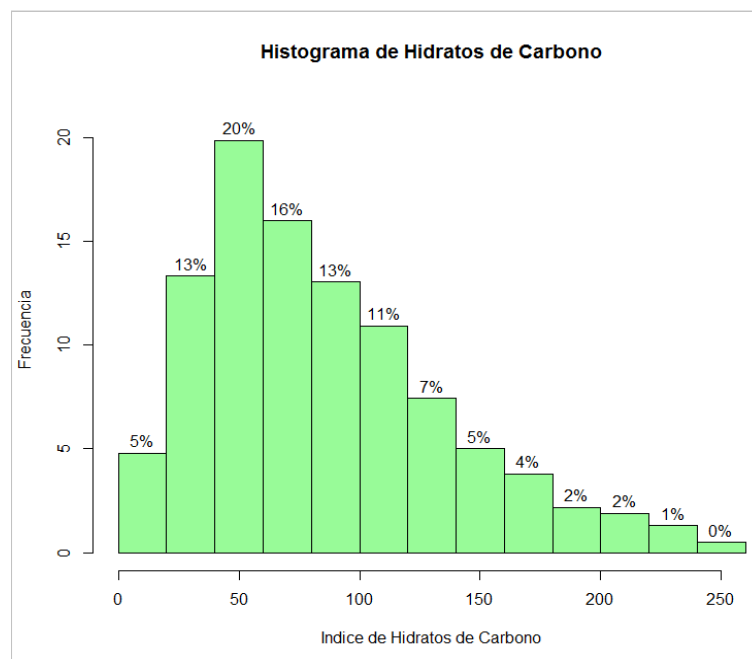


Gráfico 15-3: Densidad de frecuencias de la variable “Hidratos de Carbono”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de hidratos de carbono analizadas del vehículo de Ecuador en promedio son de 85.93 respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de hidratos de carbono del vehículo Ecuatoriano en Riobamba son de 50.

3.2.4.4. Óxidos de nitrógeno (NOx)

Tabla 23-3: Resumen estadístico de la variable Óxidos de nitrógeno

Medida estadística	NOx (MET6)
Media	132,911
Desviación estándar	161,301
Curtosis	0,992
Coefficiente de asimetría	1,364

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

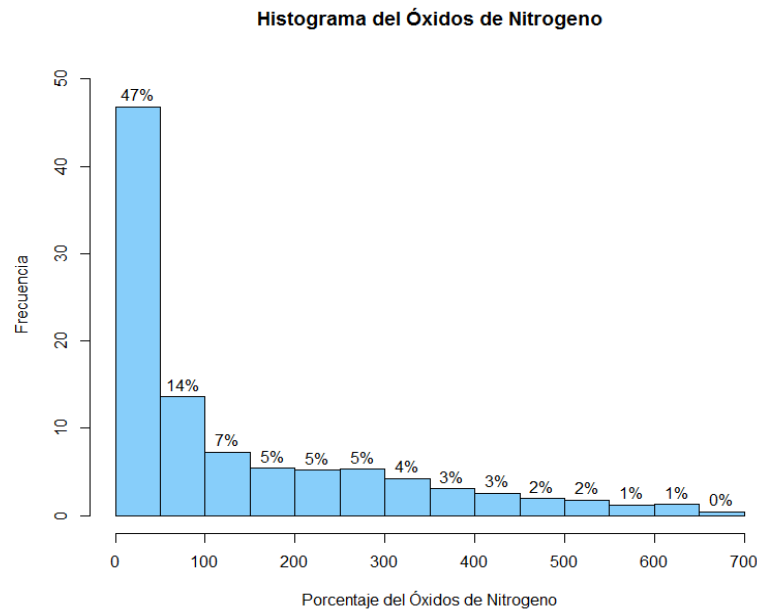


Gráfico 16-3: Densidad de frecuencias de la variable “Óxidos de Nitrógeno”.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La tabla muestra que las emisiones de óxido de nitrógeno analizadas del vehículo de Alemania en promedio son de 132.91, respecto a la desviación se observa que los datos están dispersos respecto a la media y por tanto existe variabilidad en los datos. Respecto a la asimetría se observa que la variable es asimétrica positiva, es decir existe mayor concentración de datos a la derecha de la media. El coeficiente de curtosis es positivo por lo que se dice que la distribución es leptocúrtica. El histograma muestra que el mayor porcentaje de las emisiones de óxido de Nitrógeno del vehículo Ecuatoriano en Riobamba son de 0 a 50.

3.3. Análisis exploratorio multivariante de datos

3.3.1. Vector de medias

3.3.2. Vehículo Cherry Nice (China)

Tabla 24-3: Vector de medias

	Vector de Medias
<i>CO (MET6)</i>	0,6253
<i>CO2 (CORR)</i>	13,6094
<i>HC (MET6)</i>	234,5161
<i>NOx (MET6)</i>	45,3052

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.3. Matriz de varianzas y covarianzas

Tabla 25-3: Matriz de varianza y covarianza

	<i>CO (MET6)</i>	<i>CO2 (CORR)</i>	<i>HC (MET6)</i>	<i>NOx (MET6)</i>
<i>CO (MET6)</i>	0,5594	-0,2091	7,1330	6,9322
<i>CO2 (CORR)</i>	-0,2091	0,4269	-34,2738	-11,6651
<i>HC (MET6)</i>	7,1330	-34,2738	11152,7287	1226,4161
<i>NOx (MET6)</i>	6,9322	-11,6651	1226,4161	890,6330

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.4. Matriz de correlación

Tabla 26-3: Matriz de correlación

	<i>CO (MET6)</i>	<i>CO2 (CORR)</i>	<i>HC (MET6)</i>	<i>NOx (MET6)</i>
<i>CO (MET6)</i>	1	-0,4279	0,0903	0,3106
<i>CO2 (CORR)</i>	-0,4279	1	-0,4967	-0,5982
<i>HC (MET6)</i>	0,0903	-0,4967	1	0,3891
<i>NOx (MET6)</i>	0,3106	-0,5982	0,3891	1

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

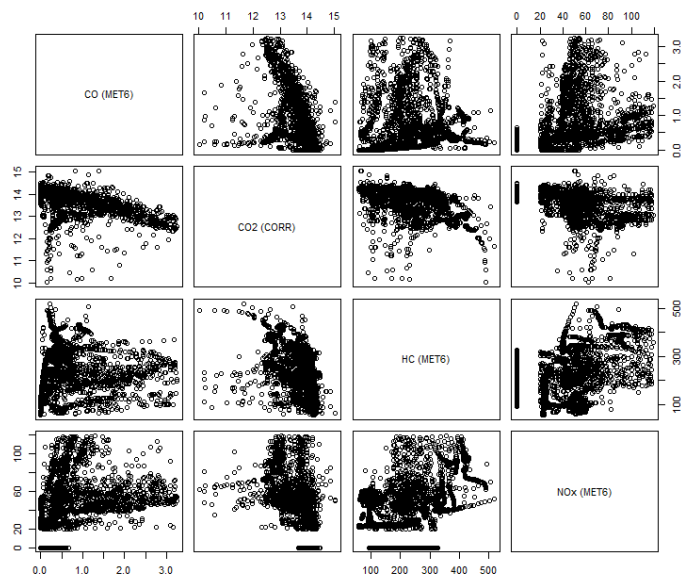


Gráfico 17-3: Grafica de Correlación de las variables del vehículo Cherry Nice.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.5. Vehículo Hyundai Accent (Corea)

3.3.6. Vector de medias

Tabla 27-3: Vector de medias

	Vector de Medias
<i>CO (MET6)</i>	0,6254
<i>CO2 (CORR)</i>	13,6091
<i>HC (MET6)</i>	234,5162
<i>NOx (MET6)</i>	45,3054

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.7. Matriz de varianzas y covarianzas

Tabla 28-3: Matriz de varianza y covarianza

	<i>CO (MET6)</i>	<i>CO2 (CORR)</i>	<i>HC (MET6)</i>	<i>NOx (MET6)</i>
<i>CO (MET6)</i>	0,0347	0,0119	3,1375	5,2632
<i>CO2 (CORR)</i>	0,0119	0,0768	1,1146	12,7800
<i>HC (MET6)</i>	3,1375	1,1146	889,4841	675,9427
<i>NOx (MET6)</i>	5,2632	12,7800	675,9427	5380,9496

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.8. Matriz de correlación

Tabla 29-3: Matriz de correlación

	<i>CO (MET6)</i>	<i>CO2 (CORR)</i>	<i>HC (MET6)</i>	<i>NOx (MET6)</i>
<i>CO (MET6)</i>	1	0,2309	0,5641	0,3848
<i>CO2 (CORR)</i>	0,2309	1	0,1348	0,6284
<i>HC (MET6)</i>	0,5641	0,1348	1	0,3089
<i>NOx (MET6)</i>	0,3848	0,6284	0,3089	1

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

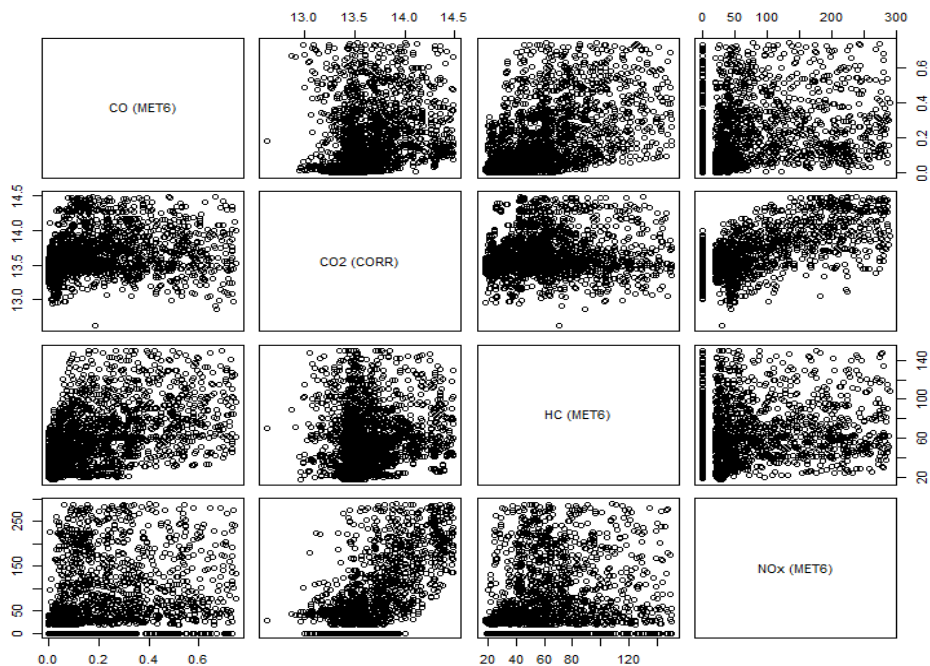


Gráfico 18-3: Correlación de las variables del Vehículo Hyundai Accent

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.9. Vehículo Audi (Alemania)

3.3.10. Vector de medias

Tabla 30-3: Vector de medias

	Vector de Medias
<i>CO (MET6)</i>	1,131
<i>CO2 (CORR)</i>	14,151
<i>HC (MET6)</i>	9,822
<i>NOx (MET6)</i>	70,472

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.11. Matriz de varianzas y covarianzas

Tabla 31-3: Matriz de varianza y covarianza

	<i>CO (MET6)</i>	<i>CO2 (CORR)</i>	<i>HC (MET6)</i>	<i>NOx (MET6)</i>
<i>CO (MET6)</i>	0,0092	0,0066	0,2457	-0,0152
<i>CO2 (CORR)</i>	0,0066	0,2917	0,7106	1,0813
<i>HC (MET6)</i>	0,2457	0,7106	109,7522	-51,5896
<i>NOx (MET6)</i>	-0,0152	1,0813	-51,5896	1662,4035

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.12. Matriz de correlación

Tabla 32-3: Matriz de Correlación

	<i>CO (MET6)</i>	<i>CO2 (CORR)</i>	<i>HC (MET6)</i>	<i>NOx (MET6)</i>
<i>CO (MET6)</i>	1	0,1289	0,2437	-0,0038
<i>CO2 (CORR)</i>	0,1289	1	0,1255	0,0491
<i>HC (MET6)</i>	0,2437	0,1255	1	-0,1207
<i>NOx (MET6)</i>	-0,0038	0,0491	-0,1207	1

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

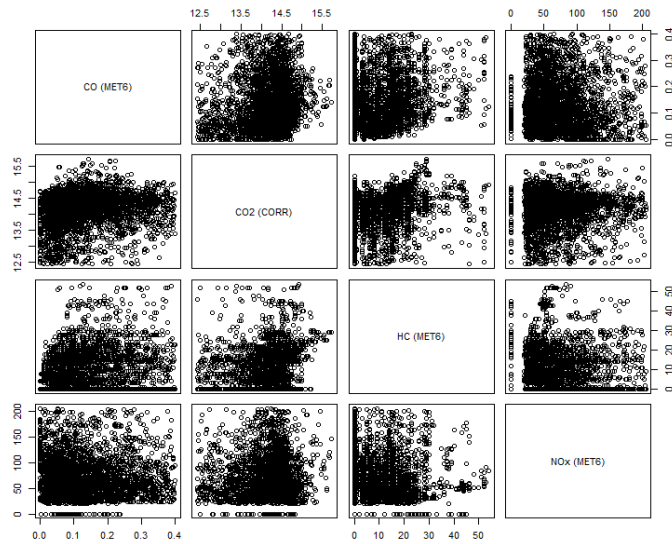


Gráfico 19-3: Correlación de las variables del Vehículo Audi

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.13. Vehículo Chevrolet Aveo Family (Ecuador)

3.3.14. Vector de medias

Tabla 33-3: Vector de medias

	Vector de Medias
<i>CO (MET6)</i>	0,329
<i>CO2 (CORR)</i>	23,52
<i>HC (MET6)</i>	85,925
<i>NOx (MET6)</i>	132,911

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.15. Matriz de varianzas y covarianzas

Tabla 34-3: Matriz e varianza y covarianza

	CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)
CO (MET6)	0,1432	-0,0027	10,7539	16,4749
CO2 (CORR)	-0,0027	0,2202	-2,2920	46,4770
HC (MET6)	10,7539	-2,2920	2563,7663	1819,3545
NOx (MET6)	16,4749	46,4770	1819,3545	26011,5989

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.3.16. Matriz de correlación

Tabla 32-3: Matriz de correlación

	CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)
CO (MET6)	1	-0,0298	0,5490	0,2450
CO2 (CORR)	-0,0298	1	-0,1137	0,6078
HC (MET6)	0,5490	-0,1137	1	0,1993
NOx (MET6)	0,2450	0,6078	0,1993	1

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

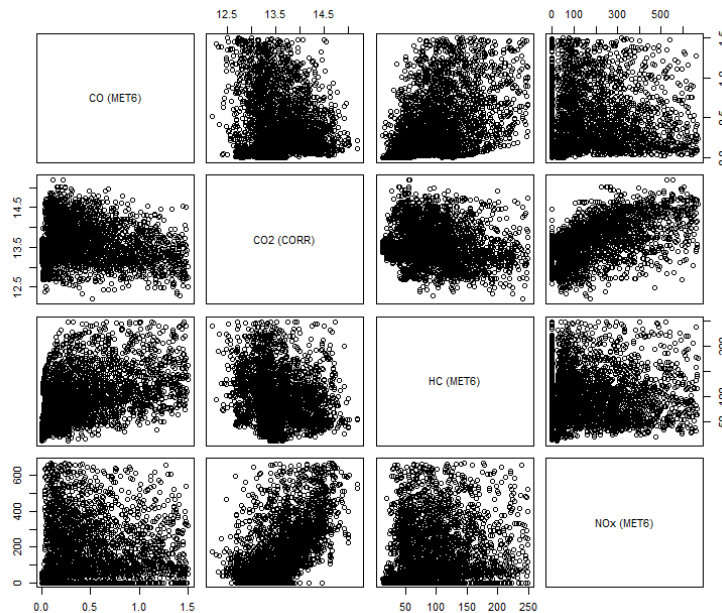


Gráfico 20-3: Correlación de las variables del Vehículo Chevrolet Aveo.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.4. Análisis de técnicas Multivariantes

Tras analizar varias técnicas multivariantes de las emisiones reales generados por vehículos livianos, se ha identificado varios métodos que han sido utilizadas en estudios anteriores para identificar los gases que emanan dichos vehículos.

Tabla 35-3: Técnicas utilizadas en trabajos de investigación

Tema	Autor	Año	Técnicas utilizadas				
<i>Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura.</i>	Daniel Solano	2021	Diseño Anova de 3 Factores	Medidas de Tendencia Central	Coefficiente de Pearson		
<i>Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas.</i>	Juan Rocha	2018	Análisis Factorial	Medidas de Tendencia Central			
<i>Análisis de las emisiones de gases contaminantes de un vehículo Toyota Prius c hybrid 1.5l en rutas establecidas en la ciudad de cuenca, para determinar su impacto.</i>	Edilberto Cedeño	2018	Diseño Anova de 3 Factores	Medidas de Tendencia Central	Coefficiente de Pearson	Regresión lineal	Coefficiente de Varianza

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.5. Cálculo del Análisis Factorial

El análisis factorial es una técnica de reducción de datos y estos nos sirven para localizar grupos homogéneos de variables a partir de un conjunto de variables. Estos grupos de variables homogéneos se forman con las variables que correlacionan entre sí y se procura que estos grupos sean independientes.

3.5.1. Análisis factorial del vehículo Cherry Nice procedente de China

Tabla 36-3: Explicación de la varianza

Factor	Proporción de la Varianza	Varianza Acumulada
ML1	0,272	0,272

ML2	0,228	0,499
------------	-------	-------

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Los dos primeros factores explican en conjunto una varianza acumulada del 49,9%.

Tabla 37-3: Cargas factoriales

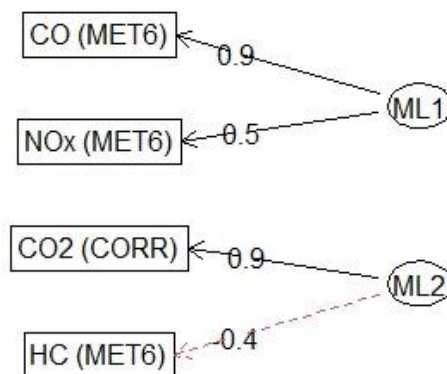
	ML1	ML2
CO	0,93	0,042
CO2	0,073	0,881
HC	0,035	-0,362
NOx	0,464	-0,039

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

En la tabla 35-3 se observa que las cargas factoriales relacionan las variables con los factores, en donde el primer factor explica el CO (0,93) y NOx (0,4) y el segundo factor el CO2 (0,88) y HC (-0,36).

Factor Analysis



Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Con el método varimax, se realiza la rotación ortogonal que minimiza el número de variables, se concluye que hay dos factores latentes que son monóxido de carbono (CO) con óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de carbono (CO2) con hidratos de carbono (HC).

Tabla 38-3: Comunalidades

	Comunalidades
CO	0,868
CO2	0,781
HC	0,133
NOx	0,217

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Se extrajeron 2 factores de las 4 variables. Sus valores de comunalidad son generalmente altos para las dos primeras variables, lo cual indica que los 4 factores representan adecuadamente las variables. Por lo que se dice que los 2 factores explican 0.868, o 86.8%, de la variabilidad en monóxido de carbono.

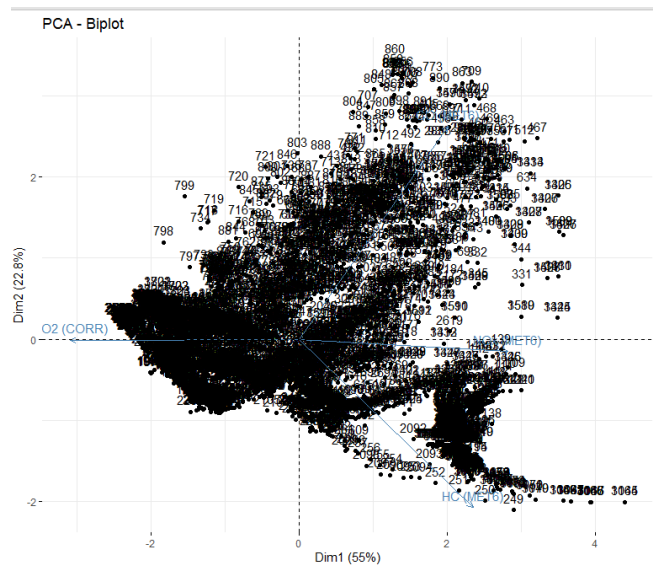


Gráfico 21-3: Individual

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022

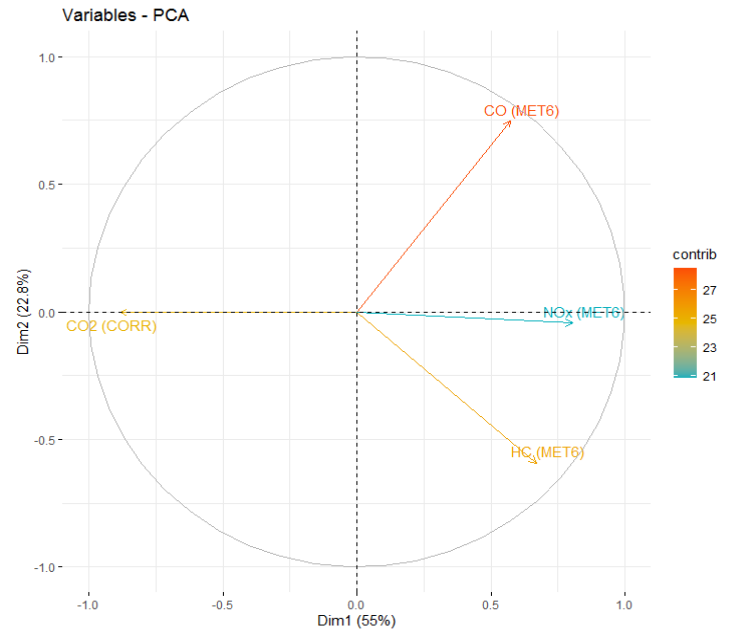


Gráfico 22-3: Variables

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.5.2. Análisis factorial del vehículo Hyundai Accent procedente de Corea

Tabla 39-3: Explicación de la varianza

Factor	Proporción de la Varianza	Varianza Acumulada
ML1	0,298	0,298
ML2	0,129	0,426

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Los dos primeros factores explican en conjunto una varianza acumulada del 42,6%, del vehículo Hyundai Accent procedente de China.

Tabla 40-3: Cargas factoriales

	ML1	ML2
CO	0,828	-0,015
CO2	-0,182	0,526
HC	0,636	0,016
NOx	0,260	0,487

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

En la tabla 10-3, se observa que las cargas factoriales relacionan las variables con los factores, en donde el primer factor explica el CO (0,82) y HC (0,64) y el segundo factor el CO2 (0,53) y NOx (0,49).

Factor Analysis

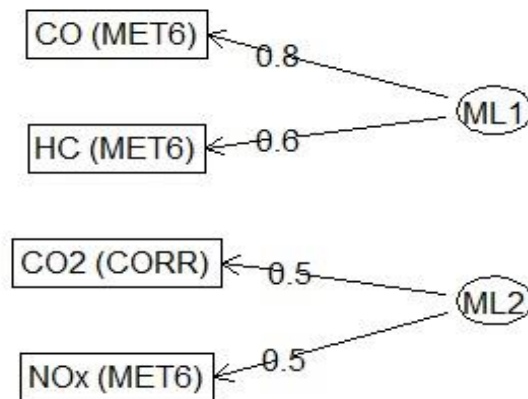


Gráfico 23-3: Cargas factoriales

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Con el método varimax, se realiza la rotación ortogonal que minimiza el número de variables, se concluye que hay dos factores latentes que son monóxido de carbono (CO) con óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de carbono (CO2) con hidratos de carbono (HC).

Tabla 41-3: Comunalidades

	Comunalidades
CO	0,686
CO2	0,310
HC	0,404
NOx	0,305

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Se extrajeron 2 factores de las 4 variables. Sus valores de comunalidad son generalmente altos para las dos primeras variables, lo cual indica que los 4 factores representan adecuadamente las variables. Por lo que se dice que los 2 factores explican 0.686, o 68.6%, de la variabilidad en monóxido de carbono.

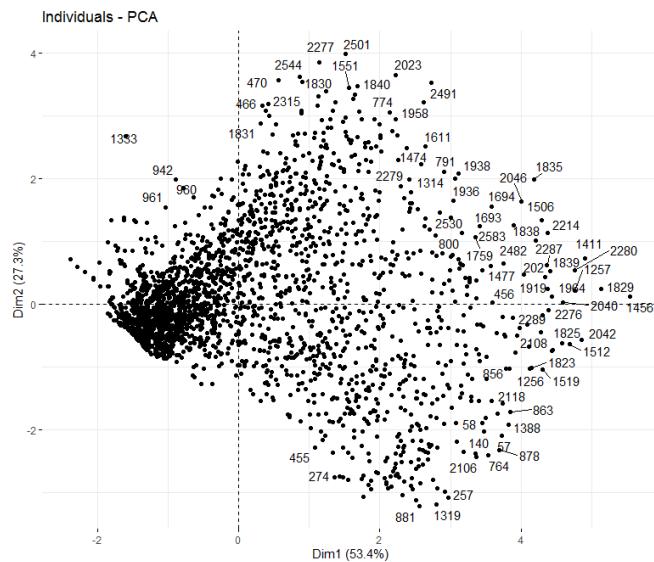


Gráfico 24-3: Individual

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

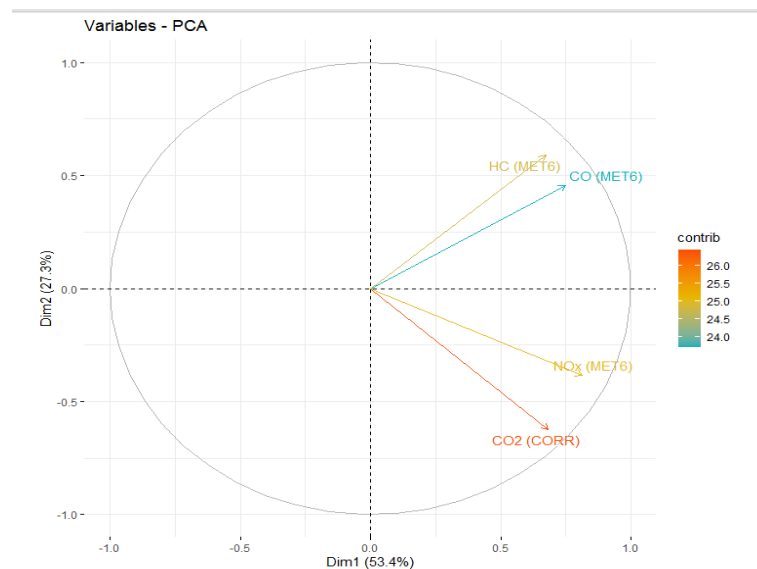


Gráfico 25-3: Variables

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.5.3. Análisis factorial del vehículo Audi procedente de Alemania

Tabla 42-3: Explicación de la varianza

Factor	Proporción de la Varianza	Varianza Acumulada
ML1	0,254	0,254
ML2	0,057	0,311

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Los dos primeros factores explican en conjunto una varianza acumulada del 31,1% del vehículo Audi procedente de Alemania.

Tabla 43-3: Cargas factoriales

	ML1	ML2
CO	0,870	-0,166
CO2	0,060	-0,229
HC	0,462	0,109
NOx	0,211	0,369

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022

En la tabla 13-3, se observa que las cargas factoriales relacionan las variables con los factores, en donde el primer factor explica el CO (0,87) con HC (0,46) y el segundo factor el NOx (0,36) con CO2 (-0,22).

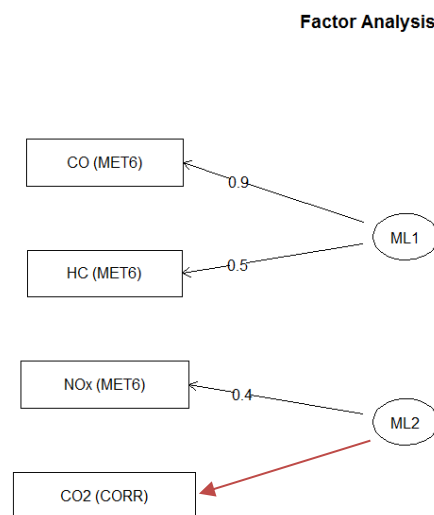


Gráfico 26-3: Cargas factoriales

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022

Con el método varimax, se realiza la rotación ortogonal que minimiza el número de variables, se concluye que hay dos factores latentes que son monóxido de carbono (CO) con óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de carbono (CO2) con hidratos de carbono (HC).

Tabla 44-3: Comunalidades

	Comunalidades
CO	0,784
CO2	0,056
HC	0,225

NOx	0,181
-----	-------

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022

Se extrajeron 2 factores de las 4 variables. Sus valores de comunalidad son generalmente altos para las dos primeras variables, lo cual indica que los 4 factores representan adecuadamente las variables. Por lo que se dice que los 2 factores explican 0.784 o 78.4%, de la variabilidad en monóxido de carbono.

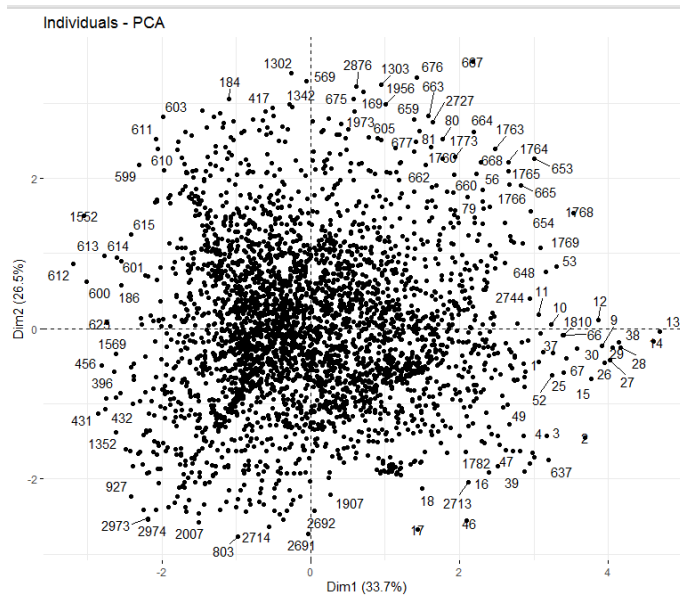


Gráfico 27-3: Individual
Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022

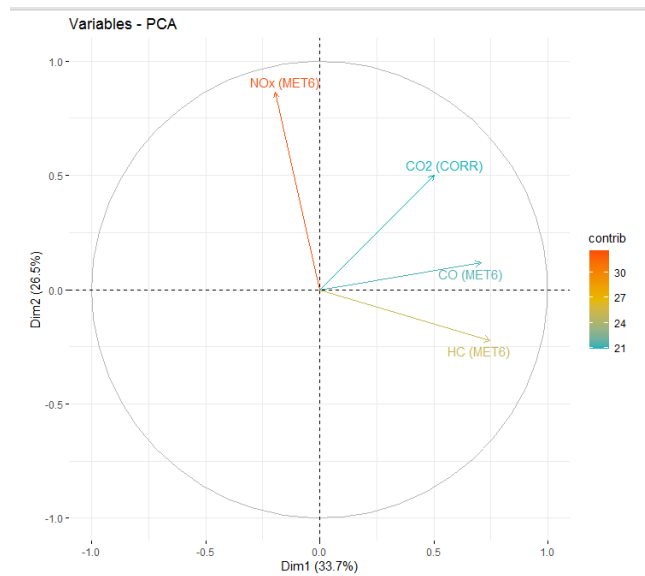


Gráfico 28-3: Variables
Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

3.5.4. Análisis factorial del vehículo Chevrolet Aveo Family ensamblado en Ecuador

Tabla 45-3: Explicación de la varianza

Factor	Proporción de la Varianza	Varianza Acumulada
ML1	0,475	0,475
ML2	0,190	0,742

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Los dos primeros factores explican en conjunto una varianza acumulada del 74,2% del vehículo Chevrolet Aveo Family ensamblado en Ecuador.

Tabla 46-3: Cargas factoriales

	ML1	ML2
CO	0,752	0,260
CO2	-0,971	0,199
HC	0,623	0,321
NOx	0,074	0,742

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

En la tabla 45-3, se observa que las cargas factoriales relacionan las variables con los factores, en donde el primer factor explica el CO (0,752), CO2 (-0,97) y HC (0,62) y el segundo factor el NOx (0,74)

Factor Analysis

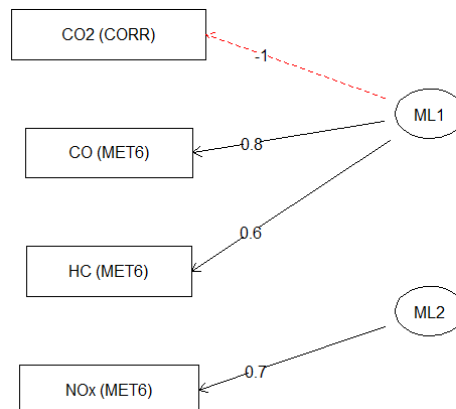


Gráfico 29-3: Cargas factoriales

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Con el método varimax, se realiza la rotación ortogonal que minimiza el número de variables, se concluye que hay dos factores latentes que son monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidratos de carbono (HC) y el segundo factor óxidos de nitrógeno (NO_x).

Tabla 47-3: Comunalidades

	Comunalidades
CO	0,633
CO₂	0,982
HC	0,491
NO_x	0,556

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Se extrajeron 2 factores de las 4 variables. Sus valores de comunalidad son generalmente altos para las dos primeras variables, lo cual indica que los 4 factores representan adecuadamente las variables. Por lo que se dice que los 2 factores explican 0.633 o 63.3%, de la variabilidad en monóxido de carbono.

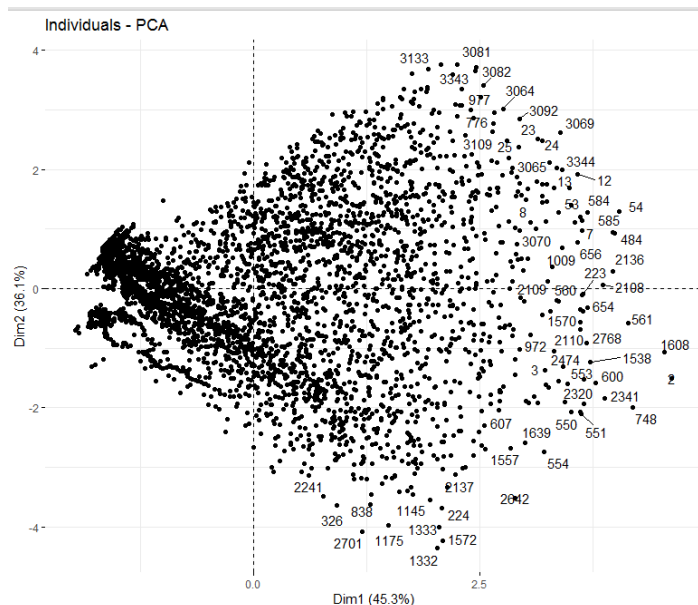


Gráfico 30-3: Individual

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

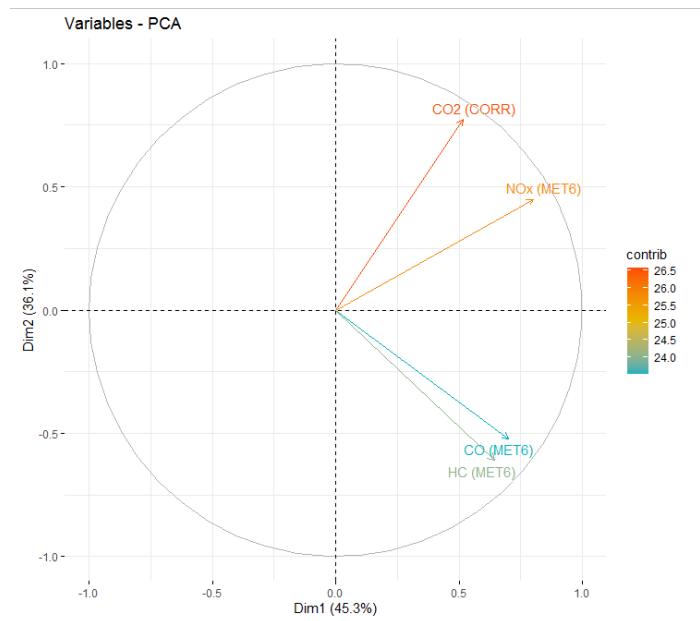


Gráfico 31-3: Variables

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022

Tabla 48-3: Comparación de factores

		Cherry Nice (China)			
		CO	CO2	HC	NOx
Factor 1		X			X
Factor 2			X	X	
		Hyundai Accent (Corea)			
		CO	CO2	HC	NOx
Factor 1		X		X	
Factor 2			X		X
		Audi (Alemania)			
		CO	CO2	HC	NOx
Factor 1		X		X	
Factor 2			X		X
		Chevrolet Aveo family (Ecuador)			
		CO	CO2	HC	NOx
Factor 1		X	X	X	
Factor 2					X

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Se identifica que la variable Monóxido de carbono (CO) cae en el factor 1 para todas las marcas de vehículos estudiadas; la variable Dióxido de carbono (CO2), cae en el segundo factor para las marcas de vehículo de los países de China, Corea y Alemania, al contrario de los vehículos ensamblados en Ecuador que cae en el factor 1. La variable Hidratos de carbono (HC), cae en el

factor 1 los vehículos de Corea, Alemania y Ecuador, y en el factor 2 se encuentra el vehículo de China. Finalmente, la Variable Óxidos de nitrógeno (NOx), los países Corea Alemania y Ecuador caen en el factor 2, al contrario de China que cae en el factor 1.

3.6. Análisis de componentes Principales

3.6.1. Emisiones del vehículo Cherry Nice, China

De tal manera que las variables tienen intensidades grandes respecto a otras y las varianzas son muy grandes respecto a las demás se realizó un análisis de componentes principales normados. Obteniendo las siguientes componentes:

$$U_1 = 0.39Z_1 - 0.78Z_2 + 0.39Z_3 - 0.29Z_4$$

$$U_2 = -0.59Z_1 + 0.003Z_2 - 0.002Z_3 - 0.804Z_4$$

$$U_3 = 0.45Z_1 + 0.62Z_2 + 0.55Z_3 - 0.33Z_4$$

$$U_4 = 0.54Z_1 + 0.46Z_2 - 0.74Z_3 - 0.40Z_4$$

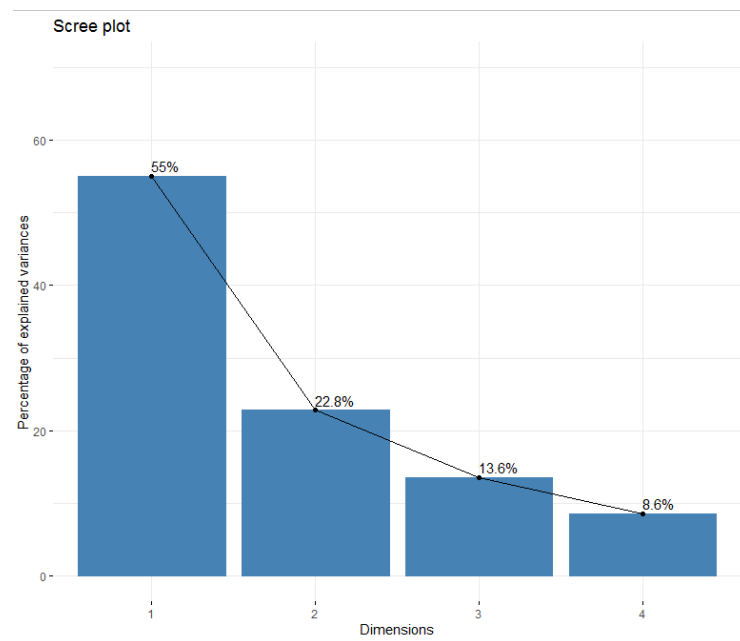


Gráfico 32-3: Porcentaje de explicación de la varianza.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

El gráfico indica que, las dos primeras componentes del vehículo de China explican el 77.8% de la varianza, los valores propios comienzan a formar una línea recta después del tercer componente principal. Por lo tanto, los componentes principales restantes explican una proporción muy pequeña de la variabilidad esta cercana a cero lo que nos dice que probablemente carezcan de importancia.

Tabla 49-3: Contribuciones de las variables

Variables	Aporte
CO	0,00069896
CO2	-0,0031339
HC	0,99312182
NOx	0,1170416

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Las contribuciones de las variables para el primer componente son: el monóxido de carbono aporta 0,0006, el dióxido de carbono -0,003, Hidratos de carbono 0,99 y finalmente el óxido de nitrógeno 0,12.

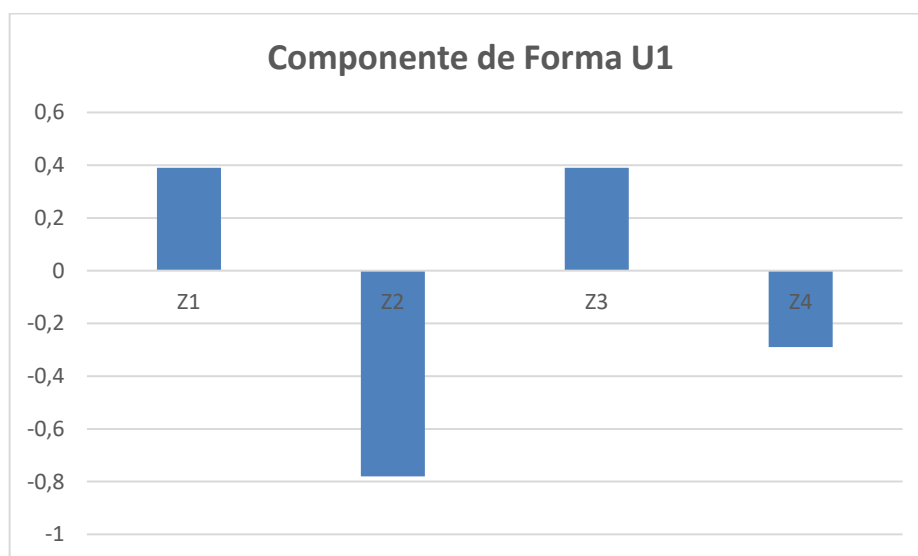


Gráfico 33-3: Componente de forma U1.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La primera componente normada obtenida del vehículo de China es una componente de forma, en el cual las primeras emisiones obtenidas 2159, 491, 3063, ... presentan mayor emisión de monóxido de carbono e hidratos de carbono y menor emisión de dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno; siendo así consideradas como las emisiones de gases más contaminantes. Mientras que, las emisiones ...,2148, 760, 2631, 175 son las menos contaminantes de este vehículo.

3.6.2. Emisiones del vehículo Hyundai Accent, Corea

$$U_1 = 0.51Z_1 - 0.43Z_2 - 0.74Z_3 + 0.08Z_4$$

$$U_2 = 0.47Z_1 + 0.60Z_2 + 0.04Z_3 + 0.65Z_4$$

$$U_3 = 0.46Z_1 - 0.57Z_2 + 0.67Z_3 + 0.15Z_4$$

$$U_4 = 0.56Z_1 + 0.37Z_2 + 0.09Z_3 - 0.74Z_4$$

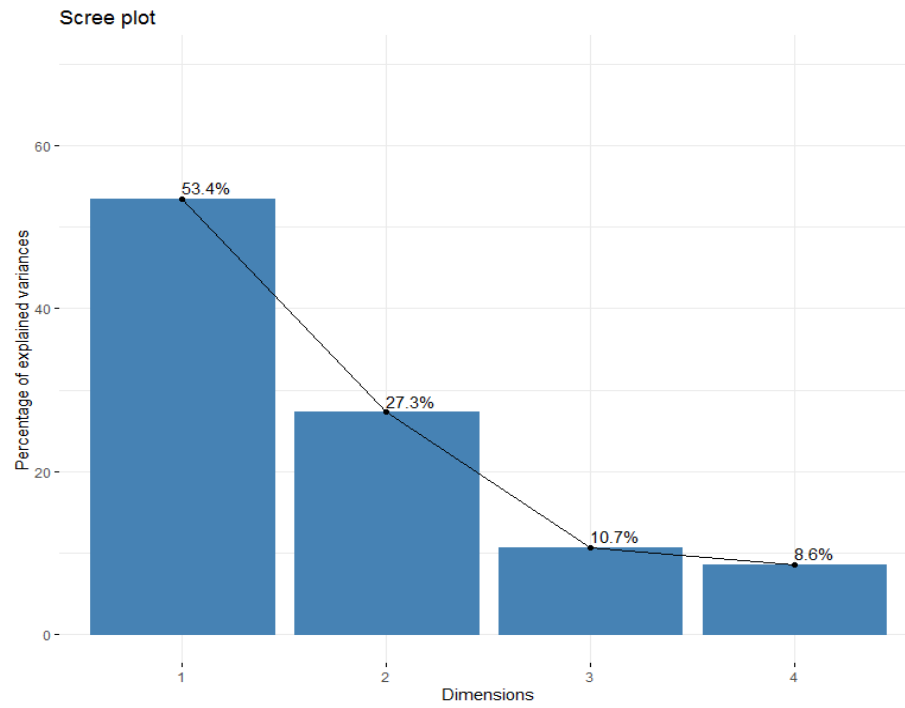


Gráfico 34-3: Porcentaje de explicación de la varianza.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

El gráfico indica que, las dos primeras componentes del vehículo procedente de Corea explican el 80.7% de la varianza, los valores propios comienzan a formar una línea recta después del tercer componente principal. Por lo tanto, los componentes principales restantes explican una proporción muy pequeña de la variabilidad esta cercana a cero lo que nos dice que probablemente carezcan de importancia.

Tabla 50-3: Contribuciones de las variables

Variables	Aporte
CO	0,001
CO2	0,002
HC	0,146
NOx	0,989

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Las contribuciones de las variables para el primer componente son: el monóxido de carbono aporta 0,001, el dióxido de carbono 0,002, Hidratos de carbono 0,146 y finalmente el óxido de nitrógeno 0,989.

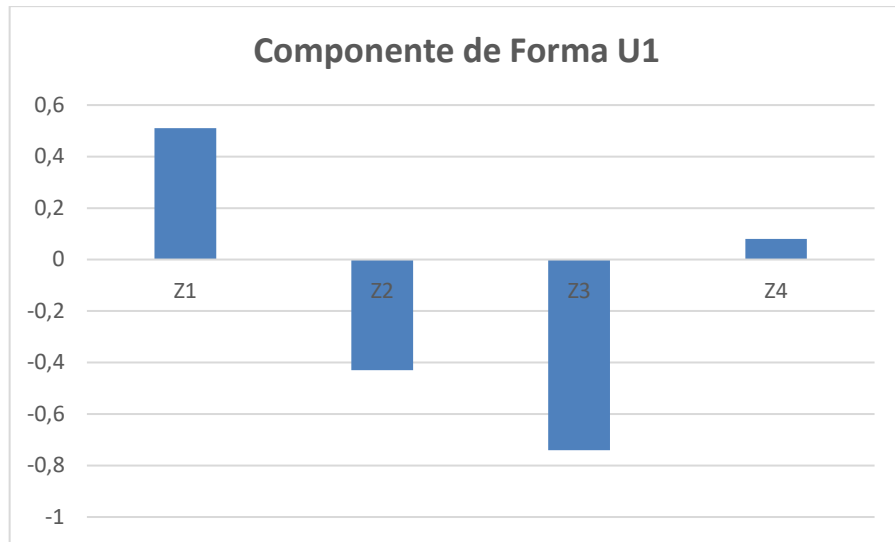


Gráfico 35-3: Componente de forma U1.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La primera componente normada obtenida del vehículo de Corea es una componente de forma, en el cual las primeras emisiones obtenidas 2374, 475, 1825, 1618, ... presentan mayor emisión de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno y menor emisión de dióxido de carbono e hidratos de carbono; siendo así consideradas como las emisiones de gases más contaminantes. Mientras que, las emisiones ..., 1844, 91, 1586, 1692 son las menos contaminantes de este vehículo.

3.6.3. Emisiones del vehículo Audi 2000, Alemania

$$U_1 = 0.61Z_1 + 0.11Z_2 - 0.52Z_3 - 0.59Z_4$$

$$U_2 = 0.43Z_1 + 0.49Z_2 - 0.75Z_3 - 0.12Z_4$$

$$U_3 = 0.64Z_1 - 0.22Z_2 - 0.12Z_3 + 0.73Z_4$$

$$U_4 = -0.17Z_1 + 0.84Z_2 - 0.39Z_3 - 0.33Z_4$$

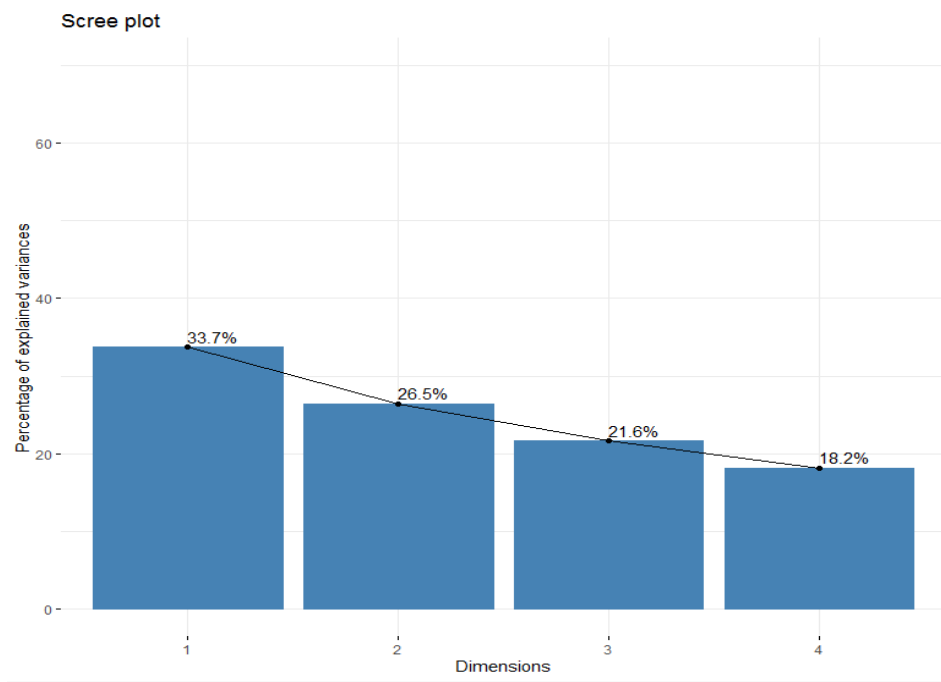


Gráfico 36-3: Porcentaje de explicación de la varianza.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

El gráfico indica que, las dos primeras componentes del vehículo procedente de Alemania explican el 60.2% de la varianza, los valores propios comienzan a formar una línea recta después del tercer componente principal. Por lo tanto, los componentes principales restantes explican una proporción muy pequeña de la variabilidad esta cercana a cero lo que nos dice que probablemente carezcan de importancia.

Tabla 51-3: Contribuciones de las variables

Variables	Aporte
CO	0,00066
CO2	0,0017
HC	0,0760
NOx	0,9970

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Las contribuciones de las variables para el primer componente son: el monóxido de carbono aporta 0,00066, el dióxido de carbono 0,0017, Hidratos de carbono 0,0760 y finalmente el óxido de nitrógeno 0,9970.

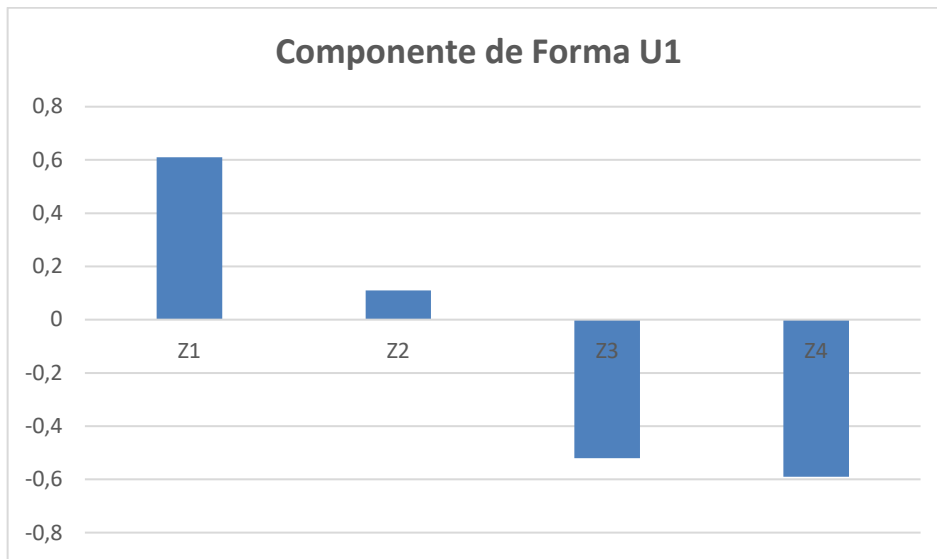


Gráfico 37-3: Componente de forma U1.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La primera componente normada obtenida del vehículo de Alemania es una componente de forma, en el cual las primeras emisiones obtenidas 3119, 2035, 2041, 2005, ... presentan mayor emisión de monóxido de carbono y dióxido de carbono y menor emisión de hidratos de carbono y óxidos de nitrógeno; siendo así consideradas como las emisiones de gases más contaminantes. Mientras que, las emisiones ..., 2346, 2429, 1154, 904 son las menos contaminantes de este vehículo.

3.6.4. Emisiones del vehículo Chevrolet Aveo Family, ensamblado en Ecuador

$$U_1 = -0.52Z_1 + 0.44Z_2 - 0.73Z_3 + 0.09Z_4$$

$$U_2 = -0.38Z_1 - 0.64Z_2 - 0.31Z_3 + 0.66Z_4$$

$$U_3 = -0.48Z_1 + 0.51Z_2 + 0.67Z_3 + 0.25Z_4$$

$$U_4 = -0.59Z_1 - 0.37Z_2 + 0.12Z_3 - 0.70Z_4$$

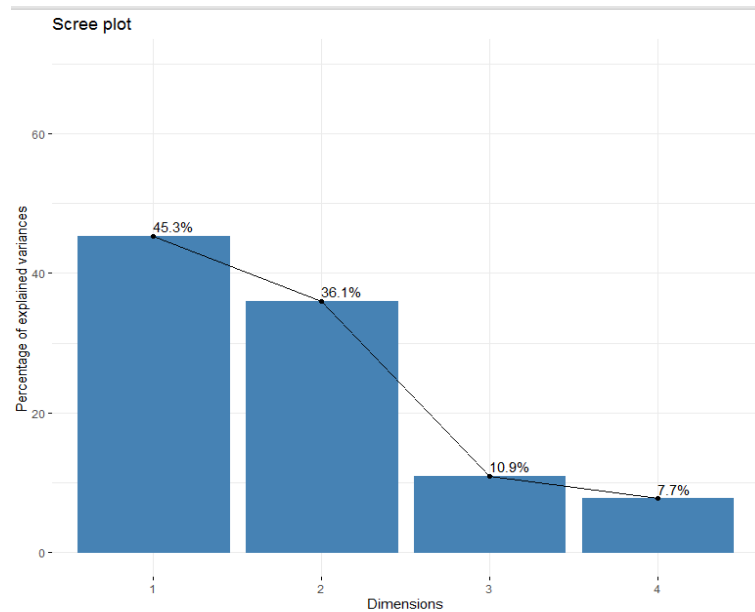


Gráfico 38-3: Componente de forma U1.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022

El gráfico indica que, las dos primeras componentes del vehículo ensamblado en Ecuador explicación el 81.4% de la varianza, los valores propios comienzan a formar una línea recta después del tercer componente principal. Por lo tanto, los componentes principales restantes explican una proporción muy pequeña de la variabilidad esta cercana a cero lo que nos dice que probablemente carezcan de importancia.

Tabla 52-3: Contribuciones de las variables

Variables	Aporte
CO	0,001
CO2	0,002
HC	0,146
NOx	0,989

Fuente: Repositorio de la ESPOCH de la carrera de Ingeniería en Automotriz.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Las contribuciones de las variables para el primer componente son: el monóxido de carbono aporta 0,001, el dióxido de carbono 0,002, Hidratos de carbono 0,146 y finalmente el óxido de nitrógeno 0,989.

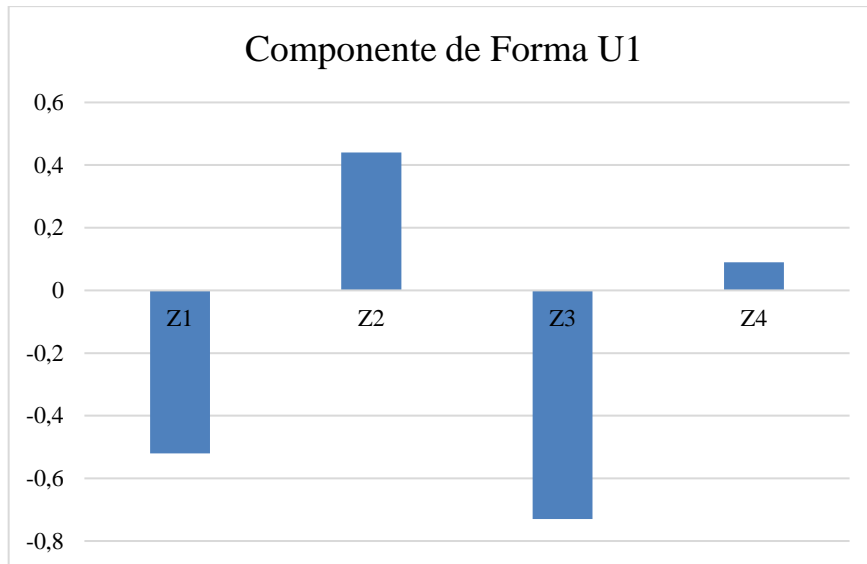


Gráfico 40-3: Componente de forma U1.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

La primera componente normada obtenida del vehículo de Ecuador es una componente de forma, en el cual las primeras emisiones obtenidas 1338, 3681, 1834, 1617, ... presentan mayor emisión de dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, y menor emisión de monóxido de carbono e hidratos de carbono; siendo así consideradas como las emisiones de gases más contaminantes. Mientras que, las emisiones ..., 4023, 840, 2711, 2558 son las menos contaminantes de este vehículo.

3.6.4.1. Comparación de la primera componente

Se realiza la comparación entre las puntuaciones de las primeras componentes de los anteriores análisis estandarizados.

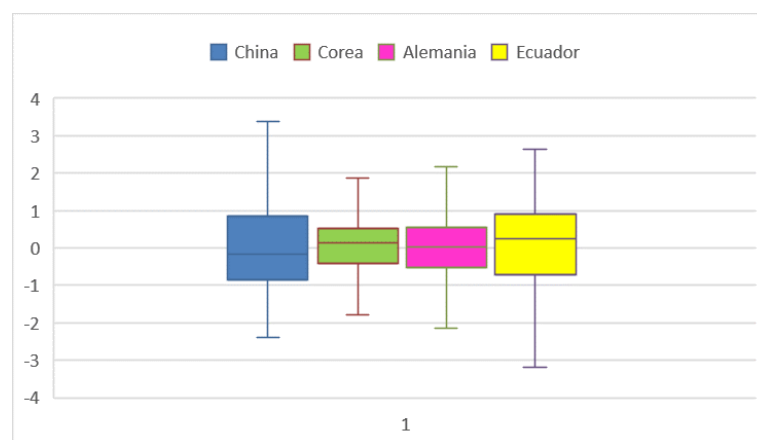


Gráfico 39-3: BoxPlot de múltiples variables.

Realizado por: Cevallos Llamuca, Mayra, 2022.

Al obtener los resultados de la primera componente principal en cada marca de vehículo de acuerdo a sus emisiones contaminantes, se procedió a compararlas por medio de una gráfica boxplot, con la que se puede concluir que los vehículos de China, Corea, Alemania y Ecuador tienen en promedio emisiones de gases contaminantes similares bajas; por lo que se observa que China con el vehículo Cherry Nice, es el país que genera menos emisiones reales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DISCUSIÓN:

- Al comparar los resultados del proyecto de Miguel Cedeño con el tema de “Análisis de las emisiones de gases contaminantes de un vehículo Toyota Prius c hybrid 1.5l en rutas establecidas en la ciudad de Cuenca”, para determinar su impacto.
- realizado en el año 2018, con mis resultados se observa que en las dos investigaciones se trabaja con las mismas variables (CO, CO₂, HC y NO_x) en el estudio.
- Se analiza que los automóviles híbridos al poseer un doble motor (combustión interna y eléctrico) reducen la cantidad de gasolina consumida en el motor eléctrico al no consumir gasolina, este logra disminuir la propagación de gases de contaminación al ambiente, en comparación al vehículo Chery Nice que alcanzó los valores más altos de emisiones reales en el presente estudio.
- Finalmente se dice que los vehículos híbridos son los que emanan menor cantidad de gases contaminantes, que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Por lo que se recomienda adquirir vehículos híbridos y no los vehículos Chery Nice ya que estos producen mayor cantidad de emisiones.

CONCLUSIONES:

- La estadística se puede aplicar en varias áreas usando diferentes técnicas multivariantes como son, Regresión múltiple, componentes principales, análisis factorial, coeficiente de varianza, entre otros, todas estas técnicas se han utilizado para realizar varios análisis de diferentes estudios, no es la excepción analizar los gases, CO, CO₂, HC y NO_x que son perjudiciales para la salud.
- Al comparar los factores se identifica que se obtiene los mismos factores tanto para el vehículo Hyundai Accent de corea, como para el vehículo Audi Alemán, que está conformado por factor 1 con el CO-HC, y el segundo factor compuesto por CO₂- NO_x. Para las dos marcas de vehículos, en comparación de los vehículos de China y Ecuador que están compuestos por distintos tipos de factores cada uno.
- Tras realizar análisis de componentes principales, de cada marca de vehículo de acuerdo a su país de procedencia, se concluye que el vehículo que emana la menor cantidad de emisiones reales de CO, CO₂, HC y NO_x, es el vehículo Hyundai Accent proveniente de Corea, es decir este vehículo es el que emana la menor cantidad de gases, en comparación a los otros vehículos. Cabe recalcar que el vehículo que emana la mayor cantidad de gases es el vehículo Chino Chery Nice.
- Dentro de las limitantes de este estudio se encuentran: no se conoce información acerca de las rutas que tomaron los vehículos; Además no se sabe cada que tiempo se tomó esta información, existe un faltante de variables que ayudarían en el estudio y finalmente no se conoce el estado climático en el que se recepto la misma.

RECOMENDACIONES:

- Considerar cubrir las limitaciones propuestas anteriormente en las conclusiones, para así obtener mejores resultados al momento de hacer cualquier tipo de análisis estadístico.
- Aplicar otros tipos de técnicas tanto estadísticas multivariantes en el análisis de emisiones reales, como pueden ser análisis de conglomerados, Anova, regresión lineal. Ya que en otras investigaciones dichas técnicas se han tomado en cuenta para el análisis de las emisiones reales.
- Considerar más variables de emisiones reales, que provoquen los vehículos livianos a gasolina, para futuras investigaciones, como puede ser el NO, NO₂, entre otros. Ya que esto ayudaría a tener un mejor desempeño de la investigación.
- Considerar los resultados obtenidos en el estudio al momento de adquirir un vehículo, debido a que el vehículo Hyundai Accent procedente de Corea, es el que provoca menor cantidad de emisiones reales, favoreciendo este tanto a la salud como al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ARÁNGUEZ, Emiliano, ORDÓÑEZ, José María, SERRANO, Javier, ARAGONÉS, Nuria, FERNÁNDEZ-PATIER, Rosalía, GANDARILLAS, Ana and GALÁN, Iñaki. Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*. 1999. Vol. 73, no. 2, p. 123–132. DOI 10.1590/s1135-57271999000200003.

AS. Tipos de gases producidos en la combustión y sus consecuencias. . 2012.

AZEVEDO, Pedro. Vehículos Eléctricos. Características e Tipos de Motores. . 2009.

BALLESTER, Ferran, TENÍAS, José and PÉREZ, Santiago. EFECTOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA SOBRE LA SALUD. . 1999. P. 109–121.

BRAUBACH, Matthias, BRUCE, Nigel, ADAMKIEWICZ, Gary, ANDERSON, Hugh and AZUMA, Kenichi. Who Guidelines for Indoor Air Quality Pollutants. *Journal of biomedical semantics*. 2011. Vol. 2 Suppl 2, p. 484.

CHERRY. *Ficha técnica Chery Face*. Online. 2018. Available from: http://www.autos-chinos.com/noticia_194-ficha-tecnica-chery-face.html

CHEVROLET. Chevrolet Aveo Family. Ficha Técnica. . 2018.

CORNEJO, Luis and VELÁSQUEZ, Diego. *Determinación De Ciclos Termodinámicos En Motores De Encendido Provocado De Vehículos De Categoría M1 En Ciclos De Conducción Reales*. Online. 2020. ISBN 0105462527. Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18685/1/UPS-CT008740.pdf>

DOMALD, Harnet and JAMES, Murphy. *Introducción Al Análisis Estadístico*. . 1987. P. 191–192. México Addison-Wesley Iberoamericana .2a. ed., 1987, p. 712

INGENIERÍA, C.D.E. y AUTOMOTRIZ, M., 2021. Análisis de las emisiones de gases contaminantes de un vehículo Toyota Prius C Hybrid 1.5L en rutas establecidas en la ciudad de Cuenca, para determinar su impacto. S.l.: s.n. ISBN 0103827366.

LLANES CEDEÑO, E.A., ROCHA-HOYOS, J.C., PERALTA ZURITA, D.B. y LEGUÍSAMO MILLA, J.C., 2018. Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a

gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. 2018. S.l.: s.n.

MANZUR, María, BENZAL, Graciela and GONZÁLEZ, Silvia. Modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos. *Actas VII Congreso de Medio Ambiente AUGM.* 2013. P. 1–19. Título abreviado: Simulación de contaminación atmosférica ABSTRACT The present work considers that the pollutant concentration is useful for the assessment

OMS. OXIDES OF NITROGEN. 2021.

Peña, Daniel. 2002. Analisis de datos multivariado. 2002. págs. 149-150.

QUINTERO, Zuluaga, RUIZ, Valencia, MARÍA, Ana, TRUJILLO, Ortiz and CRISTINA, Isabel. Efecto genotóxico y mutagénico de contaminantes atmosféricos Genotoxic and mutagenic effect of atmospheric pollutants. . 2009.

REBORATTI, Carlos. Ambiente y sociedad: recursos naturales, conceptos, relaciones y conflictos. *Ariel.* 2000. P. 253.

SCIENCES, Health. Hyundai. . 2016. Vol. 4, no. 1, p. 1–23. S

VALENZUELA, Jonathan. MANUAL DE TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS, RECONOCIMIENTO Y SUS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA. . 2013.

YOLANDA, Mercedes and MORALES, Rafael. TIPOS DE COMBUSTIBLE. . 2014. No. 417.

ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE DATOS INICIAL VEHÍCULO CHERRY NICE (CHINA)

CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)	País de procedencia
0,409	13,070	413,000	82,000	China
0,415	13,050	414,000	83,000	China
0,440	13,040	414,000	83,000	China
0,440	13,040	414,000	82,000	China
0,440	13,020	415,000	83,000	China
0,440	13,020	415,000	83,000	China
0,445	13,020	415,000	83,000	China
0,445	13,010	415,000	83,000	China
0,463	13,010	415,000	83,000	China
0,463	13,020	415,000	83,000	China
0,463	13,030	415,000	83,000	China
0,465	13,040	415,000	83,000	China
0,471	13,040	415,000	82,000	China
0,479	13,050	416,000	82,000	China
0,488	13,050	416,000	81,000	China
0,489	13,050	416,000	82,000	China
0,492	13,050	417,000	82,000	China
0,500	13,040	418,000	83,000	China
0,505	13,030	419,000	83,000	China
0,528	13,000	420,000	83,000	China
0,530	13,000	420,000	83,000	China
0,533	12,870	420,000	83,000	China
0,540	12,880	420,000	82,000	China
0,540	12,880	421,000	83,000	China
0,541	12,880	421,000	83,000	China
0,560	12,900	422,000	83,000	China
0,563	12,910	422,000	83,000	China
0,565	12,920	423,000	84,000	China
0,563	12,930	423,000	84,000	China
0,563	12,920	424,000	83,000	China
0,563	12,940	424,000	83,000	China
0,563	12,980	424,000	83,000	China
0,574	12,980	424,000	83,000	China
0,574	12,980	424,000	84,000	China
0,576	12,980	425,000	84,000	China
0,578	12,980	425,000	85,000	China
0,578	12,970	425,000	86,000	China
0,579	12,980	426,000	88,000	China
0,579	12,980	426,000	88,000	China

0,579	12,980	426,000	88,000	China
0,581	12,960	426,000	88,000	China
0,609	12,970	427,000	89,000	China
0,609	12,960	427,000	88,000	China
0,608	12,970	427,000	88,000	China
0,609	12,960	427,000	97,000	China
0,609	12,950	422,000	148,000	China
0,716	12,990	408,000	226,000	China
1,023	13,000	407,000	278,000	China
1,175	12,990	407,000	310,000	China
0,993	13,000	397,000	340,000	China
0,657	13,010	376,000	457,000	China
0,835	13,060	351,000	685,000	China
1,463	13,010	322,000	827,000	China
1,506	13,010	318,000	766,000	China
1,284	13,010	315,000	743,000	China
1,158	13,030	315,000	800,000	China
1,139	13,060	314,000	870,000	China
1,043	13,230	310,000	885,000	China
0,923	13,240	299,000	920,000	China
1,122	13,250	293,000	976,000	China
1,684	13,250	286,000	981,000	China
1,966	12,880	280,000	880,000	China
1,965	12,850	278,000	733,000	China
1,761	12,850	278,000	630,000	China
1,675	12,880	280,000	602,000	China
1,661	12,940	282,000	601,000	China
1,575	12,940	283,000	592,000	China
1,374	12,990	283,000	544,000	China
1,276	13,190	283,000	481,000	China
1,230	13,250	283,000	424,000	China
1,260	13,250	282,000	374,000	China
1,283	13,200	290,000	330,000	China
0,940	13,200	293,000	321,000	China
0,949	13,240	289,000	410,000	China
1,026	13,260	286,000	505,000	China
1,027	13,260	285,000	662,000	China
1,356	13,260	273,000	841,000	China
1,641	13,160	262,000	901,000	China
.
.
.
0,092	14,320	103,000	24,000	China

0,213	14,310	102,000	24,000	China
0,308	14,300	126,000	24,000	China
0,462	14,220	163,000	24,000	China
0,586	14,150	182,000	23,000	China
0,753	14,150	191,000	23,000	China
0,752	14,140	192,000	23,000	China
0,653	14,120	192,000	23,000	China

ANEXO B: MATRIZ DE DATOS INICIAL VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT (COREA)

CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)	País de procedencia
0,017	13,500	27,000	31,000	Corea
0,015	13,500	27,000	31,000	Corea
0,014	13,500	27,000	31,000	Corea
0,014	13,490	27,000	31,000	Corea
0,015	13,490	27,000	31,000	Corea
0,015	13,480	27,000	32,000	Corea
0,014	13,490	27,000	31,000	Corea
0,013	13,490	27,000	31,000	Corea
0,012	13,490	27,000	31,000	Corea
0,008	13,490	27,000	31,000	Corea
0,007	13,490	27,000	31,000	Corea
0,007	13,470	27,000	31,000	Corea
0,007	13,470	27,000	31,000	Corea
0,010	13,470	27,000	31,000	Corea
0,011	13,470	27,000	31,000	Corea
0,011	13,460	27,000	31,000	Corea
0,014	13,460	27,000	31,000	Corea
0,011	13,360	27,000	31,000	Corea
0,011	13,350	27,000	31,000	Corea
0,010	13,150	26,000	31,000	Corea
0,010	13,150	26,000	32,000	Corea
0,301	13,240	44,000	36,000	Corea
0,721	13,240	62,000	45,000	Corea
0,588	13,260	63,000	61,000	Corea
0,354	13,500	63,000	127,000	Corea
0,237	13,710	63,000	231,000	Corea
0,277	13,710	63,000	277,000	Corea
0,536	13,700	63,000	258,000	Corea
0,490	13,460	72,000	205,000	Corea
0,236	13,460	74,000	168,000	Corea
0,178	13,900	74,000	364,000	Corea
0,173	14,450	72,000	666,000	Corea
0,239	14,760	71,000	614,000	Corea
0,244	14,800	71,000	489,000	Corea
0,254	14,990	71,000	408,000	Corea
0,222	15,200	71,000	385,000	Corea
0,195	15,200	63,000	398,000	Corea
0,225	15,200	62,000	400,000	Corea
0,235	15,200	62,000	376,000	Corea
0,238	15,200	61,000	361,000	Corea

0,274	15,190	60,000	363,000	Corea
0,153	15,000	57,000	397,000	Corea
0,107	14,950	53,000	510,000	Corea
0,109	14,750	47,000	679,000	Corea
0,110	14,550	46,000	638,000	Corea
0,102	13,890	43,000	484,000	Corea
0,066	13,660	42,000	376,000	Corea
0,045	13,650	42,000	329,000	Corea
0,035	13,700	41,000	417,000	Corea
0,163	13,930	40,000	540,000	Corea
0,167	13,860	40,000	608,000	Corea
0,498	13,760	43,000	669,000	Corea
0,839	13,720	72,000	691,000	Corea
0,693	13,720	77,000	541,000	Corea
0,388	13,830	77,000	401,000	Corea
0,218	14,260	68,000	462,000	Corea
0,287	14,260	60,000	663,000	Corea
1,618	13,670	184,000	675,000	Corea
4,159	12,210	465,000	493,000	Corea
5,397	11,290	566,000	344,000	Corea
5,261	11,280	506,000	251,000	Corea
3,530	11,970	381,000	196,000	Corea
1,779	12,590	258,000	162,000	Corea
0,901	13,470	167,000	158,000	Corea
0,809	13,850	142,000	200,000	Corea
1,973	13,780	138,000	208,000	Corea
3,279	12,650	154,000	185,000	Corea
3,481	12,410	155,000	152,000	Corea
2,716	12,410	155,000	124,000	Corea
1,898	12,690	126,000	103,000	Corea
1,326	12,910	110,000	88,000	Corea
0,932	13,030	93,000	78,000	Corea
0,677	13,600	85,000	69,000	Corea
0,447	13,530	75,000	62,000	Corea
0,353	13,530	67,000	57,000	Corea
0,252	13,380	65,000	54,000	Corea
0,193	13,390	61,000	51,000	Corea
0,161	13,380	55,000	49,000	Corea
.
.
.
0,106	13,570	40,000	0,000	Corea
0,079	13,680	40,000	0,000	Corea

0,045	13,660	37,000	0,000	Corea
0,039	13,630	36,000	0,000	Corea
0,035	13,630	35,000	0,000	Corea
0,034	13,630	33,000	0,000	Corea
0,028	13,540	31,000	0,000	Corea
0,014	13,530	31,000	0,000	Corea

ANEXO C: MATRIZ DE DATOS INICIAL VEHÍCULO AUDI (ALEMANIA)

CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)	País de procedencia
0,373	13,520	273,000	98,000	Alemania
0,373	13,500	273,000	98,000	Alemania
0,374	13,620	274,000	98,000	Alemania
0,374	13,620	274,000	99,000	Alemania
0,374	13,620	274,000	99,000	Alemania
0,373	13,670	275,000	99,000	Alemania
0,373	13,670	275,000	99,000	Alemania
0,373	13,670	276,000	99,000	Alemania
0,372	13,670	276,000	99,000	Alemania
0,365	13,700	277,000	100,000	Alemania
0,361	13,700	278,000	100,000	Alemania
0,363	13,720	279,000	100,000	Alemania
0,365	13,700	281,000	101,000	Alemania
0,365	13,700	281,000	101,000	Alemania
0,365	13,690	282,000	101,000	Alemania
0,365	13,690	283,000	101,000	Alemania
0,371	13,690	283,000	101,000	Alemania
0,371	13,660	284,000	100,000	Alemania
0,371	13,650	284,000	101,000	Alemania
0,371	13,660	285,000	101,000	Alemania
0,375	13,660	285,000	103,000	Alemania
0,379	13,660	286,000	104,000	Alemania
0,379	13,660	287,000	107,000	Alemania
0,380	13,650	288,000	109,000	Alemania
0,380	13,650	288,000	110,000	Alemania
0,380	13,670	289,000	111,000	Alemania
0,381	13,670	289,000	112,000	Alemania
0,381	13,710	291,000	113,000	Alemania
0,381	13,720	292,000	114,000	Alemania
0,381	13,720	292,000	113,000	Alemania
0,376	13,660	292,000	115,000	Alemania
0,324	13,510	292,000	126,000	Alemania
0,322	13,510	292,000	167,000	Alemania
0,374	13,510	307,000	240,000	Alemania
0,374	13,510	312,000	340,000	Alemania
0,390	13,510	312,000	467,000	Alemania
0,397	13,510	313,000	568,000	Alemania
0,501	13,520	313,000	632,000	Alemania
0,743	13,520	316,000	664,000	Alemania
0,940	13,500	328,000	638,000	Alemania
0,963	13,470	337,000	597,000	Alemania

0,877	13,480	338,000	571,000	Alemania
0,773	13,480	338,000	578,000	Alemania
0,682	13,480	338,000	577,000	Alemania
0,607	13,400	338,000	582,000	Alemania
0,591	13,400	336,000	609,000	Alemania
0,506	13,500	327,000	615,000	Alemania
0,445	13,670	309,000	621,000	Alemania
0,455	13,860	304,000	638,000	Alemania
0,461	13,860	302,000	629,000	Alemania
0,423	13,860	300,000	589,000	Alemania
0,398	13,970	296,000	564,000	Alemania
0,396	13,980	293,000	551,000	Alemania
0,396	13,990	293,000	543,000	Alemania
0,477	13,990	292,000	541,000	Alemania
0,560	13,990	292,000	535,000	Alemania
0,660	13,220	291,000	514,000	Alemania
0,770	12,060	288,000	468,000	Alemania
1,082	12,400	288,000	394,000	Alemania
1,134	12,790	288,000	334,000	Alemania
1,012	13,230	280,000	346,000	Alemania
0,759	13,760	266,000	431,000	Alemania
0,689	13,930	247,000	489,000	Alemania
0,547	13,940	244,000	483,000	Alemania
0,475	13,940	243,000	497,000	Alemania
0,438	13,940	243,000	541,000	Alemania
0,445	13,940	242,000	554,000	Alemania
0,447	13,990	241,000	552,000	Alemania
0,447	14,060	236,000	544,000	Alemania
0,438	14,120	229,000	555,000	Alemania
0,437	14,130	226,000	556,000	Alemania
0,437	14,160	218,000	557,000	Alemania
0,368	14,170	207,000	524,000	Alemania
0,293	14,280	205,000	502,000	Alemania
0,276	14,360	204,000	518,000	Alemania
0,244	14,650	203,000	534,000	Alemania
0,248	14,730	203,000	528,000	Alemania
0,267	14,740	203,000	520,000	Alemania
.
.
.
0,018	2,060	1,000	29,000	Alemania
0,018	2,190	1,000	29,000	Alemania
0,018	2,470	1,000	29,000	Alemania

0,018	2,720	1,000	29,000	Alemania
0,019	2,730	1,000	29,000	Alemania
0,024	2,730	1,000	29,000	Alemania
0,024	2,740	1,000	29,000	Alemania
0,024	2,740	1,000	29,000	Alemania

**ANEXO D: MATRIZ DE DATOS INICIAL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO FAMILY
(ENSAMBLADO EN ECUADOR)**

CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)	País de procedencia
1,346	11,810	233,000	25,000	Ecuador
1,347	11,800	234,000	26,000	Ecuador
1,347	11,800	236,000	26,000	Ecuador
1,344	11,800	240,000	27,000	Ecuador
1,342	11,800	242,000	27,000	Ecuador
1,341	11,790	244,000	27,000	Ecuador
1,326	11,800	244,000	27,000	Ecuador
1,321	11,800	245,000	28,000	Ecuador
1,304	11,800	246,000	29,000	Ecuador
1,310	11,790	247,000	30,000	Ecuador
1,311	11,800	250,000	29,000	Ecuador
1,311	11,800	251,000	29,000	Ecuador
1,311	11,800	252,000	29,000	Ecuador
1,327	11,780	253,000	29,000	Ecuador
1,327	11,780	255,000	28,000	Ecuador
1,335	11,790	256,000	28,000	Ecuador
1,335	11,790	257,000	27,000	Ecuador
1,335	11,800	258,000	27,000	Ecuador
1,335	11,800	259,000	27,000	Ecuador
1,335	11,800	259,000	27,000	Ecuador
1,334	11,800	260,000	27,000	Ecuador
1,334	11,810	261,000	27,000	Ecuador
1,333	11,800	261,000	28,000	Ecuador
1,333	11,800	262,000	28,000	Ecuador
1,333	11,780	262,000	28,000	Ecuador
1,340	11,720	263,000	28,000	Ecuador
1,338	11,740	263,000	28,000	Ecuador
1,230	11,770	265,000	29,000	Ecuador
1,226	11,760	265,000	30,000	Ecuador
1,380	11,770	265,000	31,000	Ecuador
1,458	11,760	264,000	32,000	Ecuador
1,459	11,780	264,000	31,000	Ecuador
1,459	11,780	265,000	31,000	Ecuador
1,461	11,770	267,000	30,000	Ecuador
1,433	11,770	270,000	30,000	Ecuador
1,426	11,710	274,000	29,000	Ecuador
1,327	11,710	334,000	33,000	Ecuador
1,265	11,720	353,000	94,000	Ecuador
1,272	11,850	354,000	242,000	Ecuador

1,464	11,900	354,000	392,000	Ecuador
1,637	11,910	342,000	472,000	Ecuador
1,877	11,910	341,000	474,000	Ecuador
2,076	11,790	410,000	421,000	Ecuador
2,166	11,380	630,000	349,000	Ecuador
2,168	11,160	792,000	273,000	Ecuador
2,166	10,980	816,000	221,000	Ecuador
2,169	10,990	816,000	190,000	Ecuador
2,169	10,980	767,000	167,000	Ecuador
2,053	10,980	694,000	146,000	Ecuador
1,837	11,000	624,000	127,000	Ecuador
1,773	11,180	562,000	111,000	Ecuador
1,706	11,470	511,000	97,000	Ecuador
1,696	11,470	478,000	86,000	Ecuador
1,579	11,520	435,000	76,000	Ecuador
1,529	11,640	433,000	68,000	Ecuador
1,470	11,660	424,000	65,000	Ecuador
1,472	11,700	402,000	67,000	Ecuador
1,552	11,710	399,000	64,000	Ecuador
1,597	11,620	461,000	60,000	Ecuador
1,734	11,340	595,000	54,000	Ecuador
1,845	10,870	768,000	48,000	Ecuador
1,875	10,520	952,000	43,000	Ecuador
2,039	10,290	1124,000	39,000	Ecuador
2,109	10,190	1266,000	35,000	Ecuador
2,178	10,150	1314,000	32,000	Ecuador
2,051	10,400	1119,000	30,000	Ecuador
1,204	11,140	774,000	45,000	Ecuador
0,596	12,030	547,000	317,000	Ecuador
0,577	12,710	444,000	965,000	Ecuador
0,879	12,940	394,000	1419,000	Ecuador
1,274	12,960	375,000	1544,000	Ecuador
1,376	12,960	350,000	1477,000	Ecuador
1,310	12,960	339,000	1438,000	Ecuador
1,046	12,960	327,000	1525,000	Ecuador
0,786	12,960	315,000	1653,000	Ecuador
0,773	12,940	302,000	1783,000	Ecuador
1,143	12,910	299,000	1862,000	Ecuador
3,051	11,390	551,000	1878,000	Ecuador
.
.
.
0,385	14,620	80,000	443,000	Ecuador

0,308	13,840	76,000	330,000	Ecuador
0,147	13,740	69,000	290,000	Ecuador
0,149	14,240	64,000	581,000	Ecuador
0,101	14,730	61,000	711,000	Ecuador
0,105	14,730	60,000	640,000	Ecuador
0,126	14,730	58,000	702,000	Ecuador
0,563	14,670	143,000	545,000	Ecuador

ANEXO E: MATRIZ DE DATOS FINAL, LIBRE DE ATÍPICOS

CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)	País de Procedencia
0,409	13,070	413	82	China
0,415	13,050	414	83	China
0,44	13,040	414	83	China
0,44	13,040	414	82	China
0,44	13,020	415	83	China
0,44	13,020	415	83	China
0,445	13,020	415	83	China
0,445	13,010	415	83	China
0,463	13,010	415	83	China
0,463	13,020	415	83	China
0,463	13,030	415	83	China
0,465	13,040	415	83	China
0,471	13,040	415	82	China
0,479	13,050	416	82	China
0,488	13,050	416	81	China
0,489	13,050	416	82	China
0,492	13,050	417	82	China
0,5	13,040	418	83	China
0,505	13,030	419	83	China
0,528	13,000	420	83	China
0,53	13,000	420	83	China
0,533	12,870	420	83	China
0,54	12,880	420	82	China
0,54	12,880	421	83	China
0,541	12,880	421	83	China
0,56	12,900	422	83	China
0,563	12,910	422	83	China
0,565	12,920	423	84	China
0,563	12,930	423	84	China
0,563	12,920	424	83	China
0,563	12,940	424	83	China
0,563	12,980	424	83	China
0,574	12,980	424	83	China
0,574	12,980	424	84	China
0,576	12,980	425	84	China
0,578	12,980	425	85	China
0,578	12,970	425	86	China
0,579	12,980	426	88	China
0,579	12,980	426	88	China
0,579	12,980	426	88	China

0,581	12,960	426	88	China
0,609	12,970	427	89	China
0,609	12,960	427	88	China
0,608	12,970	427	88	China
0,609	12,960	427	97	China
1,091	13,110	407	118	China
1,082	13,110	408	115	China
1,047	13,090	409	113	China
1,03	13,090	410	111	China
1,026	13,090	411	110	China
.
.
.
0,308	14,300	126	24	China
0,462	14,220	163	24	China
0,586	14,150	182	23	China
0,753	14,150	191	23	China
0,752	14,140	192	23	China
0,653	14,120	192	23	China

ANEXO F: MATRIZ DE DATOS FINAL, LIBRE DE ATÍPICOS

CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)	País de Procedencia
0,017	13,500	27	31	Corea
0,015	13,500	27	31	Corea
0,014	13,500	27	31	Corea
0,014	13,490	27	31	Corea
0,015	13,490	27	31	Corea
0,015	13,480	27	32	Corea
0,014	13,490	27	31	Corea
0,013	13,490	27	31	Corea
0,012	13,490	27	31	Corea
0,008	13,490	27	31	Corea
0,007	13,490	27	31	Corea
0,007	13,470	27	31	Corea
0,007	13,470	27	31	Corea
0,01	13,470	27	31	Corea
0,011	13,470	27	31	Corea
0,011	13,460	27	31	Corea
0,014	13,460	27	31	Corea
0,011	13,360	27	31	Corea
0,011	13,350	27	31	Corea
0,01	13,150	26	31	Corea
0,01	13,150	26	32	Corea
0,301	13,240	44	36	Corea
0,721	13,240	62	45	Corea
0,588	13,260	63	61	Corea
0,354	13,500	63	127	Corea
0,237	13,710	63	231	Corea
0,277	13,710	63	277	Corea
0,536	13,700	63	258	Corea
0,49	13,460	72	205	Corea
0,236	13,460	74	168	Corea
0,677	13,600	85	69	Corea
0,447	13,530	75	62	Corea
0,353	13,530	67	57	Corea
0,252	13,380	65	54	Corea
0,193	13,390	61	51	Corea
0,161	13,380	55	49	Corea
0,125	13,390	52	47	Corea
0,102	13,390	51	47	Corea
0,079	13,370	48	46	Corea
0,079	13,370	48	45	Corea

0,064	13,380	47	45	Corea
0,051	13,380	46	45	Corea
0,048	13,380	45	43	Corea
0,037	13,340	44	43	Corea
0,034	13,340	41	42	Corea
0,034	13,480	40	41	Corea
0,034	13,380	39	40	Corea
0,033	13,070	38	41	Corea
0,029	13,060	38	42	Corea
0,028	13,070	37	43	Corea
.
.
.
0,045	13,660	37	0	Corea
0,039	13,630	36	0	Corea
0,035	13,630	35	0	Corea
0,034	13,630	33	0	Corea
0,028	13,540	31	0	Corea
0,014	13,530	31	0	Corea

ANEXO G: MATRIZ DE DATOS FINAL, LIBRE DE ATÍPICOS

CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)	País de Procedencia
0,373	13,520	53	98	Alemania
0,388	13,380	53	62	Alemania
0,296	13,530	52	61	Alemania
0,229	13,670	52	59	Alemania
0,146	13,670	52	59	Alemania
0,093	13,700	52	65	Alemania
0,056	14,060	52	80	Alemania
0,053	14,170	51	85	Alemania
0,301	14,560	51	73	Alemania
0,125	14,920	54	84	Alemania
0,117	14,890	53	91	Alemania
0,249	14,870	52	80	Alemania
0,379	14,810	52	68	Alemania
0,373	14,740	52	65	Alemania
0,316	14,160	52	69	Alemania
0,251	12,940	52	66	Alemania
0,209	12,440	46	47	Alemania
0,146	13,040	46	51	Alemania
0,101	13,480	46	58	Alemania
0,101	13,820	46	60	Alemania
0,121	14,250	45	57	Alemania
0,111	14,270	45	55	Alemania
0,091	14,450	45	55	Alemania
0,187	14,480	44	54	Alemania
0,267	14,600	44	49	Alemania
0,335	14,720	44	46	Alemania
0,335	14,810	44	44	Alemania
0,335	14,990	44	44	Alemania
0,318	14,990	44	45	Alemania
0,244	15,000	44	48	Alemania
0,116	15,000	43	52	Alemania
0,085	14,990	43	59	Alemania
0,083	14,860	43	63	Alemania
0,134	14,860	43	59	Alemania
0,144	14,850	43	55	Alemania
0,15	14,860	42	52	Alemania
0,225	14,900	42	49	Alemania
0,364	14,900	42	48	Alemania
0,293	13,150	52	55	Alemania
0,19	13,810	48	51	Alemania

0,164	14,110	44	50	Alemania
0,11	14,240	43	50	Alemania
0,113	14,520	42	51	Alemania
0,113	14,540	41	49	Alemania
0,154	14,810	41	48	Alemania
0,254	12,490	52	54	Alemania
0,226	13,360	50	51	Alemania
0,191	13,830	46	49	Alemania
0,189	14,200	45	51	Alemania
0,13	14,330	44	56	Alemania
.	.	.	.	Alemania
.	.	.	.	Alemania
.	.	.	.	Alemania
0,118	14,280	2	80	Alemania
0,169	14,270	2	70	Alemania
0,172	14,270	2	62	Alemania
0,173	14,220	2	58	Alemania
0,168	14,360	2	53	Alemania
0,156	13,290	2	50	Alemania

ANEXO H: MATRIZ DE DATOS FINAL, LIBRE DE ATÍPICOS

CO (MET6)	CO2 (CORR)	HC (MET6)	NOx (MET6)	País de Procedencia
1,346	13,433	233	25	Ecuador
1,275	13,440	239	660	Ecuador
0,874	13,430	225	467	Ecuador
0,517	13,430	205	341	Ecuador
0,394	13,660	203	279	Ecuador
0,826	13,520	235	241	Ecuador
0,301	14,490	213	589	Ecuador
0,22	14,460	202	500	Ecuador
0,163	14,530	187	530	Ecuador
0,136	14,540	183	610	Ecuador
0,127	14,590	179	659	Ecuador
0,238	14,600	176	668	Ecuador
0,325	14,580	175	620	Ecuador
0,2	14,420	170	493	Ecuador
0,14	14,340	165	473	Ecuador
0,118	14,340	159	488	Ecuador
0,106	14,360	157	499	Ecuador
0,218	14,460	156	520	Ecuador
0,2	14,700	156	514	Ecuador
0,17	14,700	155	530	Ecuador
0,132	14,710	148	548	Ecuador
0,108	14,730	146	590	Ecuador
0,09	14,680	145	667	Ecuador
0,223	14,680	132	662	Ecuador
0,158	14,680	125	600	Ecuador
0,117	14,450	123	501	Ecuador
0,091	14,430	122	402	Ecuador
0,062	14,260	120	363	Ecuador
0,059	14,250	117	314	Ecuador
0,055	14,070	116	269	Ecuador
0,041	13,980	115	240	Ecuador
0,039	13,920	114	232	Ecuador
0,104	13,890	114	233	Ecuador
0,128	13,910	114	243	Ecuador
0,087	14,250	114	300	Ecuador
0,203	14,250	114	429	Ecuador
0,975	14,010	121	471	Ecuador
0,146	13,480	218	31	Ecuador
0,131	13,470	205	31	Ecuador
0,117	13,410	187	31	Ecuador

0,087	13,400	166	31	Ecuador
0,085	13,410	151	30	Ecuador
0,081	13,410	141	30	Ecuador
0,07	13,100	136	30	Ecuador
0,064	13,100	127	30	Ecuador
0,062	13,100	125	31	Ecuador
0,055	13,070	123	32	Ecuador
0,055	13,070	117	32	Ecuador
0,167	13,070	115	31	Ecuador
0,229	13,330	115	31	Ecuador
.
.
.
0,385	14,620	80	443	Ecuador
0,308	13,840	76	330	Ecuador
0,147	13,740	69	290	Ecuador
0,149	14,240	64	581	Ecuador
0,105	14,730	60	640	Ecuador
0,563	14,670	143	545	Ecuador

ANEXO I: CÓDIGO EN R STUDIO, ANÁLISIS FACTORIAL.

```
mat_cor<-cor(data)
ggcorrplot(mat_cor,hc.order = T,type="lower")

cortest.bartlett(mat_cor, length(data$`CO (MET6)`))->p_esf
p_esf$p

# La matriz de correlacion es diferencia a la identidad por lo cual es factible

KMO(mat_cor)

# Es inacceptable

scree(mat_cor)

modelo<-fa(data,rotate = "varimax",nfactors = 2,fm="ml")
fa.diagram(modelo)

# Cargas factoriales
print(modelo$loadings,cut=0)

modelo$loadings
# Unicidades
modelo$uniquenesses
# Comunalidades
modelo$communalities
```

ANEXO J: Código en R Studio, análisis de componentes principales

```
data <- zule[-5]
```

```
apply(X = data, MARGIN = 2, FUN = mean)
```

```
apply(X = data, MARGIN = 2, FUN = var)
```

```
pca <- princomp(data, cor=T)
```

```
pca1 <- summary(pca)
```

```
acp <- prcomp(data, center = TRUE, scale=T) ## se normaliza
```

```
plot(acp, type="l")
```

```
c <- list(pca, pca1)
```