

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

“Campus Toluca”



**Tecnológico
de Monterrey**

Actividad:

Situación problema

Integrantes:

Faustino Vazquez Gabino | A01369023

Daniel Estrada Plata | A01368476

Brenda Hernández Estrada | A01368953

Humberto Jasso Silva | A01771184

Fecha de entrega:

Viernes 10 de Junio del 2022

Indice

Indice	1
Resumen(Abstract)	2
Introducción	2
Marco teórico	3
Medición para la calidad del aire	3
IMECA	4
Técnicas de Medición	4
Consecuencias en la salud humana	4
Datos de factores meteorológicos o sociales	5
Formulas	6
Métodos para atrapar las particulas pm 10 y pm 2.5, remediación del aire	7
Propuestas, individuales, institucionales y gubernamentales.	7
Resultados	9
Análisis	9
Desarrollo	9
Relación entre la calidad del aire y el factor propuesto	10
Predicción de Calidad de aire a 3 años	19
Predicción de Calidad de aire a 5 años	19
Predicción de Calidad de aire a 10 años	20
Discusión	21
Conclusión	22
Conclusiones personales	22
Anexos	23

Resumen(Abstract)

La calidad del aire es un problema que está conectado a diferentes problemáticas como lo es la contaminación del aire, los gases de efecto invernadero, el calentamiento global, etc. El poder analizar datos y poder crear modelos de simulación para poder predecir el futuro con los datos que contamos es muy indispensable. Con las herramientas de hoy en día esto es posible. Se puede simular cómo será la calidad del aire en los próximos años para poder prevenir consecuencias y poder hacer planes de acción para poder revertir este camino.

El Big Data es un tema que está relacionado con este tema ya que para poder crear estos modelos se necesitan de muchos datos ya que entre mas datos sean más preciso es el modelo y más es el porcentaje que tiene de acertar en las respuestas dadas,

Introducción

Actualmente existen muchos tipos de contaminantes que se encuentran alrededor de la atmósfera la cual se está viendo afectada conforme avanza el tiempo. Existen varias variables meteorológicas como la humedad, la temperatura, la radiación solar, que tienen un efecto en la rapidez con la que las reacciones químicas suceden en la atmósfera.

También es importante hablar de que tiene un impacto muy grande la dirección y velocidad de los vientos ya que estos hacen que exista una cierta dispersión en todos estos contaminantes.

México a nivel regional tiene como objetivo atender el problema de la contaminación atmosférica ya que el suroeste de México es donde se realizan el mayor volumen de actividades petroleras. Con la ayuda de (SAMARS) Sistema Automatizado de la región del sur y (PEMEX) Petróleo Mexicano, se llevan a cabo monitoreo de los principales contaminantes atmosféricos, cabe mencionar que no se lleva monitoreo del ozono el cual es muy peligroso.

La calidad del aire es un problema que se busca resolver. Ahora es más cuando tenemos la tecnología suficiente para empezar a buscar soluciones para este tipo de problemas. La creación de modelos predictores toma un papel muy importante en este tipo de problemas al igual que Big Data. El tener un gran volumen de datos y tener un modelo capaz de aprender de estos datos y generar una ecuación que permita predecir de alguna manera como será el futuro, es de mucha ayuda para poder evitar situaciones que puedan llegar a ser catastróficas.

Es por eso que el hacer análisis a la estadística es fundamental para poder entender a los datos y poder realizar acciones o predicciones con ayuda de estos para buscar un beneficio ya sea personal o para un grupo de personas.

Marco teórico

Medición para la calidad del aire

Se evalúa la calidad del aire en México mediante la medición de los contaminantes presentes en la atmósfera para posteriormente realizar una comparación con los límites máximos permisibles que están establecidos por la secretaría de salud en la normas oficiales mexicanas(NOM).

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico está compuesta de 8 estaciones fijas, una unidad móvil y un centro de control.

La medición de la contaminación del aire, inicia con la obtención de la muestra de aire ambiente en la caseta, después pasa a los analizadores y se procesa, para generar datos los cuales se envían al Centro de Control, vía Internet (TCP/IP), aquí se almacenan y se validan, para generar los reportes de calidad del aire, esta red opera las 24 horas del día, los 365 días del año, por lo que la generación de datos es constante y en tiempo real.

La Red opera las 24 horas del día, los 365 días del año, por lo que la generación de datos es constante. Esta red automática mide 6 contaminantes, que son las siguientes:

Contaminante	Dato base utilizado para la evaluación	Exposicion	Frecuencia Tolerada	Valor límite Indicador con el que se evalúa	Criterio de suficiencia anual	Norma Oficial Mexicana
Partículas menores de 10 micrómetros (PM10)	Promedio 24 horas	Aguda ----- Crónica	No se permite ----- -	75 µg/m³ Máximo ----- 40 µg/m³ Promedio anual	Por lo menos tres trimestres con al menos el 75% de los promedios de 24 horas válidas	NOM-025-SSA 1-2014 (DOF, 2014)
Partículas menores de 2.5 de micrómetros (PM2.5)	Promedio 24 horas	Aguda ----- Crónica	No se permite ----- -	45 µg/m³ Máximo ----- 12 µg/m³ Promedio anual	Por lo menos tres trimestres con al menos el 75% de los promedios de 24 horas válidas	NOM-025-SSA 1-2014 (DOF, 2014)
Ozono (O3)	Dato horario ----- Promedio móviles de 8 horas	Aguda	No se permite ----- No se permite	0.095 ppm Máximo ----- 0.070 ppm Máximo	Al menos 75% de los datos horarios ----- Al menos 75% de los de los promedios móviles de ocho horas	NOM-020-SSA 1-2014 (DOF, 2014)
Dióxido de azufre (SO2)	Maximo diario ----- Promedio 24 horas	Aguda ----- Aguda	1% de veces al año ----- No se permite	0.075 ppm Promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales ----- 0.04 ppm Máximo de tres años consecutivos	Al menos 75% de los datos diarios por trimestre de tres años consecutivos ----- Al menos 75% de los promedios de 24 horas por trimestre o de los meses con concentraciones altas de tres años consecutivos	NOM-022-SSA 1-2019 (DOF, 2019)

Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Dato horario	Aguda	1% de veces al año	0.210 ppm Segundo máximo	-	NOM-023-SSA 1-1993(DOF, 1994)
Monóxido de carbono (CO)	Promedio móviles de 8 horas	Aguda	1% de veces al año	11 ppm Segundo máximo	-	NOM-021-SSA 1-1993 (DOF, 1994)
Plomo(Pb)	Muestreo 24 horas	Crónica	No se permite	1.5 µg/m ³ Promedio trimestral	-	NOM-026-SSA 1-1993 (DOF, 1994)

Tabla 1.0 Normas de calidad del aire

IMECA

Este es el índice de la calidad del aire creado para que la gente pueda saber del nivel de satisfacción del aire.

El límite máximo para considerarse satisfactorio de cada uno de los contaminantes es 100, el cual está establecido por las normas de calidad del aire.

Intervalos	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300
Calidad del aire	Buena	Regular	Mala	Muy Mala	Extremadamente Mala

Tabla 2.0 Valores IMECA

Las fórmulas (algoritmo) para calcular el Índice, a partir de concentración de los contaminantes, ya sea en partes por millón (ppm) y/o en microgramos por metro cúbico (µg/m³) es que si su concentración es de 0.099 (ppm) de Ozono, y desea saber el Índice, se debe hacer lo siguiente:

- 1.- Aplicar la siguiente operación: (concentración de ozono en ppm * 100) el resultado se divide entre 0.11
- 2.- El resultado debe ser en números enteros (redondear), y es el equivalente al Índice.

Técnicas de Medición

Atenuación por radiación Beta

Espectrometría de Absorción en el Ultravioleta

Quimioluminiscencia

Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta

Espectro de absorción en el infrarrojo

Consecuencias en la salud humana

Las consecuencias en la salud del ser humano que están presentes debido a algunos de los sólidos nocivos suspendidos en el aire mostrados a continuación son las siguientes:

Plomo:

- Disminución del coeficiente intelectual (IQ)
- Hiperactividad
- Conducta antisocial
- Convulsiones

Monóxido de carbono:

- Daños al corazón y cerebro
- Puede inducir aborto
- Puede afectar el desarrollo mental de los niños

Dióxido de nitrógeno:

- Depresión
- Partos prematuros
- Enfermedad de Parkinson
- Diabetes

Dióxido de azufre:

- Contribuye a los síntomas respiratorios
- Cambio en la fisiología de las vías respiratorias
- Aumento de la resistencia de las vías respiratorias

Ozono:

- Mortalidad respiratoria
- Asma de nueva aparición en niños
- Aumento de efectos respiratorios en asmáticos

Datos de factores meteorológicos o sociales

Algunos factores meteorológicos que están relacionados con la contaminación atmosférica, con las condiciones del clima y por lo tanto la calidad del aire en ciertas zonas son los siguientes:

- Temperatura
- Humedad
- Velocidad y Dirección del Viento
- Presión Atmosférica
- Radiación Solar Total
- Precipitación Pluvial

Los factores sociales que están presentes en las personas son los siguientes:

- Familia
- Cultura
- Comunidad
- Experiencias previas
- Nivel de felicidad

Formulas

Fórmula de función senoidal $\rightarrow y = A \sin(B(x + C)) + D$

$A = \text{amplitud}$

$2\pi/B = \text{periodo}$

C (positive is to the left) = phase shift

$D = \text{vertical shift}$

Fórmula de función lineal $\rightarrow y = mx + b$

$m = \text{slope of the line}$

$b = \text{intercept of the line}$

$$\text{Coeficiente de correlación muestral} \rightarrow \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Covarianza \rightarrow

$$\text{Cov}(x,y) = \frac{\sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{n-1}$$

Se decidió que el factor propuesto será la Temperatura ya que este es un dato el cual está a la mano en diferentes bases de datos de Internet. La Temperatura es un dato muy importante que está muy relacionado con la contaminación del aire y por ende con la calidad del aire.

La pregunta es ¿Cómo afecta la temperatura o cómo se relaciona la temperatura con la calidad del aire? El calor que proviene de la temperatura funciona como un activador para el ozono troposférico el cual es un gas que es producido por la contaminación gracias a la quema de diferentes combustibles o el volumen de fábricas en ciertas zonas.

Con la ayuda de una gráfica de correlación nos podemos apoyar y dar cuenta que la Temperatura es un factor muy grave en la cantidad de ozono en el aire.

Como se puede entender, la temperatura es un factor que ha sido afectado a lo largo de la historia del humano. La temperatura ha sufrido muchos cambios a lo largo del tiempo y más ahora con el tema delicado del “Calentamiento Global”, el cual básicamente es sobre el aumento de temperatura de la tierra en general. Este aumento de temperatura a su vez tiene efecto en los gases que produce el ser humano y asimismo se perjudica la calidad del aire con la que vivimos en el día a día.

De esta manera podemos decir que trataremos de predecir el cambio de la variable ozono a 3, 5 y 10 años la cual también nos enseñara el posible aumento de Temperatura en la zona de Toluca.

Métodos para atrapar las partículas pm 10 y pm 2.5, remediación del aire

Para llevar a cabo la estimación de emisiones de PM2.5 se requiere de un riguroso proceso de trabajo que se encuentra integrado por las siguientes etapas: planeación de un inventario de emisiones, identificación de las fuentes de emisión, recopilación de la información, métodos de estimación de emisiones de PM2.5, evaluación del inventario y elaboración del reporte final. En cada una de las etapas es necesario realizar un aseguramiento y control de calidad; por esta razón, este último procedimiento es transversal a todas las etapas de la estimación de emisiones de PM2.5.

Un método que se puede implementar para atrapar las partículas pm 10 y así evitar que afecte la salud de las personas es implementando un sistema de filtros extraíbles para las ventanas de los edificios que se encuentren en zonas con altas concentraciones de estas partículas. El sistema a implementar se basa en que las ventanas tengan filtros especiales para que de esta forma las partículas de tamaño pm10 se queden atascadas en estos filtros y así ayudar a la disminución de estas partículas.

Otro método que se puede implementar para tener un mejor control de las partículas pm10 y pm2.5 es usar campanas de captura que se pueden instalar en lugares donde haya grandes concentraciones de estas partículas dañinas para la salud, y que de esta forma podamos tener un mejor control sobre estas partículas.

Propuestas, individuales, institucionales y gubernamentales.

Individual:

- 1) *Uso de transporte público en distancias cortas*
Usar el transporte público en distancias cortas y medianas, nos permite causar menos emisiones al medio ambiente.
- 2) *Llevar de manera anual el coche a reparación*
Esto permite que el auto se conserve dentro de los límites de contaminación permitidos. Un auto en buen estado siempre contaminará menos.
- 3) *Compartir el auto con otras personas*
Con esta alternativa causamos menos emisiones al medio ambiente, ya que en lugar de usar tres autos podemos usar solo uno y compartirlo con personas de nuestro mismo lugar de destino, claro para distancias más largas, pues en distancias cortas podemos usar un transporte más amigable
- 4) *Usa medios de transporte amigables con el medio ambiente*
Podemos usar bicicletas, patines y motocicletas eléctricas, son una opción contra a los tradicionales vehículos automotor con el fin de moverse más rápidamente, reducir la contaminación y hacer más sustentable la calidad de vida
- 5) *Evitar el uso de aerosoles que contengan gases de efecto invernadero*
Los aerosoles dañan la pureza del aire por pequeñas partículas de polvo que se emiten al ser utilizados. A corto plazo es cierto que no causan efectos considerables pero a largo plazo, impactan directamente la salud de las personas.

Institución:

- 1) En instituciones como el Tecnológico de Monterrey o algunas otras escuelas proponen un día a la semana en el que los alumnos no lleven sus autos y/o compartan uno solo, para evitar contaminar más.
- 2) Campañas de información , educación ambiental, cultura de la sustentabilidad y participación ciudadana
Brindar información relevante ante la situación y proponer las soluciones que se tienen para la mejora de la calidad del ambiente
- 3) Establecer un vínculo entre empresas y gobierno para el mejoramiento de la calidad del aire
Proponer un cierto parámetro en donde las empresas que son las mayores contaminantes paguen con servicios a la comunidad en caso de sobrepasar los límites de contaminación permitidos
- 4) Optar por energías renovables
Además de ser inagotables no tienen impacto en el medioambiente. Para utilizarlas, podrían colocarse paneles solares en las instalaciones, de forma que reciba energía eléctrica.
- 5) Realizar reforestación en ciertas zonas
Las plantas mejoran la calidad del aire a través de varios mecanismos: absorben dióxido de carbono y liberan oxígeno mediante fotosíntesis

Gobierno:

- 1) Actualizar las normas de verificación vehicular
La introducción obligatoria del sistema OBD-II, que permite diagnosticar el funcionamiento de varios equipos centrales para un correcto desempeño del automóvil, es deseable, ya que complementa los datos de emisión arrojados por el dinamómetro que se usa en los verificentros.
- 2) Reducir las emisiones contaminantes de las industrias
Proponemos revisar las sanciones y medios de verificación de los límites de emisión, y actualizar los criterios para la clausura o reubicación de fuentes emisoras. Además, se sugiere un programa de actualización de los límites máximos permisibles de fuentes fijas en un enfoque multicontaminante.
- 3) Acelerar el desarrollo de sistemas de transporte público de bajas emisiones
Hasta un 60% de los traslados en transporte público son efectuados en transporte concesionado operado por particulares. Este incluye a 35,000 microbuses, que en promedio tienen más de 20 años de antigüedad y son muy contaminantes. Es por eso que proponemos que se actualicen los sistemas de transporte público pues es una de las principales alternativas.
- 4) Fortalecer la investigación relacionada con los riesgos y costos en la salud de las personas y afectaciones a los ecosistemas, provocados por la exposición a la contaminación atmosférica
Fortalecer las líneas de investigación sobre los impactos socio - económicos y los costos asociados a los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población y en la conservación de los ecosistemas.
- 5) Impulsar la investigación científica y la innovación tecnológica como base de las políticas para mejorar la calidad del aire
Definir e impulsar líneas de investigación estratégicas que den sustento científico a acciones para mejorar la calidad del aire, además de promover el desarrollo de innovación tecnológica que conlleve a la reducción de emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Resultados

Análisis

2011	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2	Temperatura
January	151	0	61	37	26	13	9
February	133	0	62	38	20	14	11
March	135	0	68	36	19	13	13
April	105	0	79	34	18	8	15
May	101	0	85	31	19	11	16
June	67	0	68	25	17	11	16
July	39	0	55	24	16	10	14
August	43	0	64	24	14	7	15
September	56	0	61	27	19	8	14
October	72	0	61	32	21	10	12
November	89	0	62	34	21	12	11
December	133	0	72	37	25	12	10

Tabla 4.0 Valores Promedio 2011-

A partir de los datos obtenidos de la página(Red Automática de Monitoreo Atmosférico), se tomaron en cuenta los valores promedios de cada uno de los contaminantes por mes.

El factor como mencionamos antes, fue la temperatura, la cual obtuvimos a partir de la página(meteored)

2021	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2	Temperatura
January	115	109	50	24	16	6	11
February	117	110	73	26	18	6	11
March	115	103	83	25	15	7	15
April	113	107	88	27	14	6	16
May	97	94	76	22	13	5	16
June	66	73	49	17	13	6	15
July	81	80	53	19	10	5	15
August	69	76	48	16	10	5	15
September	72	76	44	16	10	5	15
October	95	80	56	19	11	5	14
November	108	101	67	24	14	8	12
December	121	123	67	30	18	5	11

2022	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2	Temperatura
January	104	56	66	51	19	6	10
February	103	42	70	48	15	5	12
March	112	42	80	51	15	5	14
April	99	52	84	50	15	4	15

Tabla 4.1 Valores Promedio -2022

Los datos que fueron seleccionados para ser analizados fueron PM10,O3,NO2,CO,SO2 y Temperatura. PM2.5 no fue tomado en cuenta debido a que los primeros cuatro años no se contó con información suficiente para poder llevar a cabo un análisis.

Desarrollo

Relación entre la calidad del aire y el factor propuesto

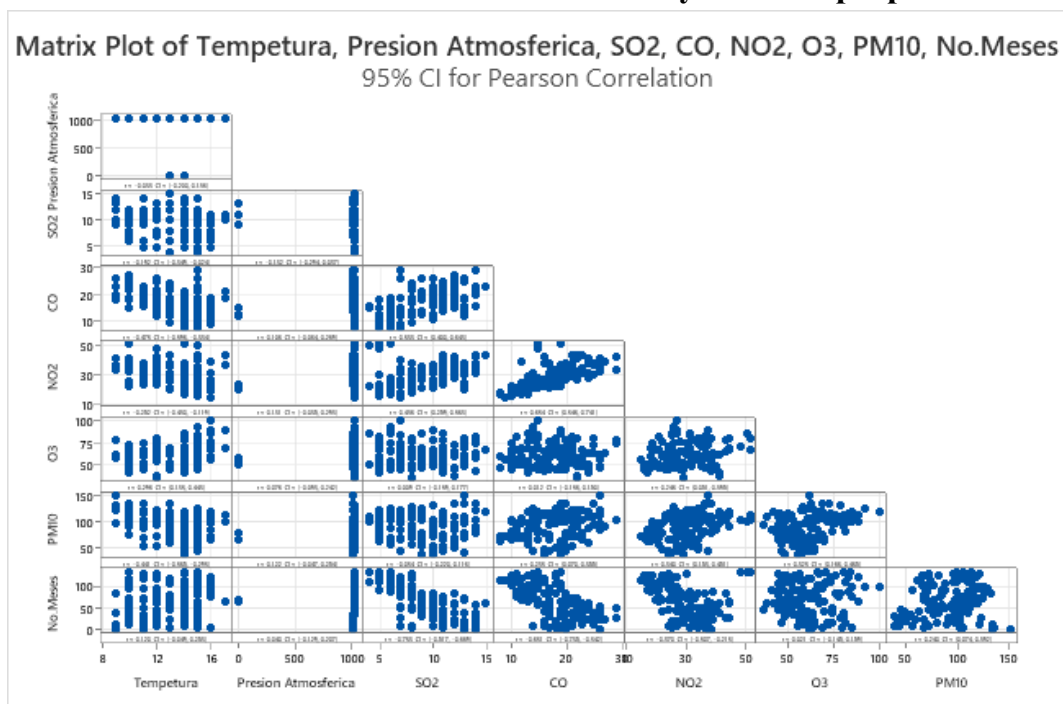


Gráfico 1.0 Correlación entre valores

Correlations

	Presion						
	Tempetura	Atmosferica	SO2	CO	NO2	O3	PM10
Presion Atmosferica	-0.033						
SO2	-0.192	-0.132					
CO	-0.475	0.106	0.533				
NO2	-0.282	0.131	0.436	0.654			
O3	0.296	0.076	0.009	0.012	0.246		
PM10	-0.441	0.122	-0.054	0.235	0.340	0.325	
No.Meses	0.120	0.040	-0.753	-0.651	-0.370	0.021	0.240

Tabla 3.0 Correlación entre valores

Analizando esta tabla podemos observar que los valores que presentan una mayor correlación positiva fueron, SO2 y CO, SO2 y NO2, CO y NO2 y las que presentaron una mayor correlación negativa fueron Temperatura y NO2, SO2 y Tiempo(Meses), CO y Tiempo(Meses). También la correlación mientras más cercana sea a los extremos “-1” y “1”, quiere decir que tienen una correlación fuerte. En cambio si la correlación es cercana a 0, nos dice que la correlación es muy débil, es decir, que no habría una relación tal cual entre las variables.

Covariances

	No.Meses	PM10	O3	NO2
No.Meses	1552.667			
PM10	242.459	659.612		
O3	10.611	107.187	164.932	
NO2	-115.381	69.229	25.008	62.708
CO	-123.885	29.217	0.768	25.027
SO2	-83.104	-3.865	0.328	9.677
Tempetura	9.541	-22.891	7.689	-4.506
Presion Atmosfer	238.929	473.047	148.280	157.073

	CO	SO2	Tempetura	Presion Atmosfer
CO	23.354			
SO2	7.213	7.852		
Tempetura	-4.637	-1.085	4.078	
Presion Atmosfer	77.306	-55.800	-10.112	22836.715

Tabla 3.1 Covarianza entre valores

Analizando esta tabla podemos observar que la mayoría de los valores presentan una covarianza positiva, a excepción de Tiempo y NO2, CO y SO2; PM10 y SO2 y Temperatura y NO2; CO y Temperatura; SO2 y Temperatura, presión atmosférica. Las covarianzas positivas también nos indica que tienen una relación directa lo que quiere decir que las dos variables tienden a cambiar juntas, es decir tanto las dos pueden aumentar juntas como pueden disminuir juntas. Por el otro lado, una covarianza negativa tiene una relación inversa, es decir, que mientras una variable aumenta, la otra disminuye o viceversa.

Para obtener las funciones se graficaron en Excel para posteriormente encontrar las funciones de los contaminantes con respecto al tiempo

La función de PM10 con respecto a Tiempo(meses) fue :

$$PM10 = 0.1562(mes) + 78.936$$

La función obtenida nos dice que conforme avanza el tiempo, la concentración de PM10 va a aumentar ya que esto se puede ver con el signo positivo de la pendiente. Además esta ecuación es coherente ya que con los datos analizados se puede ver que tiende a ir aumentando cíclicamente.

La función de O3 con respecto a Tiempo(meses) fue :

$$O3 = 0.0068(mes) + 60.157$$

Analizando la función obtenida de O3 podemos observar que de igual manera al tener una pendiente positiva, nos dice que mientras más pasa el tiempo, la concentración de O3 en el aire va a tender a aumentar empeorando así la calidad del aire respectivamente.

La función de NO2 con respecto a Tiempo(meses) fue :

$$NO2 = -0.0743(mes) + 34.289$$

Con esta función obtenida podemos ver que ahora la pendiente es negativa, es decir mientras avanza el tiempo, la concentración de NO2 en el aire va a disminuir. Con esto podemos inferir que después de un tiempo, puede que la concentración de NO2 sea tan pequeña que no perjudique la calidad del aire.

La función de CO con respecto a Tiempo(meses) fue :

$$CO = - 0.0798(mes) + 22.811$$

De igual manera, la pendiente para la función de CO es negativa, esto nos dice que para el futuro, la concentración de CO en el aire va a disminuir lo cual es bueno ya que de seguir de esta manera, llegará un momento en que esta concentración sea baja que simplemente no dañe la calidad del aire.

La función de SO2 con respecto a Tiempo(meses) fue :

$$SO2 = - 0.0535(mes) + 12.652$$

Esta función obtenida de SO2 tiene una pendiente negativa lo cual nos indica que con el pasar del tiempo, la concentración de SO2 tenderá a disminuir por lo que llegará un momento en que esta concentración será muy pequeña.

La función de Temperatura con respecto a Tiempo(meses) fue :

$$Temp = 0.0061(mes) + 12.814$$

La función obtenida para la temperatura tiene una pendiente positiva, es decir, que conforme pasa el tiempo, la temperatura tenderá a aumentar lo cual es coherente ya que esta se relaciona mucho con las otras variables que también tienden a aumentar conforme pasa el tiempo.

Para llevar a cabo el Reto, se utilizaron las herramientas de Excel y Minitab, a partir de los obtenidos se graficaron todos los datos en Excel con respecto a tiempo, para posteriormente obtener la ecuación lineal ($y = mx + b$).

Después de analizar la forma de la gráfica obtenida, se determinó que esta sería senoidal, por lo cual se realizó un regresión senoidal, se realizó la fórmula senoidal en minitab y se logró obtener la regresión y obtener la fórmula para la predicción en los próximos años, los datos, gráficas y fórmulas obtenidas son las siguientes.

PM10

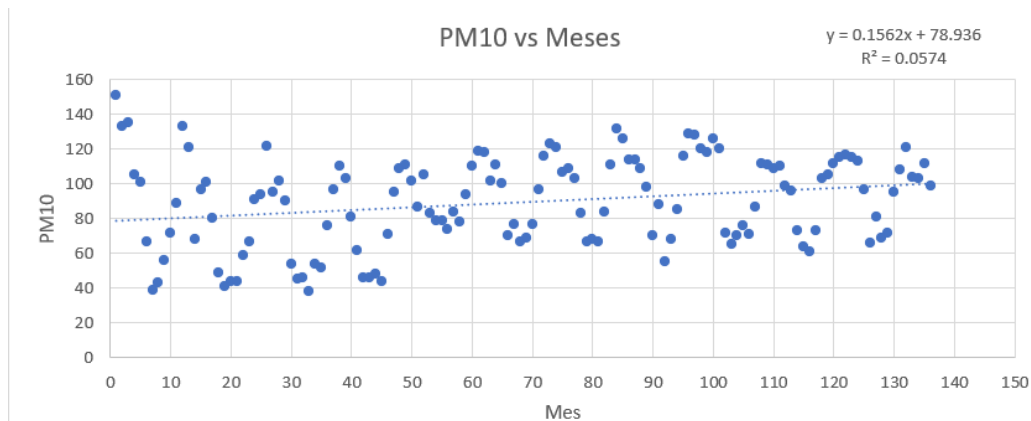


Gráfico 2.0 PM vs Meses

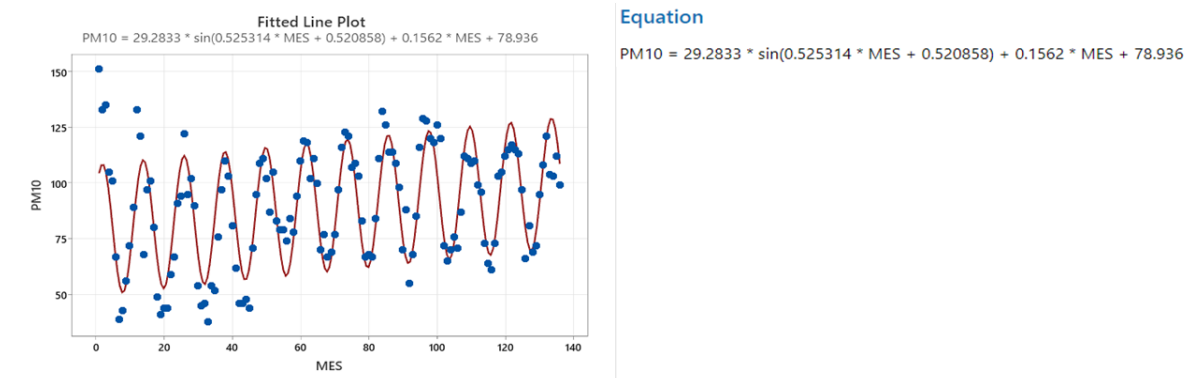


Gráfico 3.0 Regresión senoidal de PM con respecto a tiempo

Analizando la gráfica obtenida se puede observar que es cíclica. Pero dentro de esa ciclicidad se puede notar un ligero aumento al pasar del tiempo. Cabe resaltar que el resultado obtenido es coherente ya que analizando los datos de la calidad del aire en páginas oficiales, realmente la calidad del aire ha empeorado los últimos años en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con respecto a este contaminante.

O3

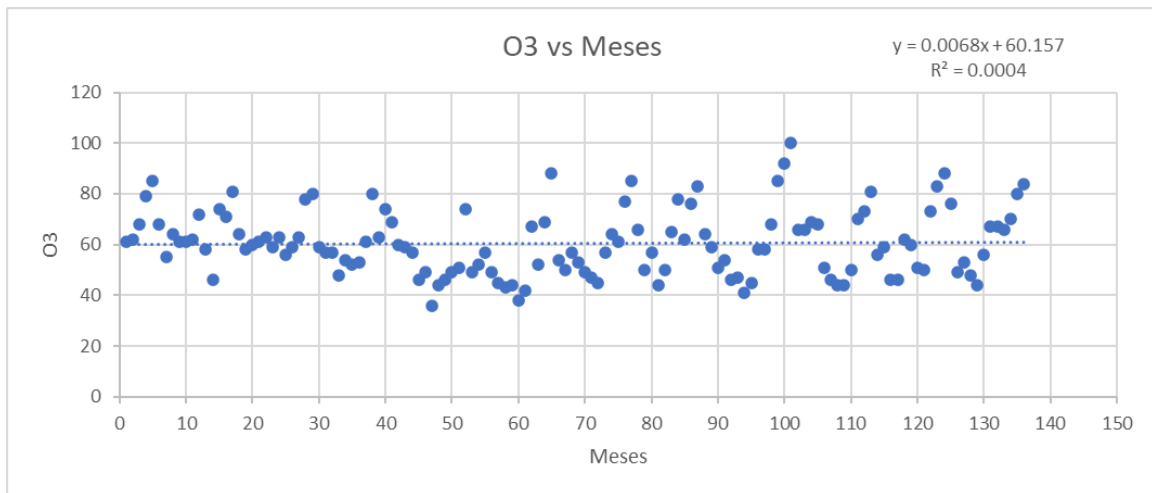


Gráfico 2.1 O3vs Meses

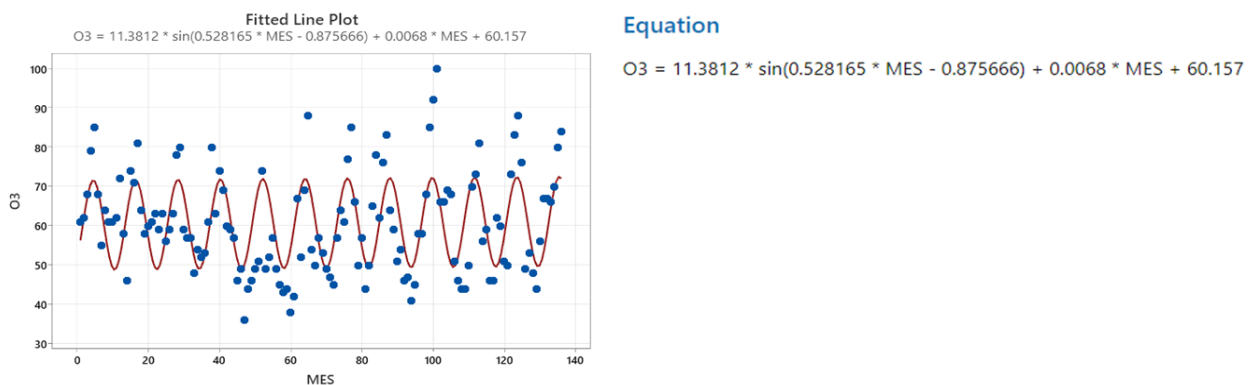


Gráfico 3.1 Regresión senoidal de O3 con respecto a tiempo

En la gráfica resultante, los datos son más dispersos y no muestran una ciclicidad tan notoria por lo cual la función obtenida puede no ser tan exacta. Sin embargo, analizando los datos, la función obtenida es coherente ya que con los datos que ya se tienen, se puede ver que conforme pasa el tiempo, la concentración de este contaminante tiende a aumentar a pequeña escala, que es como se representa en el gráfico.

NO2

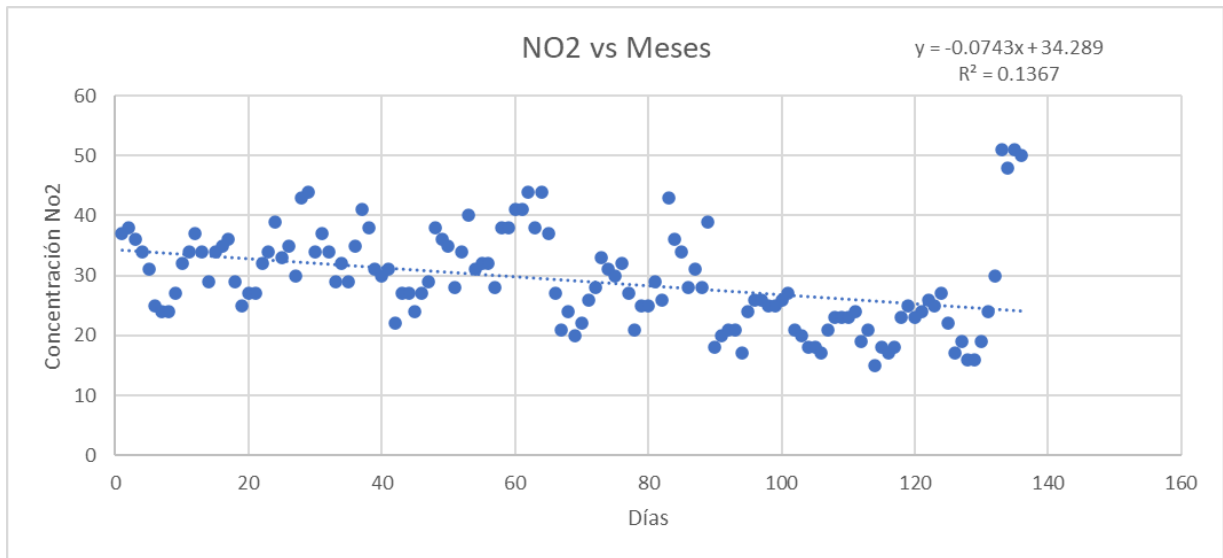
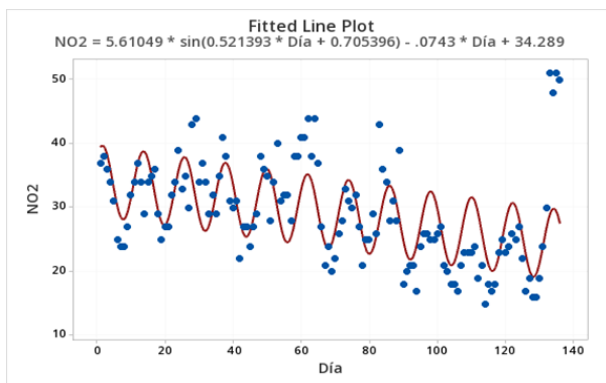


Gráfico 2.2 NO2 vs Meses



Equation

$$NO2 = 5.61049 * \sin(0.521393 * \text{Día} + 0.705396) - .0743 * \text{Día} + 34.289$$

Gráfico 3.2 Regresión senoidal de NO2 con respecto a tiempo

De la misma manera, los datos obtenidos de la concentración de este contaminantes parecen estar muy dispersos y no seguir una ciclicidad notoria. No obstante, con el pasar del tiempo, los datos en general tienden a disminuir. Los resultados que se obtienen al predecir con esta función son coherentes ya que analizando los datos que se encuentran en las bases de datos, se puede comprobar que la concentración de este contaminante específicamente ha ido disminuyendo.

CO

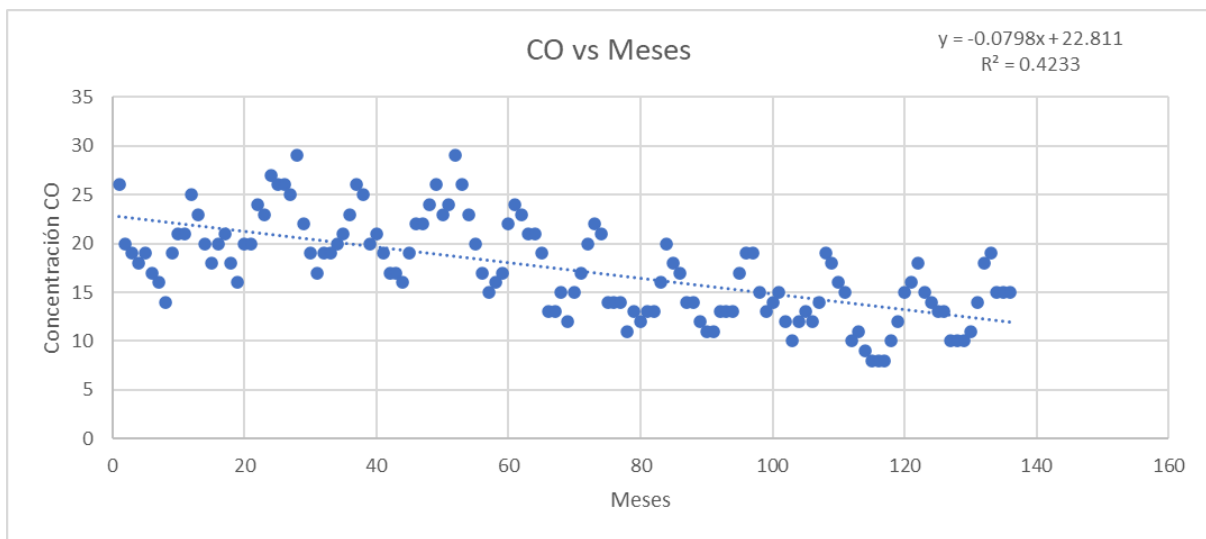
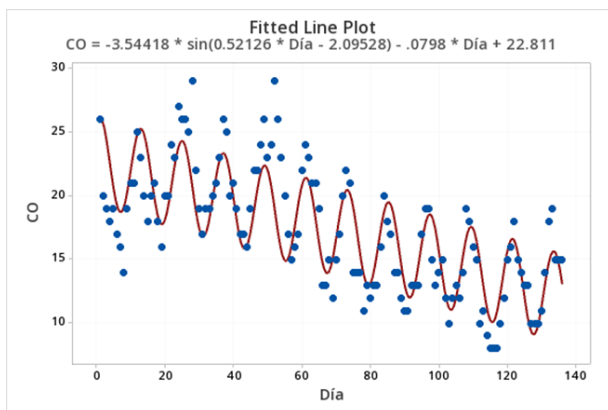


Gráfico 2.3 COvs Meses



Equation

$$CO = -3.54418 * \sin(0.52126 * \text{Día} - 2.09528) - .0798 * \text{Día} + 22.811$$

Gráfico 3.3 Regresión senoidal de CO con respecto a tiempo

La gráfica resultante es cíclica, esto nos dice que durante el tiempo existen intervalos en los que la concentración es menor y otros intervalos en los que es mayor. Pero tomando los datos como generales, todos tienden a disminuir lo cual es coherente y se puede comprobar analizando los datos ya obtenidos que siguen esta disminución con el pasar del tiempo.

SO2

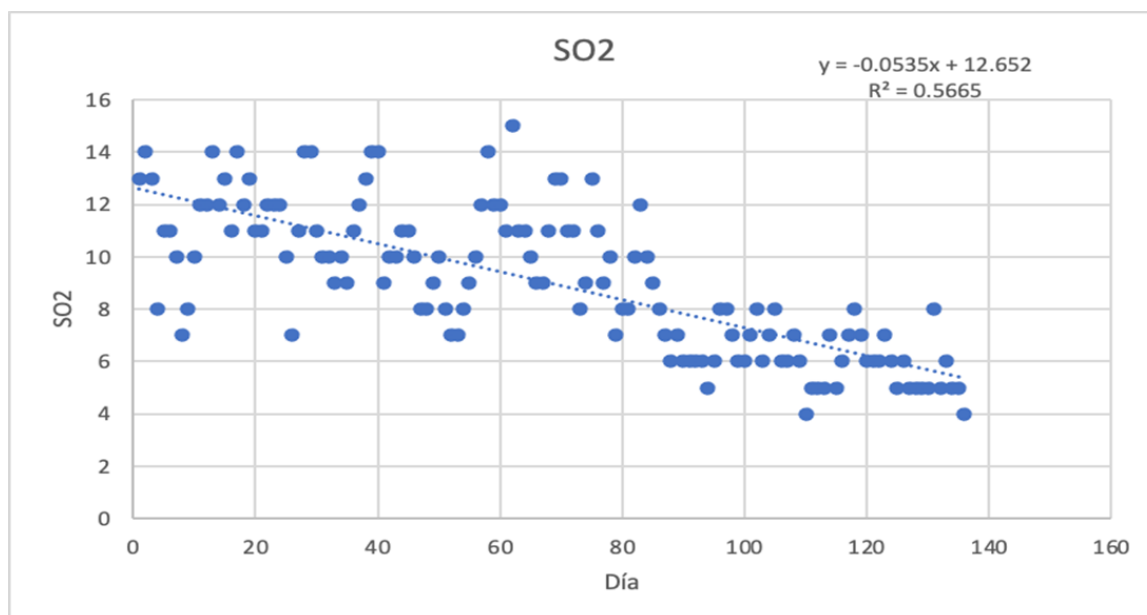


Gráfico 2.4 SO2 vs Meses

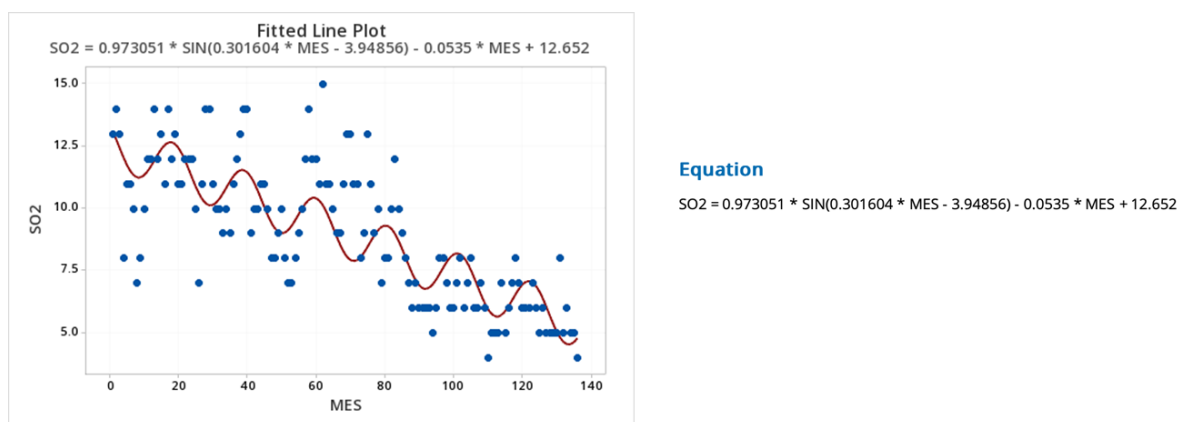


Gráfico 3.4 Regresión senoidal de SO2 con respecto a tiempo

En esta gráfica obtenida se puede observar que los datos no siguen una ciclicidad que se pueda notar tan fácilmente, sin embargo los datos tienden a disminuir en general. Algo interesante en esta gráfica es que hay outliers, es decir, puntos que están muy alejados del resto, pero para estos outliers se pueden eliminar ya que la mayoría de los datos siguen la tendencia que en este caso es disminuir en una escala considerablemente alta.

Temperatura

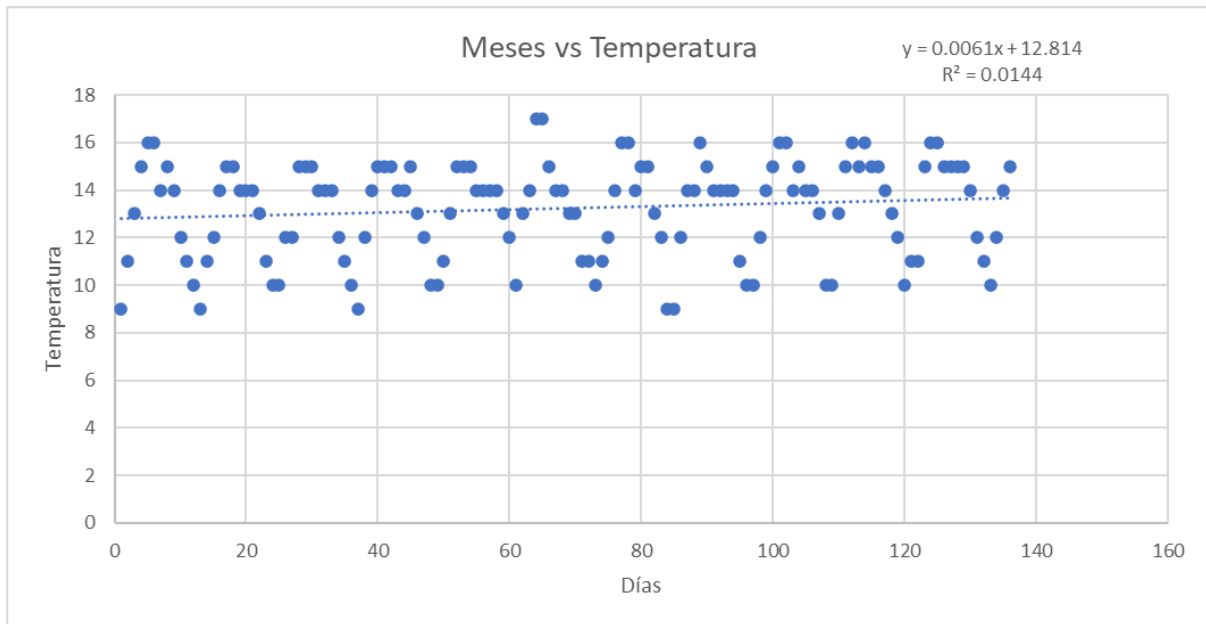


Gráfico 2.5 Temperatura vs Meses

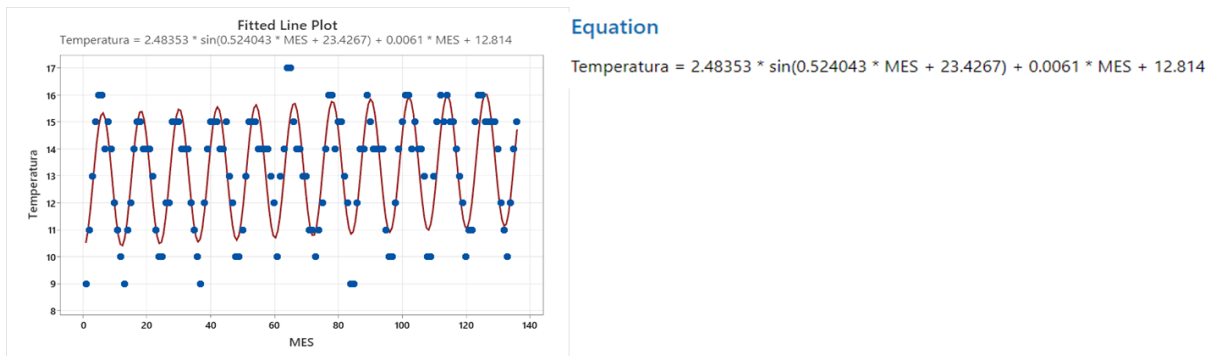


Gráfico 3.5 Regresión senoidal de temperatura con respecto a tiempo

La gráfica obtenida de la temperatura sigue una calidad muy notoria, es decir que se puede ver a simple vista que los datos tienen intervalos en los que la temperatura disminuye y otros intervalos en los que la temperatura aumenta. Pero todos los datos se puede observar que tienden a seguir una tendencia que marca que la temperatura aumentará con el pasar del tiempo. Esto es coherente ya que en varias bases de datos se puede analizar los datos y ver que realmente los datos de la temperatura en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca han aumentado conforme pasa el tiempo aunque es en una pequeña escala.

Predicción de Calidad de aire a 3 años

Meses	No.Meses	PM10	O3	NO2	CO	SO2	Temperatura	
May-22	137	94	69	25	11	5	16	
Jun-22	138	80	64	22	9	5	16	
Jul-22	139	73	58	19	8	5	16	
Aug-22	140	72	53	18	8	6	15	
Sep-22	141	80	50	19	9	6	14	
Oct-22	142	93	50	20	10	6	13	
Nov-22	143	108	53	23	12	6	12	
Dec-22	144	122	59	26	14	6	11	
Jan-23	145	130	65	28	15	6	11	
Feb-23	146	130	70	29	15	6	12	
Mar-23	147	123	72	29	14	5	14	
Apr-23	148	110	72	27	12	5	15	
May-23	149	95	69	24	10	5	16	
Jun-23	150	82	63	21	9	4	16	
Jul-23	151	74	57	19	7	4	16	
Aug-23	152	74	53	17	7	4	15	
Sep-23	153	82	50	18	8	4	14	
Oct-23	154	95	51	19	9	3	13	
Nov-23	155	111	54	22	11	3	12	
Dec-23	156	124	59	25	13	4	11	
Jan-24	157	132	65	27	14	4	12	
Feb-24	158	132	70	28	14	4	12	
Mar-24	159	124	72	28	13	4	14	
Apr-24	160	111	72	26	11	4	15	
May-24	161	96	68	23	9	5	16	
Jun-24	162	83	63	20	8	5	16	
Jul-24	163	76	57	18	7	5	16	
Aug-24	164	76	52	17	6	5	15	
Sep-24	165	84	50	17	7	5	14	
Oct-24	166	98	51	18	8	5	13	
Nov-24	167	113	55	21	10	4	12	
Dec-24	168	126	60	24	12	4	11	
Jan-25	169	134	66	26	13	4	12	
Feb-25	170	134	71	27	13	3	12	
Mar-25	171	126	73	27	12	3	14	
Apr-25	172	113	72	25	10	3	15	3 años

Observando los datos pronosticados, podemos ver que principalmente a las pm10, el ozono y la Temperatura aumentaron. También es importante mencionar que NO2, CO y SO2, se pronostica que reduzca su concentración lo cual es algo muy bueno para la calidad de aire de Toluca. Sin embargo todo esto se contrarresta ya que el aumento en pm10 y en ozono es muy grande. Por consecuencia la Temperatura también tiene un aumento significativo contribuyendo a que la calidad del aire en Toluca siga empeorando.

Predicción de Calidad de aire a 5 años

Meses	No.Meses	PM10	O3	NO2	CO	SO2	Temperatura	
May-22	137	94	69	25	11	5	16	
Jun-22	138	80	64	22	9	5	16	
Jul-22	139	73	58	19	8	5	16	
Aug-22	140	72	53	18	8	6	15	
Sep-22	141	80	50	19	9	6	14	
Oct-22	142	93	50	20	10	6	13	
Nov-22	143	108	53	23	12	6	12	
Dec-22	144	122	59	26	14	6	11	
Jan-23	145	130	65	28	15	6	11	
Feb-23	146	130	70	29	15	6	12	
Mar-23	147	123	72	29	14	5	14	
Apr-23	148	110	72	27	12	5	15	
May-23	149	95	69	24	10	5	16	
Jun-23	150	82	63	21	9	4	16	
Jul-23	151	74	57	19	7	4	16	
Aug-23	152	74	53	17	7	4	15	
Sep-23	153	82	50	18	8	4	14	
Oct-23	154	95	51	19	9	3	13	
Nov-23	155	111	54	22	11	3	12	
Dec-23	156	124	59	25	13	4	11	
Jan-24	157	132	65	27	14	4	12	
Feb-24	158	132	70	28	14	4	12	
Mar-24	159	124	72	28	13	4	14	
Apr-24	160	111	72	26	11	4	15	
May-24	161	96	68	23	9	5	16	
Jun-24	162	83	63	20	8	5	16	
Jul-24	163	76	57	18	7	5	16	
Aug-24	164	76	52	17	6	5	15	
Sep-24	165	84	50	17	7	5	14	
Oct-24	166	98	51	18	8	5	13	
Nov-24	167	113	55	21	10	4	12	
Dec-24	168	126	60	24	12	4	11	
Jan-25	169	134	66	26	13	4	12	
Feb-25	170	134	71	27	13	3	12	
Mar-25	171	126	73	27	12	3	14	
Apr-25	172	113	72	25	10	3	15	3 años

May-25	173	97	68	23	9	3	16	
Jun-25	174	85	62	20	7	2	16	
Jul-25	175	78	56	17	6	2	16	
Aug-25	176	78	52	16	5	2	15	
Sep-25	177	87	50	16	6	2	14	
Oct-25	178	100	51	17	7	3	13	
Nov-25	179	116	55	20	9	3	12	
Dec-25	180	129	61	23	11	3	11	
Jan-26	181	136	67	25	12	3	12	
Feb-26	182	135	71	26	12	4	13	
Mar-26	183	127	73	26	11	4	14	
Apr-26	184	114	71	24	10	4	15	
May-26	185	99	67	22	8	4	16	
Jun-26	186	86	62	19	6	4	16	
Jul-26	187	79	56	16	5	3	16	
Aug-26	188	81	52	15	4	3	15	
Sep-26	189	89	50	15	5	3	14	
Oct-26	190	103	52	16	6	3	13	
Nov-26	191	118	56	19	8	2	12	
Dec-26	192	131	61	22	9	2	12	
Jan-27	193	138	67	24	11	2	12	
Feb-27	194	137	71	25	11	1	13	
Mar-27	195	129	73	25	10	1	14	
Apr-27	196	115	71	24	9	1	15	5 años

El pronóstico para 5 años nos indica que las pm10 y el ozono siguen en aumento al igual que la temperatura lo que nos dice que probablemente la calidad del aire en Toluca estaría cerca de pasar de regular a una calidad de aire mala. Pero también habría noticias buenas ya que la concentración de NO2, CO y SO2, estaría disminuyendo. La concentración de CO estaría casi llegando a 0 la cual sería una muy buena noticia para la calidad del aire en Toluca.

Predicción de Calidad de aire a 10 años

Meses	No.Meses	PM10	O3	NO2	CO	SO2	Temperatura	
May-22	137	94	69	25	11	5	16	
Jun-22	138	80	64	22	9	5	16	
Jul-22	139	73	58	19	8	5	16	
Aug-22	140	72	53	18	8	6	15	
Sep-22	141	80	50	19	9	6	14	
Oct-22	142	93	50	20	10	6	13	
Nov-22	143	108	53	23	12	6	12	
Dec-22	144	122	59	26	14	6	11	
Jan-23	145	130	65	28	15	6	11	
Feb-23	146	130	70	29	15	6	12	
Mar-23	147	123	72	29	14	5	14	
Apr-23	148	110	72	27	12	5	15	
May-23	149	95	69	24	10	5	16	
Jun-23	150	82	63	21	9	4	16	
Jul-23	151	74	57	19	7	4	16	
Aug-23	152	74	53	17	7	4	15	
Sep-23	153	82	50	18	8	4	14	
Oct-23	154	95	51	19	9	3	13	
Nov-23	155	111	54	22	11	3	12	
Dec-23	156	124	59	25	13	4	11	
Jan-24	157	132	65	27	14	4	12	
Feb-24	158	132	70	28	14	4	12	
Mar-24	159	124	72	28	13	4	14	
Apr-24	160	111	72	26	11	4	15	
May-24	161	96	68	23	9	5	16	
Jun-24	162	83	63	20	8	5	16	
Jul-24	163	76	57	18	7	5	16	
Aug-24	164	76	52	17	6	5	15	
Sep-24	165	84	50	17	7	5	14	
Oct-24	166	98	51	18	8	5	13	
Nov-24	167	113	55	21	10	4	12	
Dec-24	168	126	60	24	12	4	11	
Jan-25	169	134	66	26	13	4	12	
Feb-25	170	134	71	27	13	3	12	
Mar-25	171	126	73	27	12	3	14	
Apr-25	172	113	72	25	10	3	15	3 años
May-25	173	97	68	23	9	3	16	
Jun-25	174	85	62	20	7	2	16	
Jul-25	175	78	56	17	6	2	16	
Aug-25	176	78	52	16	5	2	15	
Sep-25	177	87	50	16	6	2	14	
Oct-25	178	100	51	17	7	3	13	
Nov-25	179	116	55	20	9	3	12	
Dec-25	180	129	61	23	11	3	11	
Jan-26	181	136	67	25	12	3	12	
Feb-26	182	135	71	26	12	4	13	
Mar-26	183	127	73	26	11	4	14	
Apr-26	184	114	71	24	10	4	15	
May-26	185	99	67	22	8	4	16	
Jun-26	186	86	62	19	6	4	16	
Jul-26	187	79	56	16	5	3	16	
Aug-26	188	81	52	15	4	3	15	
Sep-26	189	89	50	15	5	3	14	
Oct-26	190	103	52	16	6	3	13	
Nov-26	191	118	56	19	8	2	12	
Dec-26	192	131	61	22	9	2	12	
Jan-27	193	138	67	24	11	2	12	
Feb-27	194	137	71	25	11	1	13	
Mar-27	195	129	73	25	10	1	14	
Apr-27	196	115	71	24	9	1	15	5 años
May-27	197	100	67	21	7	1	16	
Jun-27	198	88	61	18	5	1	17	
Jul-27	199	81	55	16	4	2	16	
Aug-27	200	83	51	14	3	2	15	
Sep-27	201	91	50	14	4	2	14	
Oct-27	202	105	52	15	5	2	13	
Nov-27	203	121	56	18	7	2	12	
Dec-27	204	133	62	21	8	3	12	
Jan-28	205	140	68	23	10	3	12	
Feb-28	206	139	72	24	10	3	13	
Mar-28	207	130	73	24	9	2	14	
Apr-28	208	116	71	23	8	2	15	
May-28	209	101	66	20	6	2	16	
Jun-28	210	89	61	17	4	2	17	
Jul-28	211	83	55	15	3	1	16	
Aug-28	212	85	51	13	2	1	15	
Sep-28	213	94	50	13	3	1	14	
Oct-28	214	108	52	14	4	0	13	
Nov-28	215	123	57	17	6	0	12	
Dec-28	216	135	63	20	7	0	12	
Jan-29	217	142	68	22	9	0	12	
Feb-29	218	140	72	23	9	0	13	
Mar-29	219	131	73	23	8	0	14	
Apr-29	220	118	71	22	7	0	15	
May-29	221	103	66	20	5	1	16	
Jun-29	222	91	60	17	3	1	17	
Jul-29	223	85	55	14	2	1	16	
Aug-29	224	87	51	12	1	1	15	
Sep-29	225	96	50	12	2	1	14	
Oct-29	226	110	53	13	3	2	13	
Nov-29	227	125	58	16	5	1	12	
Dec-29	228	138	64	18	6	1	12	
Jan-30	229	144	69	21	8	1	12	
Feb-30	230	142	72	23	8	1	13	
Mar-30	231	133	73	23	7	1	14	
Apr-30	232	119	70	21	6	0	15	
May-30	233	104	65	19	4	0	16	
Jun-30	234	92	60	16	2	0	17	
Jul-30	235	87	54	13	1	-1	16	
Aug-30	236	89	51	11	0	-1	16	
Sep-30	237	98	51	11	1	-1	14	
Oct-30	238	113	53	12	2	-1	13	
Nov-30	239	128	58	15	4	-1	12	
Dec-30	240	140	64	17	5	-1	12	
Jan-31	241	146	70	20	7	-1	12	
Feb-31	242	144	73	22	7	0	13	
Mar-31	243	134	73	22	7	0	14	
Apr-31	244	120	70	20	5	0	15	
May-31	245	105	65	18	3	0	16	
Jun-31	246	94	59	15	2	0	17	
Jul-31	247	88	54	12	0	0	17	
Aug-31	248	91	51	11	-1	0	16	
Sep-31	249	101	51	10	0	0	14	
Oct-31	250	115	54	11	1	0	13	
Nov-31	251	130	59	14	3	0	12	
Dec-31	252	142	65	16	4	-1	12	
Jan-32	253	148	70	19	6	-1	12	
Feb-32	254	145	73	21	6	-1	13	
Mar-32	255	136	73	21	6	-2	14	
Apr-32	256	121	70	20	4	-2	16	10 Años

Por último, el pronóstico para 10 años nos indica que el ozono y las pm10 han aumentado de una manera extraordinaria. Con esto deberíamos estar más que seguros que es ahora cuando se necesita un cambio en nuestros hábitos para evitar estos resultados. Por otro lado, las concentraciones principalmente de CO y SO2 están siendo erradicadas lo cual es un paso bueno. En fin, con este pronóstico obtenido tenemos un resultado final el cual es que si continuamos con los hábitos actuales muy posiblemente la calidad del aire de Toluca está muy cerca de entrar en el rango de “Mala”, lo cual sería devastador para la población de Toluca.

Discusión

Con ayuda de la línea de tendencia nos podemos dar idea de como los datos van a variar conforme avanza el tiempo. En este caso se decidió obtener la ecuación de la línea de tendencia de los datos de pm10, ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre; tendrán en los próximos 3, 5 y 10 años. Con las gráficas de dispersión se puede obtener la tendencia la cual nos permite estimar como los datos van a cambiar.

Cabe mencionar que se decidió tomar como factor extra la Temperatura ya que es un factor que afecta a varias de estas partículas contaminantes, y se pudieron hacer análisis interesantes entre las variables y este factor propuesto.

Ahora bien, interpretando los datos, se puede observar que la concentración de pm10, ozono y la temperatura en el aire aumentan para los siguientes años, también la concentración de dióxido de nitrógeno se pronostica que se mantendrá en la misma concentración actual. Por último, para el monóxido de carbono y dióxido de azufre, la concentración disminuye.. Es decir que para estas últimas dos tal vez sea irrelevante tomarlas en cuenta en futuros años ya que no perjudicarán en gran escala la calidad del aire. Tal vez habrá otros nuevos contaminantes que tengan más efectos.

Otra interpretación que se podría inferir con los pronósticos hechos, es que la concentración de ozono en el aire se ve aumentada por un posible incremento en la actividad humana o quemas de combustibles, lo que significa que en general la contaminación del aire aumentaría, empeorando cada vez más la calidad del aire en Toluca.

En este reporte se trabajó con partículas contaminantes como lo es las con ozono, pm10, NO₂, CO y SO₂. No se trabajó con pm2.5 ya que de esta no se encontraron los datos necesarios para poder crear una ecuación de línea de tendencia que sirva para poder encontrar una ecuación de ajuste que nos permita pronosticar las pm2.5 en los siguientes años.

Es pertinente mencionar que los datos se obtuvieron de fuentes confiables, específicamente de bases de datos del Gobierno de México. Pero como toda predicción tiene sus limitantes ya que una predicción no está sujeta a eventos que no están controlados o son impredecibles como pueden ser desastres naturales, incendios o simplemente eventos que suceden o que no tienen un patrón en el tiempo. Es por eso que son estimaciones de cómo será la calidad del aire en Toluca. Actualmente existen muchos métodos para predecir y el que se usó para la estimación de la calidad del aire fue “Series de tiempo” el cual se basa en descubrir un patrón en datos del pasado para pronosticar o predecir el futuro. Claro que el patrón puede tener diferentes componentes como: la tendencia de los datos, ciclos en los datos, la estacionalidad o irregularidades en la historia de los datos.

Conclusión

Para concluir, si no se toman acciones ya sean individuales (como personas), institucionales (en este caso el Tecnológico de Monterrey) o gubernamentales, es muy probable que suceda lo ya modelado. La calidad del aire actual en Toluca es regular, es decir, que se pueden llevar a cabo actividades al aire libre pero pueden existir pequeñas molestias en niños y en adultos mayores con enfermedades. Como se pronostican que los datos cambien, muy posiblemente para 2032, en 10 años, la calidad del aire en Toluca podría ser mala, lo cual implicaría que podrían haber daños severos en niños y en adultos mayores, además de que ya se recomendaría evitar actividades al aire libre. Por eso son tan importantes estos tipos de modelos que nos ayudan a predecir un poco nuestro futuro para así poder empezar a aplicar soluciones y evitar tener ese futuro pronosticado. La temperatura también toma un papel muy importante, y más con el ozono y las pm10, ya que con los resultados obtenidos, se pronostica que el ozono aumentará además temperatura y las pm10 esto podría causar aun mas y problemas más graves ya que el Toluca estaría contribuyendo al Calentamiento Global que es un problema mundial que se debió haber empezado a contrarrestar desde ya hace tiempo. Es importante mencionar que estos modelos de predicción tienen un error experimental por lo que nunca serán 100% seguros de que sucederán pero nos dan una visión o nos muestran un posible camino que podría suceder si seguimos haciendo lo mismo y no buscamos cambiar.

Conclusiones personales

Daniel Estrada Plata

Con ayuda de este tipo de proyectos, nos podemos dar cuenta cómo podemos aplicar los conocimientos que se ven en clase. Especialmente a mi el analizar datos se me hizo una parte interesante y además poder ver una aplicación de la estadística en un problema que realmente estamos viviendo me hace tomar conciencia de que necesitamos cambiar. La calidad del aire en Toluca es tan importante para mi porque es el lugar en donde vivo y el hacer este tipo de estudios me hace poder ver hacia dónde se mueve Toluca.

Faustino Vázquez Gabino:

Durante esta clase adquirí muchos conocimientos importantes acerca de la estadística, sus usos funciones que se les puede dar en el ámbito laboral e incluso en situaciones comunes de la vida, considero que estos conocimientos me serán de mucha ayuda y tendré muy en cuenta, ya que gracias a las distintas actividades realizadas, pudimos ponerlas en práctica de manera correcta en el reto, donde pusimos en práctica todos los conocimientos y conceptos aprendidos.

Humberto Jasso Silva

Durante este proyecto pude apreciar el verdadero poder de la estadística, ya que gracias a esta pudimos interpretar datos que pueden ayudar a todas las personas que se encuentran en el valle de Toluca. Los datos graficados son con respecto a la calidad del aire de la zona anteriormente mencionada, y con ayuda de los temas aprendidos en clase, así como también con el uso de la aplicación de Minitab, nuestro equipo pudo conseguir los datos satisfactorios para este proyecto.

Brenda Hernández Estrada

Durante este proyecto me di cuenta que la estadística es un punto muy importante para poder predecir y proponer soluciones a nuevas problemáticas. Es muy importante ver cómo los temas que vemos en las sesiones son totalmente aplicables a los problemas de la vida cotidiana y que realmente son aplicables a problemas durante la carrera y en la vida laboral, pues es una herramienta que nos ayuda a relacionar e interpretar datos.

Referencias bibliográficas

- Inicio | Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT. (2022). Edomex.gob.mx.
<https://rama.edomex.gob.mx/>
- Azcona-Cruz MI, Ramírez y Ayala R, Vicente-Flores G. Efectos tóxicos del plomo. *Rev Esp Med Quir* 2015;20:72-77.
- ATSDR. (Junio de 2012). *RESUMEN DE SALUD PÚBLICA: Monóxido de carbono*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.pdf
- Dirección General de Salud Pública. (23 de Enero de 2018). *BOLETÍN DE INFORMACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO CON DATOS CORRESPONDIENTES AL 23/01/2018*. Obtenido de https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/samb/boletines_no2_2018.pdf
- Matus Correa, P., Díaz Aranda, M., & GonzálezRiquelme, F. (2021). Contaminación atmosférica por dióxidos de nitrógeno en Región Metropolitana y su impacto sobre la salud [Air pollution with nitrogen dioxide and its impact on health]. *Revista medica de Chile*, 149(10), 1391–1398.
<https://doi.org/10.4067/s0034-98872021001001391>
- Chen, T. M., Gokhale, J., Shofer, S., & Kuschner, W. G. (2007). Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects. *The American journal of the medical sciences*, 333(4), 249–256. <https://doi.org/10.1097/MAJ.0b013e31803b900f>
- Nuvolone, D., Petri, D., & Voller, F. (2018). The effects of ozone on human health. *Environmental science and pollution research international*, 25(9), 8074–8088.
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-9239-3>
- González López, K. A., & Cortez Castillo, C. d. (Diciembre de 2007). *Análisis de los factores sociales que influyen en el empoderamiento de los actores locales previo a la implementación de proyectos de desarrollo rural*. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tne14g643.pdf>
- Amplitude, Period, Phase Shift and Frequency. (2021). Mathsisfun.com.
<https://www.mathsisfun.com/algebra/amplitude-period-frequency-phase-shift.html>
- Histórico del Clima en Toluca - Meteored. (2016). Meteored.mx | Meteored.
<https://www.meteored.mx/toluca/historico>
- Histórico del Clima en Toluca - Meteored. (2016). Meteored.mx | Meteored.
<https://www.meteored.mx/toluca/historico#:~:text=Humedad%20m%C3%A1xima%2087.6%20%25%2006%3A41,Humedad%20m%C3%ADnima%2067.3%20%25%2004%3A42>

Anexos

[situaciones estadística.xlsx](#)