

REPORTE TÉCNICO DE MONITOREO CASETAS CFE EN LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S.

CENTRO DE ENERGÍA RENOVABLE Y CALIDAD AMBIENTAL A.C.

Enero - 2021. La Paz, Baja California Sur

INFORMACIÓN GENERAL	3
2. Evaluación de límites permisibles	5
2.1. Estación 1	5
2.2 Estación 2	7
2.3. Estación 3	9
2.4 Medias anuales de PM10	11
3. Evaluación de ausencia de información	12
3.1 Estación 1	12
3.2 Estación 2	13
3.3. Estación 3	14
4. Análisis de tendencia	15
5. Estudios oficiales	18
6. Discusión	20
7. Conclusión	21
8. Referencias	22

1. INFORMACIÓN GENERAL

Debido a la falta de información sobre la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Baja California Sur y con el fin de conocer las concentraciones de los contaminantes criterio, se realizó un resumen estadístico con información de las casetas de monitoreo de CFE, recopilada a través de herramientas de transparencia. La información data de 2005 en adelante, con un total de 3 casetas ubicadas en diferentes puntos de la ciudad, sin embargo, el presente documento analizará la información en dos partes: primeramente comparar las concentraciones de 2005 a octubre 2020 con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) y sus lineamientos, como segunda etapa se analizará la tendencia de datos históricos, con el fin de ver pendientes positivas o negativas a futuro. El estudio se llevó a cabo por la Asociación Civil: Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental (CERCA), ubicada sobre la colonia Pueblo Nuevo en La Paz, B.C.S. Cabe mencionar que las ubicaciones de las estaciones fijas no han sido cambiadas durante sus datos históricos, sólo añadiendo sensores en diferentes años y estaciones.

Actualmente Comisión Federal de Electricidad (CFE), cuenta con 3 estaciones de monitoreo en la ciudad de La Paz instaladas en 2005 y funcionando hasta la actualidad, estas estaciones miden constantemente SO₂, NO_x y O₃, así mismo, se cuenta con un equipo manual se miden partículas de tamaño menor o igual a 10 micras (PM₁₀), la estación 1 (E1) se encuentra al lado norte de la central termoeléctrica Punta Prieta, las estaciones 2 (E2) y 3 (E3), se encuentran dentro de la zona urbana de la ciudad de La Paz (Figura 1).

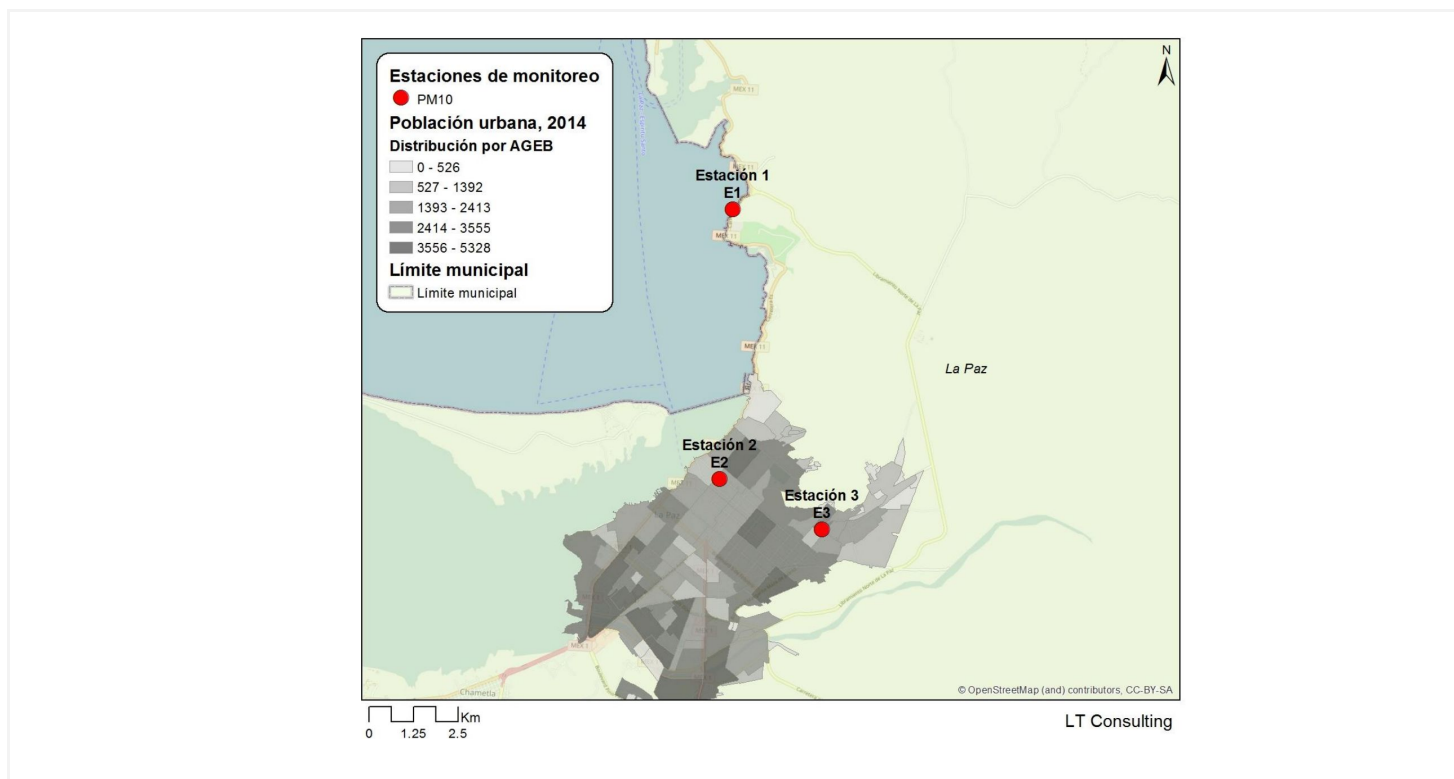


Figura 1.- Distribución estaciones de monitoreo CFE y distribución urbana (Lt Consulting, 2018)

En nuestro país, la **Secretaría de Salud** es el órgano responsable de evaluar la evidencia de los impactos de la contaminación atmosférica en la salud y establecer los límites permisibles de concentración de los contaminantes en la atmósfera. En México se norman los siguientes contaminantes atmosféricos: dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros de diámetro (PM₁₀, PM_{2.5}) y plomo (Pb). La línea de investigación de salud ambiental se encarga de manera dedicada a relacionar los efectos de la contaminación en la salud de la población. En la tabla 1 se resumen los valores normados utilizados en el presente documento, en este caso sólo dos contaminantes cuentan con lineamientos para promedios diarios y/o anuales.

Contaminante	NOM	Publicación	Descripción
Dióxido de Azufre (SO ₂)	NOM-022-SSA1-2019	20 de agosto de 2019	0.075 ppm, promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales como promedio horario. 0.040 ppm, máximo promedio de 24 horas
Partículas menores a 10 micrómetros (P _{M₁₀})	NOM-025-SSA1-2014	20 de agosto de 2014	75 µg/m ³ , promedio 24 horas 40 µg/m ³ , promedio anual
-	NOM-156-SEMARNA T-2012	16 de julio de 2012	Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire
-	NOM-172-SEMARNA T-2019	20 de noviembre de 2019	Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud

Tabla 1.- Normas Oficiales Mexicanas utilizadas como lineamientos. (DOF)

Las últimas dos normas se utilizan para calcular índices de calidad del aire estableciendo diferentes estados relacionados con sus repercusiones en la salud y la última sirve para evaluar la operación de estaciones fijas.

2. Evaluación de límites permisibles

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire de La Paz, B.C.S. para los años 2005-2020 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM-022-SSA1-2019 y NOM-025-SSA1-2014 en la materia y la distribución del número de días monitoreados, valores superiores al límite por cada estación. Se incluyen los resultados de estadísticos como promedio diario, anual y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y número de días en que se incumple cualquier norma de calidad del aire. Cabe mencionar que para el año 2020 datan del 1ero de enero al 31 de agosto.

2.1. Estación 1

Año	Dióxido de Azufre		Material particulado 10 micras	
	No. de días con datos	No. de días > NOM	No. de días con datos	No. de días > NOM
2005	143	16	0	0
2006	243	9	0	0
2007	193	1	0	0
2008	348	0	59	5
2009	359	1	58	0
2010	365	2	61	1
2011	364	0	50	0
2012	339	1	0	0
2013	301	0	0	0
2014	327	1	15	0
2015	269	2	51	0
2016	298	0	201	1
2017	346	0	332	3
2018	298	0	298	0
2019	334	0	319	0
2020	239	0	227	0

Tabla 2.1.- Normas Oficiales Mexicanas utilizadas como lineamientos en estación 1 (DOF).

NOTA: Para la estación 1 se añadió monitoreo diario de PM10 el día: 01/01/2016, sin embargo, entre años 2008 - 2015 se contó con muestreo semanal, es decir, un promedio diario por semana.

En la tabla 2.1 se visualizan diferentes cantidades de números de días monitoreado por cada contaminante, debido a que sólo PM10 y SO2 se puede comprar con Normas Oficiales Mexicanas, sólo estos se analizaron. En repetidas ocasiones se cuentan con ausencia de datos, sin embargo, la mayoría no son errores de la estación si no mantenimientos o correcciones en sensores individuales. Para el caso de estación 1, el contaminante Azufre contó con el 100% de datos sólo el año 2010,

mientras que el año con menor días monitoreados fue 2005 al igual que también el año que más rebasó su norma (16 veces). El contaminante de PM10 a partir del año 2016 comenzó a contar con aceptable cobertura de datos, antes los años no contaban con más de 121 días, ningún año se contó con el 100% de promedios diarios en el año, siendo el máximo en 2017 con 332 días. En años recientes la estación 1 sobrepasó los límites de PM10 en año 2017 (3 veces) y SO2 en 2015 en dos ocasiones. Con el fin de analizar del conjunto de datos histórico se utilizó un diagrama de caja (Figura 2.1)

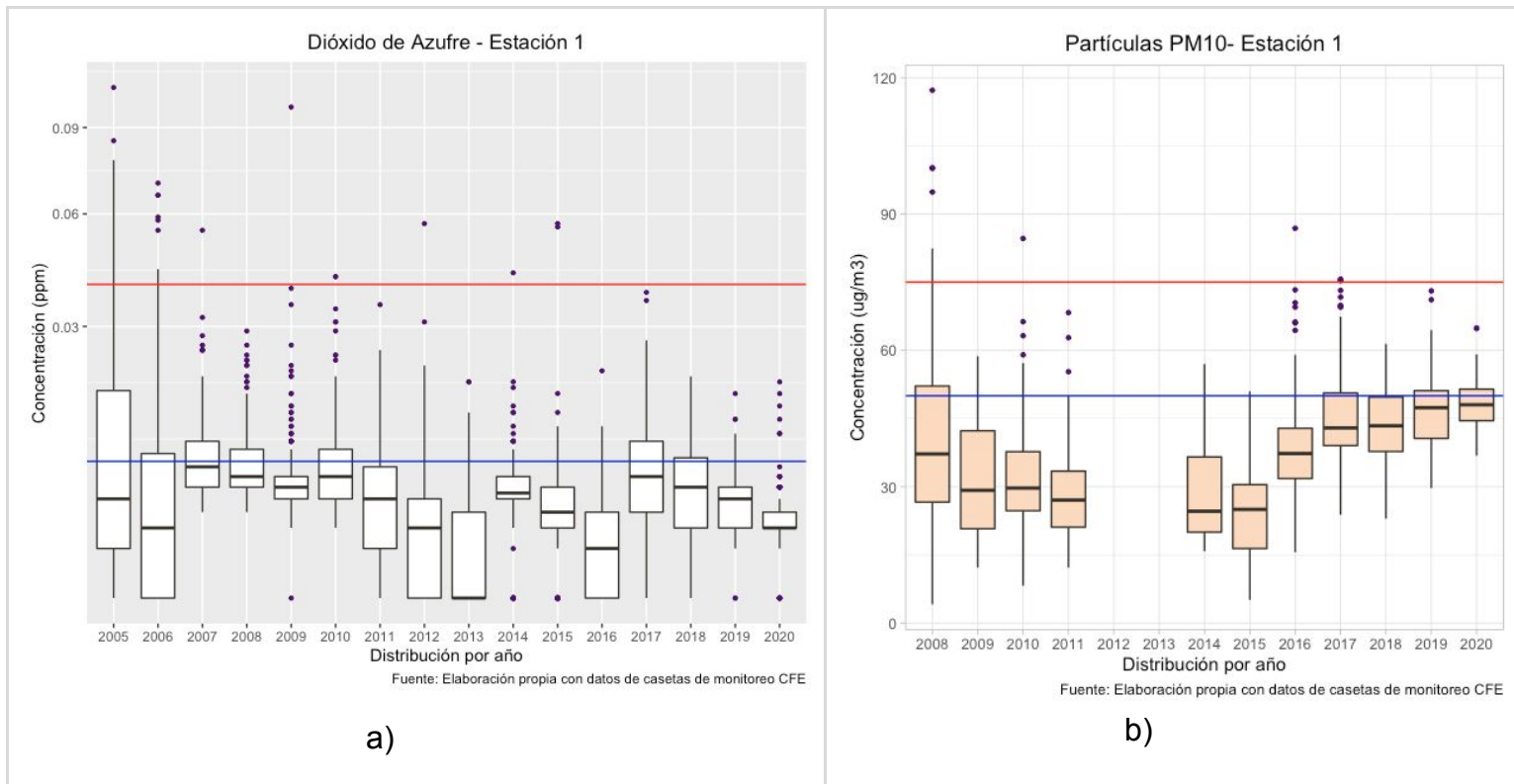


Figura 2.1.- Comportamiento de promedios diarios por año, para dióxido de azufre (lado b) y Partículas PM10 (lado a) de la estación 1.

NOTA: Se utiliza una línea continua “- - - -” para el valor máximo recomendado por la NOM-022-SSA1-2019 y NOM-025-SSA1-2014 dado en promedios diarios. La línea continua “- - - -” marca la recomendación internacional (WHO, 2005)

Se puede visualizar en el caso de Dióxido de azufre como presentó mayor cantidad de valores arriba de la NOM en el año 2005, sin embargo, los demás años también se ve como los casos donde sobrepasa la NOM, aunque como datos atípicos, en los últimos años fue 2017 quien presenta valores más cerca de los límites, tales valores se pueden considerar de alto riesgo en recomendaciones internacionales. En el lado “b” se visualiza como los años 2017 y 2019 presentan valores cerca o sobre los límites permisibles de material particulado 10, al igual que el caso de SO2, con otros límites internacionales podrían considerarse riesgosas diferentes concentraciones diarias. Para el caso de PM10 en los años 2013 y 2014 no se cuenta con información histórica.

2.2 Estación 2

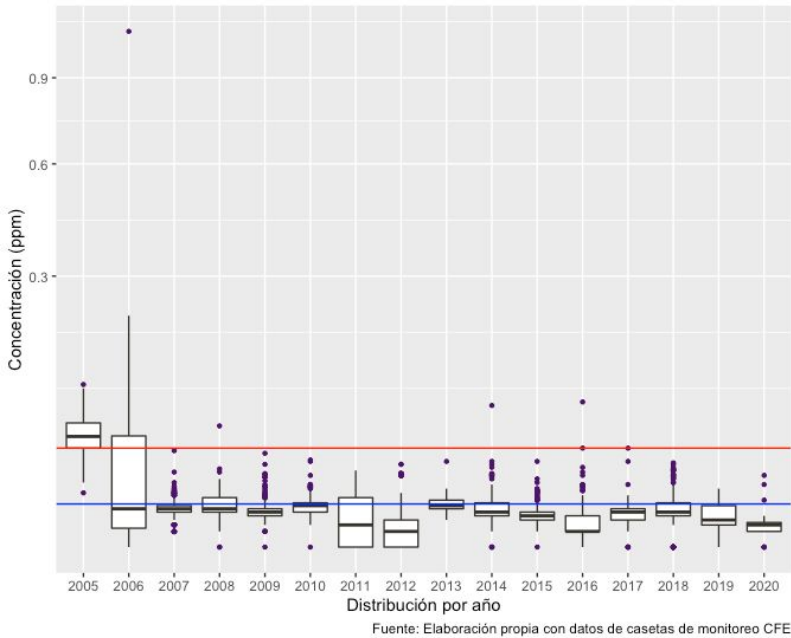
Año	Dióxido de Azufre		Material particulado 10 micras	
	No. de días con datos	No. de días > NOM	No. de días con datos	No. de días > NOM
2005	143	112	0	0
2006	243	78	0	0
2007	362	0	0	0
2008	358	1	59	4
2009	290	0	58	3
2010	352	0	61	2
2011	297	0	60	3
2012	366	0	61	5
2013	17	0	60	1
2014	341	1	57	3
2015	283	0	51	0
2016	184	2	42	1
2017	314	1	314	1
2018	181	0	297	0
2019	280	0	328	0
2020	239	0	231	0

Tabla 2.2.- Normas Oficiales Mexicanas utilizadas como lineamientos en estación 2 (DOF).

NOTA: Para la estación 2 se añadió monitoreo diario de PM10 el día: 20/11/2016, sin embargo, entre años 2008 - 2015 se contó con muestreo semanal, es decir, un promedio diario por semana.

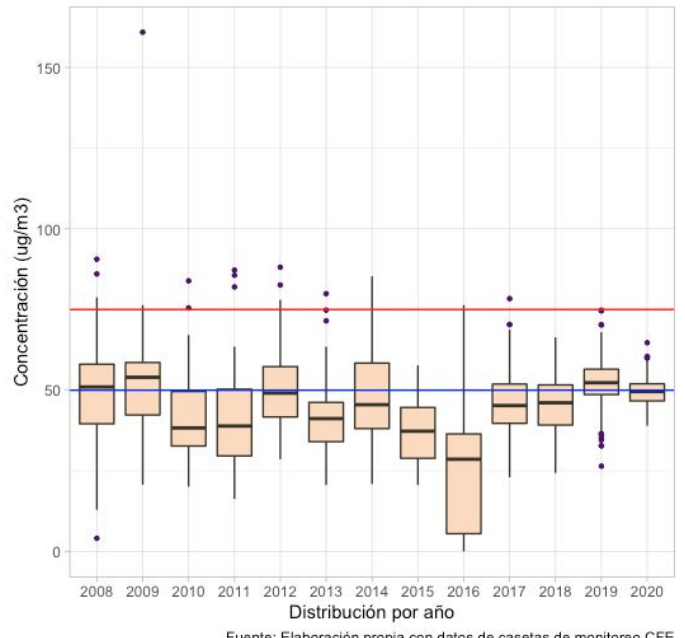
En la tabla 2.2 se visualizan diferentes cantidades de números de días monitoreado por cada contaminante, debido a que sólo PM10 y SO₂ se puede comprar con Normas Oficiales Mexicanas, sólo estos se analizaron. En repetidas ocasiones se cuentan con ausencia de datos, sin embargo, la mayoría no son errores de la estación si no mantenimientos o correcciones en sensores individuales. Para el caso de estación 2, el año 2005 y 2006 contó con valores diarios de dióxido de azufre sobrepasando los límites gran cantidad de veces, sin embargo, cambió abruptamente desde 2007 en adelante, presentando sólo algunos días en 2008, 2014, 2016, 2017. En 2013 contó con el menor días monitoreados de azufre (17 días), y sólo el año 2012 se contó con todos los 366 días del año monitoreados, en promedio la cantidad de días oscilan en la mediana 275 para la estación 2. En el caso de material particulado en años recientes se detectaron sólo dos promedios diarios sobrepasando el límite, en los años 2016 y 2017, sin embargo, de 2008 a 2014 hubo al menos un día que sobrepasó la norma oficial. Con el fin de analizar el conjunto de datos histórico se utilizó un diagrama de caja (Figura 2.2).

Dióxido de Azufre - Estación 2



a)

Partículas PM10- Estación 2



b)

Figura 2.2.- Comportamiento de promedios diarios por año, para dióxido de azufre (lado b) y Partículas PM10 (lado a) de la estación 2.

NOTA: Se utiliza una línea continua “- - - -” para el valor máximo recomendado por la NOM-022-SSA1-2019 y NOM-025-SSA1-2014 dado en promedios diarios. La línea continua “- - - -” marca la recomendación internacional (WHO, 2005)

Se puede visualizar tanto en el caso de Dióxido de azufre como presentó mayor cantidad de valores arriba de la NOM en el año 2005 y 2006, sin embargo, los demás años se visualiza más normalizado, aunque existiendo casos atípicos en que los promedios diarios sobrepasan la NOM (2014, 2016, 2017), el los últimos años fue 2018 quién presenta valores más cerca de los límites, tales valores se podrían considerar de alto riesgo en recomendaciones internacionales. En el lado “b” se visualiza como los años 2017 y 2019 presentan valores cerca o sobre los límites permisibles de material particulado 10, aunque sólo el primero cuenta con un valor sobre el límite. Para los años 2008 a 2014 sus valores arriba de las normas mexicanas se consideran atípicos.

2.3. Estación 3

Año	Dióxido de Azufre		Material particulado 10 micras	
	No. de días con datos	No. de días > NOM	No. de días con datos	No. de días > NOM
2005	NA	NA	0	0
2006	120	3	0	0
2007	273	0	0	0
2008	271	0	57	51
2009	365	0	58	43
2010	301	0	61	40
2011	363	0	60	37
2012	350	0	61	41
2013	292	0	60	12
2014	299	0	61	22
2015	298	1	32	10
2016	194	0	42	17
2017	303	2	311	47
2018	322	0	322	27
2019	355	0	338	4
2020	239	0	229	0

Tabla 2.3.- Normas Oficiales Mexicanas utilizadas como lineamientos en estación 3 (DOF).

NOTA: Para la estación 3 se añadió monitoreo diario de PM10 el día: 20/11/2016, sin embargo, entre años 2008 - 2015 se contó con muestreo semanal, es decir, un promedio diario por semana.

En la tabla 2.3 se visualizan diferentes cantidades de números de días monitoreado por cada contaminante, debido a que sólo PM10 y SO2 se puede comprar con Normas Oficiales Mexicanas, sólo estos se analizaron. En repetidas ocasiones se cuentan con ausencia de datos, sin embargo, la mayoría no son errores de la estación si no mantenimientos o correcciones en sensores individuales. Al contrario de estaciones 1 y 2, cuenta con valores altos tanto en PM10 en todos los años a excepción de 2020, cabe resaltar que aún al tener poca información de 2008 a 2014 los valores encima de los límites son abundantes, inclusive en 2008 el 90% de datos fue sobrepasando la norma mexicana. El dióxido de azufre sobrepasó los límites en 2006, 2015 y 2017. En 2006 contó con el menor días monitoreados (120), y sólo el año 2009 se contó con todos los 365 días del año monitoreados. Con el fin de analizar el conjunto de datos histórico se utilizó un diagrama de caja (Figura 2.3).

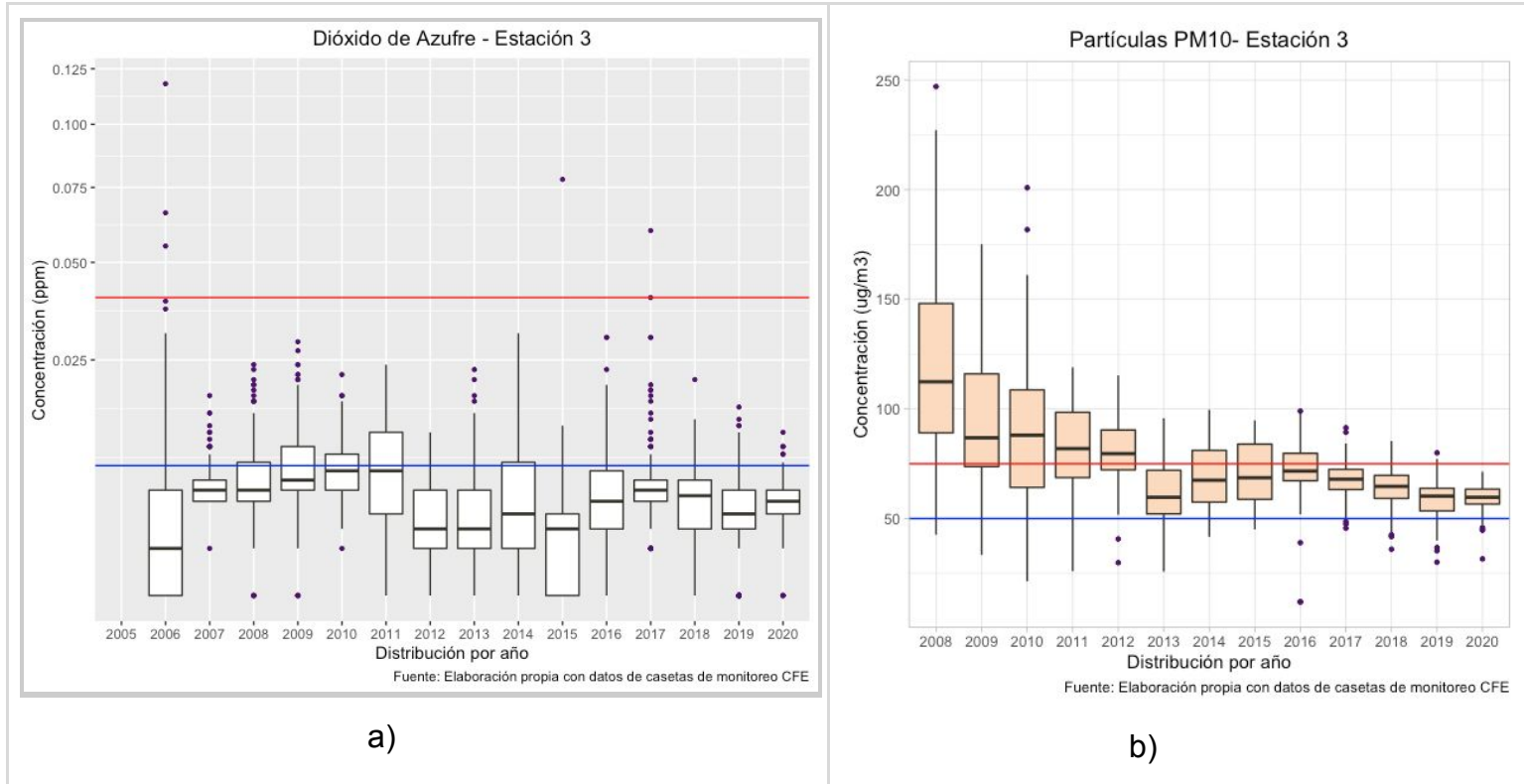


Figura 2.3.- Comportamiento de promedios diarios por año, para dióxido de azufre (lado b) y Partículas PM10 (lado a) de la estación 3.

NOTA: Se utiliza una línea continua “- - - -” para el valor máximo recomendado por la NOM-022-SSA1-2019 y NOM-025-SSA1-2014 dado en promedios diarios. La línea continua “- - - -” marca la recomendación internacional (WHO, 2005)

Se puede visualizar en el caso de Dióxido de azufre (Fig.2.3.a) como presentó valores altos en los años 2006, 2015 y 2017, incluso datos atípicos que sobrepasaron los lineamientos de la NOM. Para todos los años se obtiene una media entre los 0 y 0.012 ppm, sus valores atípicos comienzan arriba de 0.025 ppm para cualquier año. En el caso de PM10 (Fig. 2.3.b) Todos los años presentan valores altos, aunque han ido en decremento. Los monitoreos 2008 a 2012 presentan más del 50% de sus datos arriba de la norma mexicana. Para años recientes en 2016 la media aritmética se localiza muy cerca del límite permisible y comienza el decremento.

2.4 Medias anuales de PM10

Para el cálculo de promedio anual en material particulado de 10 micras se utilizan 4 trimestres del año, se tiene que contar con al menos 3 promedios trimestrales para poder calcular un promedio anual (DOF, 2014). Los trimestres se enumeran de 1 a 4 en su orden calendario, se utilizan en tabla 2.4 para indicar que provocó problemas en los cálculos. Cada trimestre debió contar con al menos el 75% de sus datos diarios, sin importar el orden de los mismos mientras estén en el rango de tres meses, esto da un total de 68-69 datos mínimos para que un trimestre sea válido. Los años 2008 a 2015 no se tomaron en cuenta al contar con menos del 20% de días monitoreados en el año debido a su muestreo semanal.

Año	Caseta 1	Caseta 2	Caseta 3	Descripción
2016	DI	DI	DI	Caseta 1 cuenta con el primer y tercer semestre con datos insuficientes (DI), C2 y C3 ningún trimestre válido
2017	44.1	46	68	Ninguna estación cumplió con el límite permisible
2018	43.4	45.2	64	Ninguna estación cumplió con el límite permisible
2019	46.9	52.36	59.4	Ninguna estación cumplió con el límite permisible
2020	DI	DI	DI	Se necesita tener un año calendario para su cálculo

Tabla 2.4.- Promedios anuales en tres estaciones comparados con los límites permisibles (DOF).

NOTA: Se utilizó nomenclatura "DI" para datos insuficientes y color "Rojo" para valores que sobrepasan los límites.

Se puede visualizar en la tabla 2.4 que ninguna caseta obtuvo algún promedio anual válido dentro de los años 2017, 2018 y 2019, para los demás años no se cuenta con información de ninguna estación. El límite permisible establecido por la NOM-025-SSA1-2014 es de 40 ug/m³, la caseta 3 presentó los más altos valores, incluso en el año 2017 su promedio anual superó en 70% el límite permisible.

3. Evaluación de ausencia de información

Con el fin de evaluar el cumplimiento de las NOM's se observó los días sin información para los contaminantes Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Ozono y Material Particulado 10. Según según la NOM-156-SEMARNAT-2012 (DOF, 2012), establece que un sistema de monitoreo debe contar con al menos 75% de datos en un año calendario, con el fin de poder analizar tendencias e indicadores de estado. Teniendo de partida los promedios diarios, se analizaron los días en el año sin datos separados para cada estación y contaminante desde su instalación.

3.1 Estación 1

Año	No. de días sin datos por contaminante				Días con datos de todos los contaminantes
	SO2	NO2	O3	PM10	
2005	10	10	NA	NA	143
2006	122	122	NA	NA	243
2007	172	172	NA	NA	193
2008	18	34	NA	NA	332
2009	6	6	NA	NA	359
2010	0	0	NA	NA	365
2011	123	9	NA	NA	234
2012	73	27	205	NA	293 (sin O3)
2013	64	64	64	NA	301
2014	69	83	38	NA	251
2015	174	96	143	NA	170
2016	68	29	36	165	298 (sin pm10)
2017	19	19	19	33	332
2018	67	67	184	67	181
2019	27	27	189	46	157
2020	5	5	5	17	227

Tabla 3.1.- Evaluación de NOM-156-SEMARNAT-2012 para ausencia de información en estación 1 (DOF, 2012).

NOTA: Para la estación 1 se añadió monitoreo de Ozono (O3) el día 01-07-2012, medición de PM10 diario comenzó el día 01/01/2016, se utilizó nomenclatura NA en datos previos. Se utilizó color "Rojo" para valores que no cumplieron 75% del año calendario. Para los casos de no contar con año calendario se utilizó color "Azul", indicando que no se pudo evaluar.

El 75% de datos mínimos son 274-275 días de monitoreo, lo que significa que se puede contar con hasta 91-92 días sin datos. En estación 1 se puede observar que todos los contaminantes a excepción de PM10 presentaron mínimo un año que no cumplió con la NOM, cabe resaltar que en años recientes (2018 y 2019) el contaminante que más falta de información es el Ozono con más de la mitad de los registros vacíos. Como último punto se observó que sólo el año 2010 cuenta con todos los promedios diarios de todos los contaminantes al 100%. El monitoreo de PM10 realizado de 2008 a 2015 no se tomó en cuenta, debido a su metodología semanal.

3.2 Estación 2

Año	No. de días sin datos por contaminante				Días con datos de todos los contaminantes
	SO2	NO2	O3	PM10	
2005	10	10	NA	NA	143
2006	122	122	NA	NA	243
2007	5	47	NA	NA	316
2008	12	81	NA	NA	281
2009	75	75	NA	NA	290
2010	13	13	NA	NA	352
2011	98	68	NA	NA	267
2012	0	0	183	NA	366 (sin O3)
2013	365	348	348	NA	0
2014	37	175	28	NA	177
2015	82	82	82	NA	283
2016	179	179	221	324	145 (sin pm10)
2017	51	51	93	51	269
2018	184	69	68	68	181
2019	85	27	27	37	270
2020	5	5	5	13	231

Tabla 3.2.- Evaluación de NOM-156-SEMARNAT-2012 para ausencia de información en estación 2 (DOF,2012).

NOTA: Para la estación 2 se añadió monitoreo de Ozono (O3) el día 01-07-2012, medición de PM10 comenzó el día 20/11/2016, se utilizó nomenclatura NA en datos previos. Se utilizó color "Rojo" para valores que no cumplieron 75% del año calendario. Para los casos de no contar con año calendario se utilizó color "Azul", indicando que no se pudo evaluar.

El 75% de datos mínimos son 274-275 días de monitoreo, lo que significa que se puede contar con hasta 91-92 días sin datos. En estación 2 se puede observar que todos los contaminantes a excepción de PM10 presentaron mínimo un año que no cumplió con la NOM, cabe resaltar que en años recientes (2016 a 2019) no se cuenta con años que tengan el 75% de todos los contaminantes. Los años 2013 y 2016 no se cumplió la Norma Oficial Mexicana para ningún contaminante. Como último punto se observó que sólo el año 2012 cuenta con todos los promedios diarios de todos los contaminantes al 100%. El monitoreo de PM10 realizado de 2008 a 2015 no se tomó en cuenta, debido a su metodología semanal.

3.3. Estación 3

Año	No. de días sin datos por contaminante				Días con datos de todos los contaminantes
	SO2	NO2	O3	PM10	
2005	NA	NA	NA	NA	NA
2006	245	145	NA	NA	120
2007	93	92	NA	NA	272
2008	95	95	NA	NA	271
2009	0	0	NA	NA	365
2010	64	64	NA	NA	301
2011	224	2	NA	NA	141
2012	16	16	182	NA	350 (sin O3)
2013	73	73	73	NA	292
2014	66	66	66	NA	299
2015	84	167	67	NA	198
2016	172	172	172	324	194 (sin pm10)
2017	62	62	62	54	303
2018	43	43	43	43	322
2019	10	10	121	27	227
2020	5	5	5	15	229

Tabla 3.3.- Evaluación de NOM-156-SEMARNAT-2012 para ausencia de información en estación 3 (DOF,2012).

NOTA: Para la estación 3 se añadió monitoreo de Ozono (O3) el día 01-07-2012, medición de PM10 comenzó el día 20/11/2016, se utilizó nomenclatura NA en datos previos. Se utilizó color "Rojo" para valores que no cumplieron 75% del año calendario. Para los casos de no contar con año calendario se utilizó color "Azul", indicando que no se pudo evaluar.

El 75% de datos mínimos son 274-275 días de monitoreo, lo que significa que se puede contar con hasta 91-92 días sin datos. En estación 3 se puede observar que todos los contaminantes a excepción de PM10 presentaron mínimo un año que no cumplió con la NOM, cabe resaltar que en año 2016 no se cuenta con el 75% de ninguno de los contaminantes. Los años 2015, 2016 y 2019 no se cumplió la Norma Oficial Mexicana para ningún contaminante. Como último punto se observó que sólo el año 2009 cuenta con todos los promedios diarios de todos los contaminantes al 100%. El monitoreo de PM10 realizado de 2008 a 2015 no se tomó en cuenta, debido a su metodología semanal.

4. Análisis de tendencia

Una vez comparado los resultados del monitoreo con los lineamientos oficiales, queda analizar el comportamiento histórico de las estaciones en conjunto, esto con el fin de encontrar tendencias en los contaminantes o las áreas más perjudicadas por la mala calidad del aire en la zona. Los valores graficados son la línea de tendencia de los promedios diarios procesados dentro de la serie temporal iniciada desde el año 2005, para el caso de PM10 desde el año 2008, esto con un intervalo de confianza de 95%.

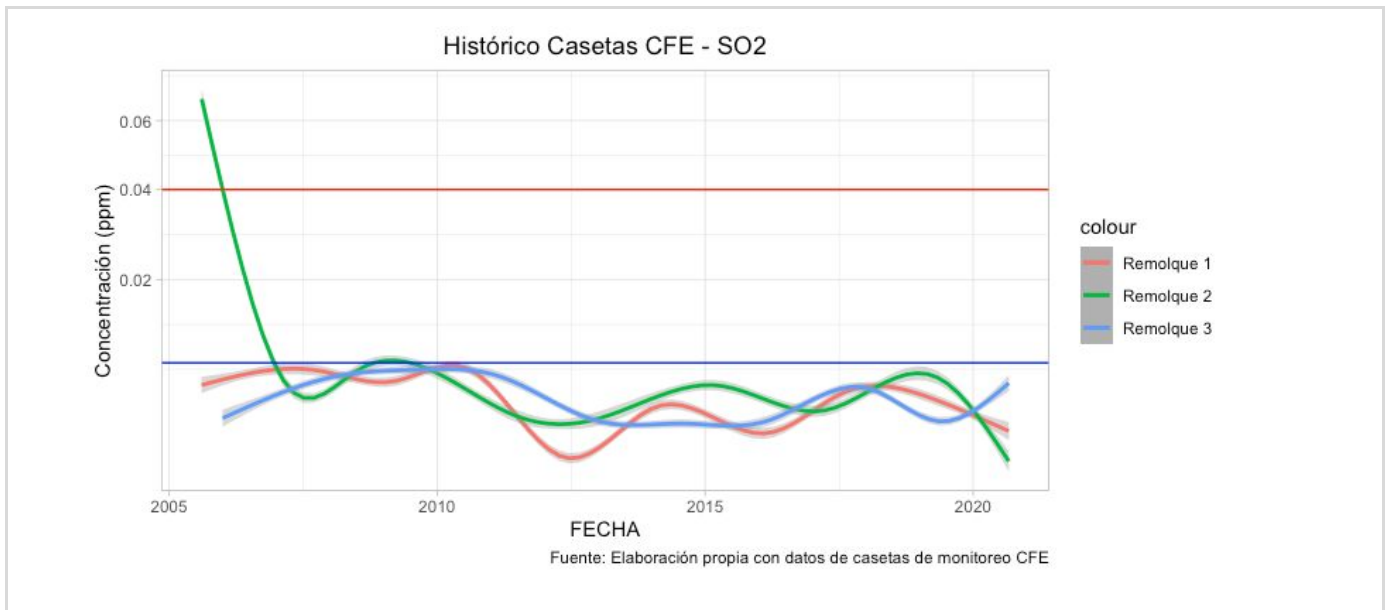


Figura 4.1.- Comportamiento de promedios diarios por año, para dióxido de azufre en las 3 estaciones CFE

NOTA: Se utiliza una línea continua “---” para el valor máximo recomendado por la NOM-022-SSA1-2019 dado en promedios diarios. La línea continua “---” marca la recomendación internacional (WHO, 2005)

En la figura 4.1 se puede observar la tendencia del dióxido de azufre en el transcurso de 15 años, al inicio de las mediciones se registraron valores altos en Remolque 2, sin embargo se normalizo en el transcurso de unos años, aunque los valores suavizados se mantienen constantes por debajo de las recomendaciones internacionales, habrá que aclarar que existieron valores máximos que si sobrepasan la recomendación internacional, incluso algunos valores atípicos que sobrepasaron la NOM en las 3 estaciones de monitoreo.

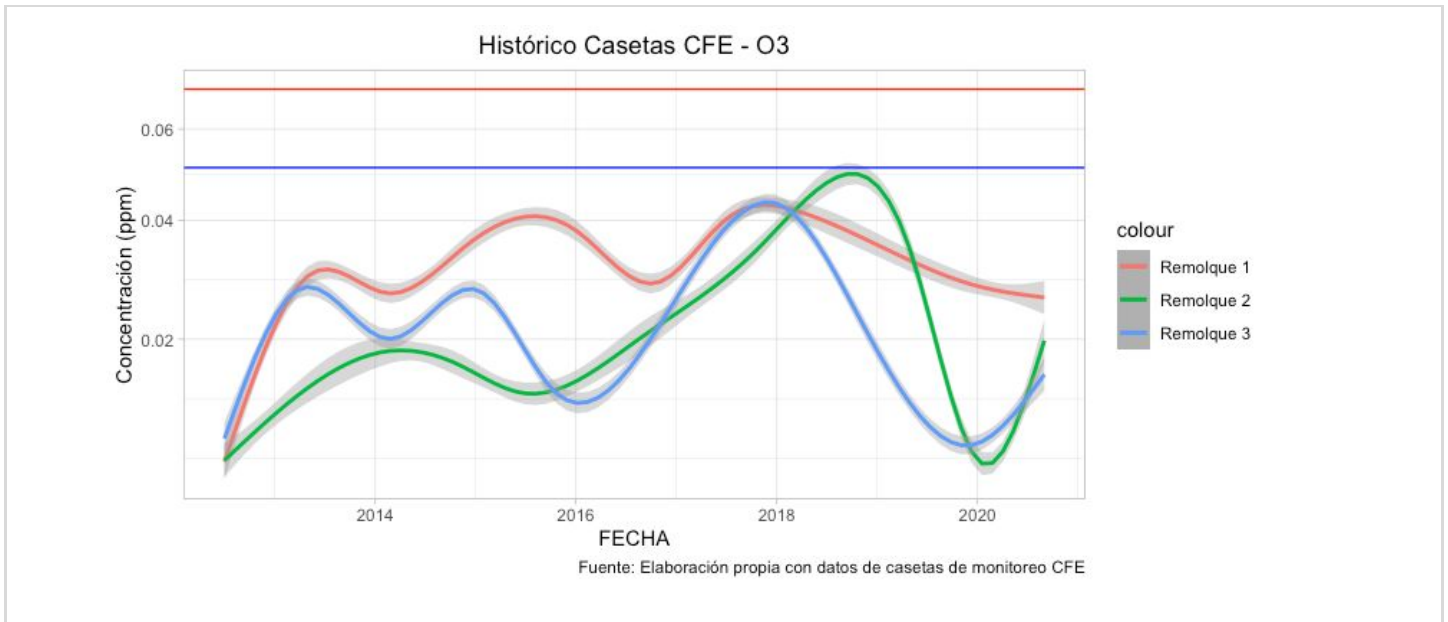


Figura 4.2.- Comportamiento de promedios diarios por año, para Ozono (O3) en las 3 estaciones CFE

NOTA: Se utiliza una línea continua “- - - -” para el valor máximo recomendado por la NOM-020-SSA1-2014 dado en promedios móviles de 8 horas. La línea continua “- - - -” marca la recomendación internacional (WHO, 2005)

El contaminante Ozono no se mostró en tablas anteriores al no poder cuantificar sus valores que sobrepasaron los límites, debido a que la normatividad indica necesario contar con promedios móviles de 8 horas, sin embargo, la figura 4.2 sirve para observar el comportamiento del contaminante, las líneas de tendencia se obtuvieron a partir de promedios diarios y las líneas de referencia horizontales serían para promedios móviles. Se puede observar un incremento para el remolque 2 que tuvo un cambio a mediados de 2019, para el caso de 2020 se observa una tendencia positiva en remolque 2 y 3.

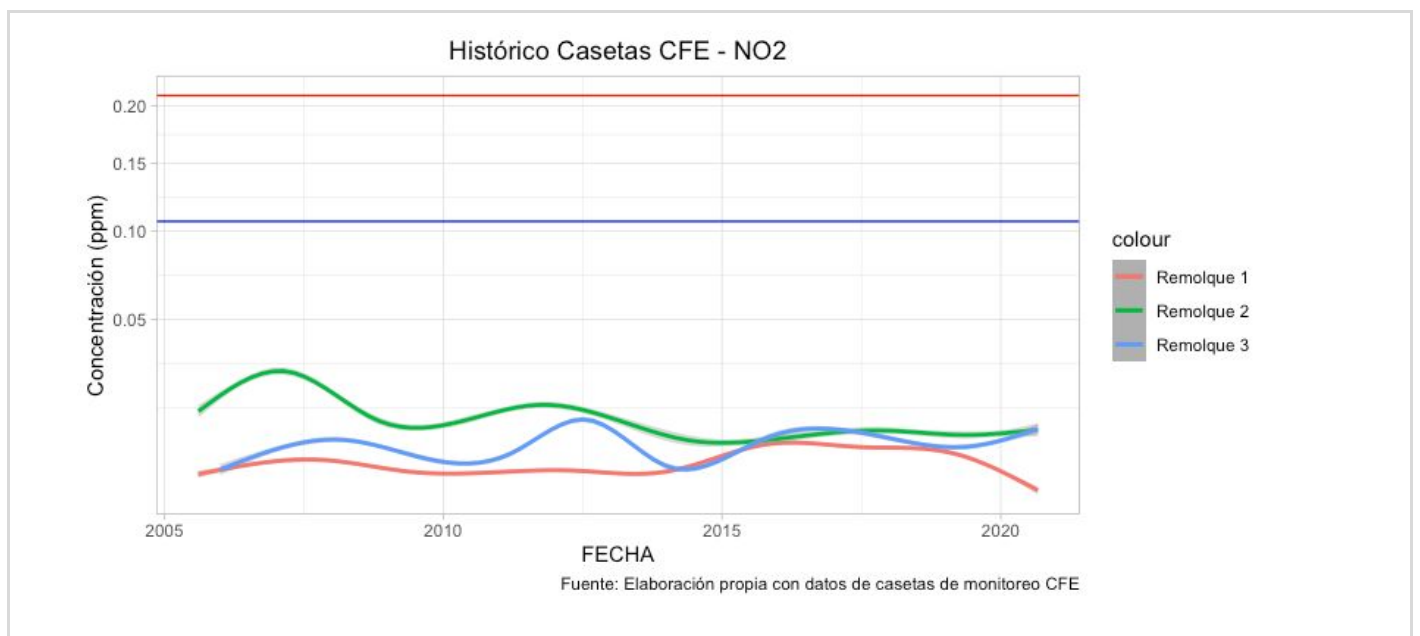


Figura 4.3.- Comportamiento de promedios diarios por año, para dióxido de nitrógeno

NOTA: Se utiliza una línea continua “- - - -” para el valor máximo recomendado por la NOM-023-SSA1-1993 dado en promedios horarios. La línea continua “- - - -” marca la recomendación internacional (WHO, 2005)

El caso de dióxido de nitrógeno no se utilizaron las tablas anteriores para poder evaluar su incumplimiento, esto debido a que la normatividad indica su metodología en promedios horarios, sin embargo, en figura 4.3 se observa el comportamiento de las mediciones, al contrario de otros contaminantes los valores se encuentran con niveles bajos en comparación con lines de referencia nacionales e internacionales.

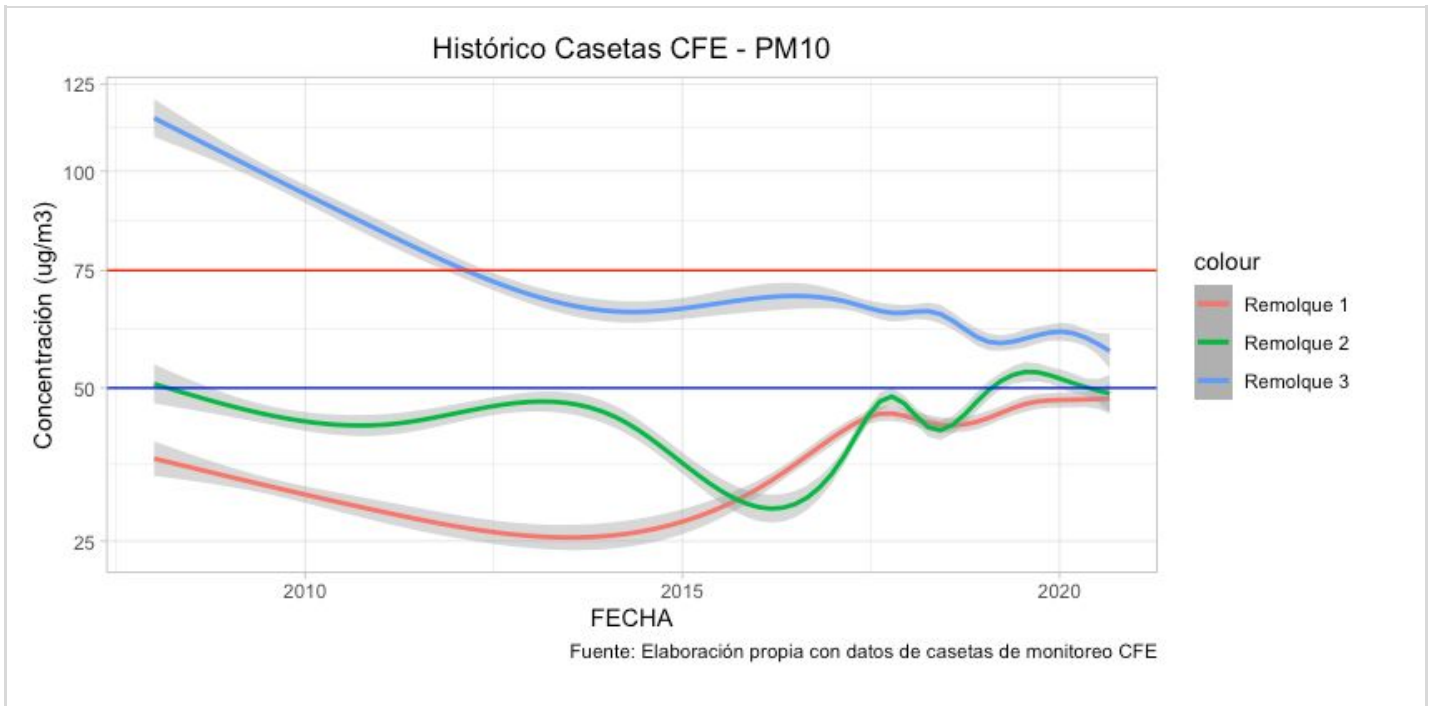


Figura 4.4.- Comportamiento de promedios diarios por año, para Partículas PM10

NOTA: Se utiliza una línea continua “- - - -” para el valor máximo recomendado por la NOM-022-SSA1-2019 dado en promedios diarios. La línea continua “- - - -” marca la recomendación internacional (WHO, 2005)

En las 3 estaciones de monitoreo se presentaron incumplimientos en los límites permisibles con el contaminante PM10, aunque el gráfico 4.4 muestra sólo la tendencia de las mediciones sin sobrepasar en gran medida los límites, se observa una línea de tendencia con niveles altos para los 3 remolques. Específicamente el remolque 3 presenta una pendiente negativa y el caso de remolque 1 y 2 presentan una tendencia positiva que sigue aumentando en años más cercanos.

5. Estudios oficiales

Como se mencionó anteriormente en el apartado 1, no se cuenta con información en tiempo real sobre el monitoreo realizado por Comisión Federal de Electricidad y sus tres casetas de monitoreo, sin embargo, por medio de herramientas de transparencia se obtuvo un estudio oficial del análisis de dispersión de contaminantes (CFE, 2020), en dicho documento se analizó el impacto de calidad del aire por emisiones desde la Central de Combustión Interna Baja California Sur (CCI BCS) con la instalación de nuevas unidades móviles eléctricas, así como los resultados obtenidos de las casetas de monitoreo en el segundo semestre del año 2019.

Las 3 estaciones de monitoreo cuentan con equipos de medición de SO₂, NO_x y O₃, así mismo, se cuenta con un equipo manual se miden partículas de tamaño menor o igual a 10 micras (PM₁₀), las ubicaciones se muestran en la Figura 1, para el estudio oficial no se realizaron comparaciones con Ozono. Los resultados mostrados en la tabla 5.1 muestran el valor presentado como promedio en el estudio de dispersión, así como el límite de la Norma Oficial Mexicana, se añadió una columna para el valor máximo en los promedios diarios obtenidos a través de procesamiento propio.

# Estación	Nombre	Contaminante	Valor promedio CFE (ug/m3)	Valor Máximo (ug/m3)	Norma Oficial (ug/m3)
1	Escuela Secundaria Técnica No. 3	NO _x	8.77	22.6	395
		SO ₂	7.86	44.5	104.8
		PM ₁₀	46.84	73.08	75
2	Centro de Salud	NO _x	39	105.4	395
		SO ₂	5.24	36.7	104.8
		PM ₁₀	55.4	74.76	75
3	Esc. Primaria Emma Isabel Osuna	NO _x	23.18	111	395
		SO ₂	7.42	7.9	104.8
		PM ₁₀	62.44	80	75

Tabla 5.1.- Elaboración propia a través de: "Análisis de Estudio de dispersión de emisiones a la atmósfera de cuatro unidades móviles eléctricas a instalarse en la CCI BCS" (CFE,2020).

NOTA: Normas utilizadas: NOM-023-SSA1-1993 (NO_x) promedio horario, NOM-022-SSA1-2019 (SO₂) promedio diario, NOM-025-SSA1-2014 (PM₁₀) promedio diario.

El valor CFE mostrado en la tabla 5.1 es un promedio de las mediciones obtenidas en el transcurso de todo el 2do semestre 2019, en cambio el valor máximo mostrado se calculó ordenando de forma ascendente los promedios diarios obtenidos en el mismo rango de tiempo. El uso de cada norma es diferente a otra, para el caso de NOx el analizar los límites permisibles con los valores medidos requiere el procesamiento en promedios horarios y proseguir con la metodología oficial, el caso de SO2 y PM10 requiere analizar los valores diarios obtenidos en una serie de tiempo y comparar de forma individual con los límites establecidos, por último cabe mencionar que el comparar con Normas Oficiales Mexicanas requiere un histórico de un año o inclusive 3 años consecutivos en el caso de SO2, esto para poder observar el comportamiento de los contaminantes ya que las temporadas del año llegan a modificar la distribución de contaminación.

El estudio realizado por CFE utilizó la herramienta AERMOD para el modelo de dispersión, dicho proyecto sólo considera las emisiones por parte de CCI BCS realizando 4 escenarios especializados para los contaminantes: óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y bióxido de azufre, este último con una variación del porcentaje de azufre en el diésel. En sus resultados mostrados se presentó una comparación de los límites permisibles ahora con la suma del valor estimado por la emisión de la planta de generación eléctrica, para esto no se contó con comparación del remolque 1 a diferencia de la tabla anterior.

# Estación	Nombre	Contaminante	Valor promedio CFE (ug/m3)	Valor Máximo (ug/m3)	Valor estimado (ug/m3)	Suma (ug/m3)		Norma Oficial (ug/m3)
						CFE	Máximo	
2	Centro de Salud	NOx	39	105.4	43.9	82.9	197.9	395
		SO2	5.24	36.7	10	15.24	46.7	104.8
		PM10	55.4	74.76	0.5	55.91	75.26	75
3	Esc. Primaria Emma Isabel Osuna	NOx	23.18	111	33.7	56.88	144.7	395
		SO2	7.42	7.9	8.7	16.12	16.6	104.8
		PM10	62.44	80	0.2	62.64	80.2	75

Tabla 5.1.- Elaboración propia a través de: "Análisis de Estudio de dispersión de emisiones a la atmósfera de cuatro unidades móviles eléctricas a instalarse en la CCI BCS" (CFE,2020).

NOTA: Normas utilizadas: NOM-023-SSA1-1993 (NOx) promedio horario, NOM-022-SSA1-2019 (SO2) promedio diario, NOM-025-SSA1-2014 (PM10) promedio diario.

De igual manera que se presentó por CFE (2020) se realizó la tabla 5.1 añadiendo una columna para una suma entre los valores máximos diarios obtenidos con el valor estimado por el modelo de dispersión.

6. Discusión

El procesamiento y análisis de información tiene diferentes formas de realizarse, sin embargo, al haber diversos estudios sobre los efectos en la salud que provocan los contaminantes criterio, se han desarrollado de forma especializada las Normas Oficiales Mexicanas, las cuales establecen como debemos procesar nuestros datos. Haciendo referencia al apartado de estudios oficiales, cabe aclarar que el uso de cada norma es diferente a otra, para el caso de NO_x los valores mostrados no se pueden evaluar como la metodología normada establece, para comparar directamente se necesitan los promedios horarios acomodados de forma ascendente y revisar los valores máximos.

Por otro lado, el valor de la NOM para SO₂ es establecido en un promedio de 24 horas, es decir, un límite para los promedios diarios obtenidos en una serie de tiempo, igual es el caso de PM₁₀ y su normativa, por lo tanto un promedio histórico no alineado a la metodología. Cabe mencionar que para la mayoría de los contaminantes, se necesita al menos analizar un año de información, o incluso en algunos casos se necesita analizar 3 años consecutivos, buscando valores máximos con herramientas estadísticas. Aún en la tabla 5.1 al sumarse el valor calculado por el software AERMOD se ven muy diferente los datos promedio con los valores máximos, en algunos casos el valor presentado por CFE (2020) no sobrepasa los límites y el valor máximo si.

A diferencia de otras redes de monitoreo, se cuenta con información sólo de un periférico de la ciudad, y esta información llega a estar incompleta en términos de normatividad y poder evaluar su cumplimiento, tal y como se mostró en el apartado 3, de igual manera en la mayoría de los estudios se realiza el análisis y procesamiento con promedios horarios que muestren tendencias y más importante, poder evaluar todos los contaminantes criterio.

7. Conclusión

Desde la instalación y puesta en operación de las 3 casetas de monitoreo CFE sin excepción se han encontrado metodologías de tratamiento de datos no apropiadas a las Normas Oficiales Mexicanas, por un lado se cuenta con la mayoría de los contaminantes criterio siendo monitoreados, sin embargo, no se cuenta con los promedios necesarios para una evaluación en nivel salud. Las técnicas de procesamiento de datos deben ser renovadas para contar con promedios diarios que permitan una mejor evaluación de las condiciones medioambientales de la zona urbana. De igual manera en materia de la operación del sistema, se debe mejorar la constancia de monitoreo evitando fechas sin monitoreo; algunas herramientas quizás de interoperabilidad mejorarán el acceso a la información.

Se notó un problema con altos niveles de material particulado de 10 micras, para ningún año con datos válidos se obtuvo un promedio anual que cumplirá con la NOM-025-SSA1-2014, analizando los valores con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud se sobrepasa de forma más alarmante. Inclusive en la caseta 3 ubicada cerca de la Central de Combustión Interna (CCI) BCS se notaron los valores más altos, sobrepasando los límites permisibles como mínimo 4 promedios diarios al año entre 2008-2019. Para el caso de las medias anuales, se obtuvieron incumplimientos en las 3 casetas de monitoreo durante los años 2017, 2018 y 2019.

Un contaminante preocupante es el Ozono al mostrar una línea de tendencia cercana a los valores permisibles, si se pudiera procesar en promedios móviles se podría evaluar si sus valores están incumpliendo la norma. Como última recomendación se observó diferentes comparaciones entre los oficiales y el presente, se hace un énfasis en no olvidar el funcionamiento de las NOM's y sus lineamientos establecidos generalmente en los valores máximos obtenidos que se presentan en el año para todos los contaminantes. Concluyendo un comportamiento preocupante en presente y futuro, se recomienda continuar con las medidas establecidas por el ProAire (LT Consulting, 2018) dentro de las cuáles se recomienda contar con un sistema de monitoreo de calidad del aire robusto y confiable.

8. Referencias

- CFE (2020). *Estudio de dispersión de emisiones a la atmósfera, cuatro unidades móviles eléctricas a instalarse en la CCI BCS*. Gerencia de Protección Ambiental.
- LT Consulting (2018). "Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Baja California Sur 2018 - 2027". proAire.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/310362/25_ProAire_Baja_California_Sur.pdf.
- NOM-025-SSA1-2014. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisible para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación.
- NOM-020-SSA1-2014. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-020SSA1-2014. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O3) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.
- NOM-021-SSA1-1993. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al Bióxido de Nitrógeno (NO2). Valor normado para la concentración de Bióxido de Nitrógeno (NO2) En el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-022-SSA1-2019. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO2)