

CIAMA Consultores Ingeniera y
Medio Ambiente Ltda.
RUT 76.367.701-K

SOBRE LA PROBABILIDAD DE EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN EL MARCO DEL PROCESO SANCIONATORIO ROL D-004-2017



CIAMA

CONSULTORES
EN MEDIO AMBIENTE

MAYO 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to be a stylized 'L' followed by a '9'.

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN2

II. METODOLOGÍA.....3

III. RESULTADOS.....6

 a. Sobre las Consultas de Urgencia en Concón6

 b. Efectos que producen los contaminantes emitidos por Refinería Aconcagua.....8

 Sobre el Anhídrido Sulfuroso.....8

 Sobre los Óxidos de Nitrógeno o NOx10

 Sobre los Hidrocarburos del Petróleo (TPH).....10

 c. Efectos de SO2 y NOx y las Consultas por Enfermedades Respiratorias11

 d Efectos de las emisiones de TPH12

 e. Participación de Refinería Aconcagua14

IV. CONCLUSION18

V. ANEXO.....19



I.INTRODUCCIÓN

La Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) presentó formulación de cargos en el proceso sancionatorio D-004-2017 a la Refinería Aconcagua de ENAP en la comuna de Concón.

La Empresa ha solicitado a CIAMA el apoyo en la formulación del Programa de Cumplimiento en lo relativo sus emisiones atmosféricas.

Las infracciones atribuidas son:

Hecho constitutivo de infracción N° 8:

Superación de los niveles de emisión comprometidos para la Caldera B-240: Según el detalle que se indica:

- Durante el año 2014 las emisiones de MP10, CO₂, NO₂ Y SO₂ superaron lo comprometido en 0,13; 5,77; 22,18; y 7,48 Ton/año, respectivamente.
- Durante el año 2015 las emisiones de MP10, CO₂, NO₂ Y SO₂, superaron lo comprometido en 0,5; 2,31; 20,02 y 7,97 Ton/año respectivamente.

Hecho constitutivo de infracción N° 9:

Emisiones de SO₂ y NO_x de la URA 2 superan los niveles comprometidos en 10 meses del 2014, y en todos los meses del año 2015, según se detalla en el Considerando 28° del presente formulación de cargos.

Hecho constitutivo de infracción N° 10:

Inadecuado control de emisiones de hidrocarburos volátiles, provenientes de estanque T-3350, a la atmosfera, lo que se constata en la superación de los niveles de emisión comprometidos durante los años 2014 y 2015 en 1,904 Ton/año y en 0,844 Ton/año, respectivamente.

Hecho constitutivo de infracción N° 11:

No construcción de la Unidad Recuperadora de Azufre 4 (URA 4)

El Programa de Cumplimiento requiere de la incorporación de información epidemiológica relativa a los eventuales efectos sobre la salud pública de la superación de la norma de SO₂ y del impacto de los Hidrocarburos volátiles.

II. METODOLOGÍA

La Superintendencia del Medio Ambiente requiere conocer si el incumplimiento de las obligaciones establecidas a ENAP Refinería en materia de emisión de contaminantes atmosféricos (MP₁₀, SO₂, NO_x e Hidrocarburo Volátiles) ha provocado efectos sobre los habitantes de la Comuna de Concón¹.

Para responder esta hipótesis se definió por medio de una revisión de publicaciones científicas, qué tipo de enfermedades se han visto asociadas a los contaminantes atmosféricos mencionados. Para tal efecto se revisaron publicaciones epidemiológicas respecto de los efectos de SO₂ y se revisaron las publicaciones de la Agencia de Registro de Sustancias Tóxicas (ATSDR) del Centro de Control de Enfermedades de Atlanta (CDC) de Estados Unidos respecto de los efectos de los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, material particulado e hidrocarburos. Los hidrocarburos son una familia numerosa de compuestos químicos con distintos efectos nocivos. Por este motivo se centró en los Hidrocarburos de Petróleo (TPH) y particularmente los BTEX².

Posteriormente sobre la base de la información pública entregada por el Departamento de Estadística e Información del Ministerio de Salud se buscó el comportamiento de dichas enfermedades y si dicho comportamiento tenía o no asociación con los niveles de contaminantes presentes en el aire. La base de dato utilizada fue la de Registro de Atenciones de Urgencia³. La fuente de las concentraciones de contaminantes presentes en el aire es el Sistema Nacional de Calidad del Aire (SINCA)⁴.

Para el análisis de los efectos de los hidrocarburos se analizó su relación con las consultas respiratorias, cardiovasculares y la situación de la mortalidad específica en la comuna de Concón comparándola con la del país y la de otras comunas de la Provincia de Valparaíso.

El tipo de diseño utilizado para este análisis, corresponde a un diseño ecológico, esto quiere decir que los resultados que entrega son probabilísticos. La **probabilidad** es una medida de la certidumbre asociada a un suceso o evento futuro y suele expresarse como un número entre 0 y 1 (o entre 0% y 100%). Por lo que entrega un valor adimensional. Una forma tradicional de estimar algunas probabilidades consiste en obtener la frecuencia de un acontecimiento determinado mediante la realización de experimentos aleatorios, de los que se conocen todos los resultados posibles, bajo condiciones *suficientemente* estables. Un suceso puede ser improbable (con probabilidad cercana a cero o improbable, por ejemplo, que un

¹ El CO₂ no produce efectos directos sobre la salud de la población, tiene importancia por su efecto invernadero en la estabilidad climática de la tierra. Este efecto no será tratado en este documento, por no ser un problema local sino global, por lo mismo no se puede analizar su impacto sobre la población de Concón.

² BTEX sigla que resume al benceno- etil-benceno- tolueno y xileno.

³ <http://cognos.deis.cl/ibmcognos/cgi-bin/cognos.cgi>

⁴ <http://sinca.mma.gob.cl/index.php/region?id=V>

perro vuela en forma autónoma), probable (probabilidad intermedia, por ejemplo, que llueva en invierno) o seguro (con probabilidad uno, que los individuos vivos respiran).

El período de tiempo estudiado es el comprendido entre abril del año 2015 a enero 2017 (dos años de observación). Esto pues solamente a partir de abril del año 2015, es que se cuenta con información de las consultas en el SAPU Concón. Utilizar sólo los meses restantes del año 2015, habría entregado un tiempo muy corto de observación lo que puede subestimar los resultados. Por lo mismo se decidió ampliar hasta enero 2017 el período de estudio. Calculando la regresión con estos datos y extrapolándolos a los años 2013, 2014 y 2015. Se midió el grado de asociación entre las Consultas Respiratorias y Cardiovasculares y las concentraciones de contaminantes por medio de una regresión de Poisson⁵. En un modelo de regresión de Poisson estándar se asume $\text{Log}(E(Y_i)) = X_i\beta$; en donde Y_i es el número de consultas en el día i , X_i es el vector de covariantes en el día i , β corresponde a los coeficientes a dichos vectores y E denota el valor esperado de Y_i . Se construyó un modelo con vector de covariantes con los siguientes componentes: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁶ de los contaminantes Anhídrido Sulfuroso (SO_2), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado (MP_{10}), Hidrocarburos Totales (HCT) e Hidrocarburos No Metánicos (HCNM), día (t) y la Temperatura (T).

Con la información obtenida se determinó el riesgo atribuible y el número de casos atribuibles a la presencia del contaminante mediante la fórmula siguiente,

$$\text{AF} = (\text{RR}-1)/\text{RR} \quad (1)$$

Donde

AF = Fracción Atribuible al contaminante estudiado

RR = función de riesgo, el riesgo relativo (RR) entregado por

$$E = \text{AF} \times B \times P \quad (2)$$

Donde

E = Casos Atribuibles

AF = Fracción Atribuible

B = Prevalencia de Consultas por Enfermedades Respiratorias en Concón = Total de Consultas/Población de Concón

⁵ La Regresión de Poisson es un modelo estadístico de tipo lineal generalizado en el que la variable de respuesta tiene una distribución de Poisson y el logaritmo de su valor esperado puede ser modelado por una combinación lineal de parámetros desconocidos, es decir, el logaritmo es la función de enlace canónica. Se usa para modelar datos de conteo (número de veces que ocurre cierto fenómeno aleatorio, en este caso número de consultas).

⁶ Los efectos de los contaminantes atmosféricos son débiles, por lo mismo por convención se estudian por $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

P = Población de Concón del año 2015 = 48.778 habitantes⁷

El número de casos atribuibles a la presencia de los contaminantes atmosféricos, no es directamente atribuibles a la Refinería pues en la cuenca atmosférica de Concón existen varias otras fuentes, por lo que sobre la base de los antecedentes del Inventario de Emisiones realizado para el Plan de Descontaminación Atmosférica del área comprendida por la comunas de Puchuncaví, Quintero y Concón, se estimó el número de casos que pudieran ser eventualmente atribuidos a las emisiones del complejo industrial.

Por último, se estimó sobre la base del porcentaje de excedencia real de las emisiones de la Refinería el número potencial de casos que se podría atribuir a las emisiones de refinería ENAP excedidas durante los años 2013, 2014 y 2015.

Finalmente, como los diseños ecológicos entregan información del nivel ecológico, en este caso solo informan sobre lo que podría sucederle a la población de Concón, pero no informan sobre la situación de individuos específicos. Extrapolar los resultados ecológicos al nivel individual, es un error denominado Falacia Ecológica. Por lo mismo los casos atribuibles a las excedencias de emisiones que se calcularán no pueden ser extrapolados o designados a un individuo particular.

⁷ http://reportescomunales.bcn.cl/2015/index.php/P%C3%A1gina_principal

III. RESULTADOS

a. Sobre las Consultas de Urgencia en Concón

A continuación, se entregan los resultados de las consultas de urgencia de la comuna en el período de estudio. Se puede observar en la Tabla 1 que el total de urgencias atendidas en Concón fue de 86.627, predominando las causas respiratorias (30%) por sobre las circulatorias.

El número diario de consultas varió de cero a 317 consultas por día, con un promedio de 133 consultas diarias. Esto se puede visualizar en la figura del Gráfico 1 que muestra la variabilidad diaria del total de consultas de la Comuna.

También se puede observar la mayor variabilidad de las consultas respiratorias (Gráfico 2), con respecto a las consultas cardiovasculares (Gráfico 3). Esto indica que las consultas respiratorias dependen más de factores ambientales (contaminación, temperatura) que las consultas cardiovasculares.

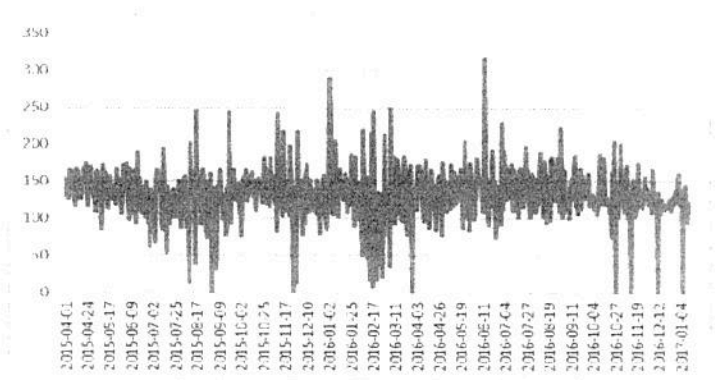
Tabla 1 Importancia relativa (%) de las distintas causas de Consultas de Urgencia, Concón, 2015-2017

Atenciones de urgencia	Min	Max	Mediana	Promedio	Total	%
TOTAL ATENCIONES DE URGENCIA	0	317	133	133	86627	1
TOTAL CAUSAS SISTEMA RESPIRATORIO	0	119	39	39	25572	30%
IRA Alta (J00-J06)	0	70	26	26	17050	20%
Influenza (J09-J11)	0	29	0	1	339	0%
Neumonía (J12-J18)	0	15	0	1	530	1%
Bronquitis/bronquiolitis aguda (J20-J21)	0	29	8	8	5517	6%
Crisis obstructiva bronquial (J40-J46)	0	13	2	2	1242	1%
Otra causa respiratoria (J22, J30-J39, J47, J60-J98)	0	28	1	1	894	1%
TOTAL CAUSAS SISTEMA CIRCULATORIO	0	11	1	1	946	1%
Infarto agudo miocardio	0	2	0	0	52	0%
Accidente vascular encefálico	0	2	0	0	91	0%
Crisis hipertensiva	0	8	0	0	224	0%
Arritmia grave	0	4	0	0	148	0%
Otras causas circulatorias	0	5	0	1	431	0%
TOTAL TRAUMATISMOS Y ENVENENAMIENTO	0	49	17	18	11428	13%
Accidentes del tránsito	0	5	0	0	119	0%
Otras causas externas	0	49	17	17	11309	13%
DIARREA AGUDA (A00-A09)	0	77	3	4	2916	3%
TOTAL DEMÁS CAUSAS	0	179	71	70	45765	53%

Tabla 2 Características descriptivas de las Consultas de Urgencia y Consultas por enfermedades Respiratorias, Concón, 2015-2017

	Min	Max	Mediana	Promedio	Total
TOTAL ATENCIONES DE URGENCIA	0	317	133	133	86737
TOTAL CAUSAS SISTEMA RESPIRATORIO	0	119	39	39	25596
IRA Alta (J00-J06)	0	70	26	26	17071
Influenza (J09-J11)	0	29	0	1	339
Neumonía (J12-J18)	0	15	0	1	531
Bronquitis/bronquiolitis aguda (J20-J21)	0	29	8	8	5517
Crisis obstructiva bronquial (J40-J46)	0	13	2	2	1244
Otra causa respiratoria (J22, J30-J39, J47, J60-J98)	0	28	1	1	894

Gráfico 1 Comportamiento de las Consultas por todas las causas, SAPU Concón, 2015-2017



Elaboración propia a partir de datos DEIS.

Gráfico 2 Evolución en el tiempo de las consultas por Enfermedades Respiratorias

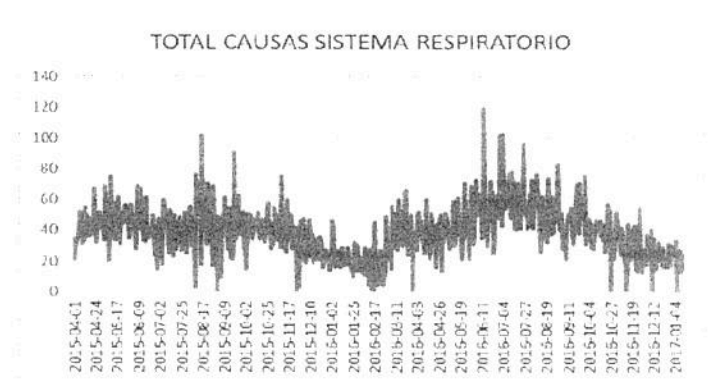
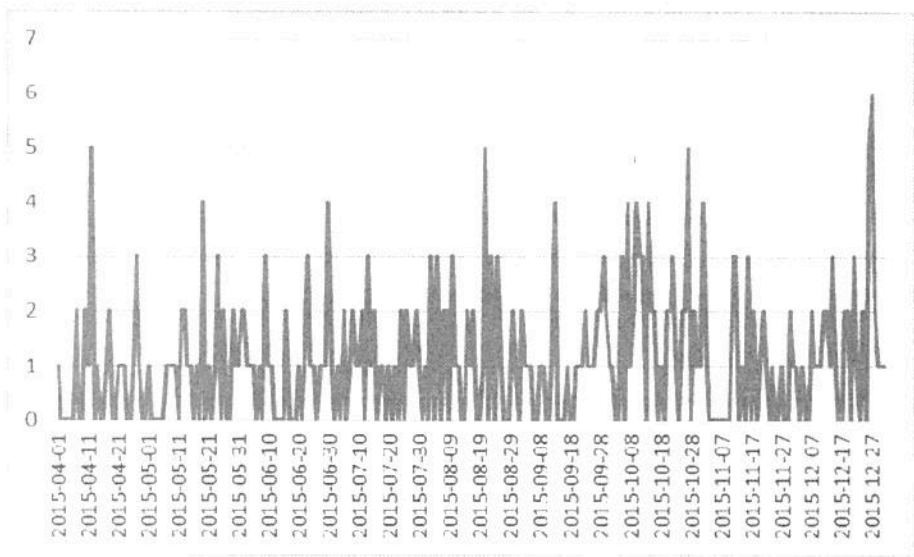


Gráfico 3 Comportamiento de las Consultas Cardiovasculares, 2015-2017



b. Efectos que producen los contaminantes emitidos por Refinería Aconcagua

Los Contaminantes Atmosféricos gaseosos y el material particulado producen efectos a nivel del sistema respiratorio y cardiovascular. A continuación, se entrega un mayor detalle, respecto de cada uno de ellos. Los Hidrocarburos, metánicos y no metánicos, son un grupo amplio de compuestos químicos que presentan distintos efectos biológicos. Los efectos más conocidos corresponden a la exposición proveniente de los Hidrocarburos aromáticos polícíclicos denominados BTEX. A ellos se refiere el apartado siguiente.

Sobre el Material Particulado Respirable (MP₁₀)⁸

El material particulado se ha visto asociado a varios efectos sobre la salud de la población expuesta tales como: alteraciones de la función respiratoria, síntomas respiratorios crónicos (tos, flema, etc.), bajo peso de nacimiento y alteraciones cardiovasculares.

Sobre el Anhídrido Sulfuroso (SO₂)

Existe, desde hace más de dos décadas, una nutrida literatura referente a los efectos de la contaminación atmosférica en las personas.

Los estudios epidemiológicos, a diferencia de los toxicológicos, son principalmente observacionales, por lo que los investigadores no modifican las variables evaluadas y establecen sus conclusiones a partir de observaciones empíricas de la realidad.

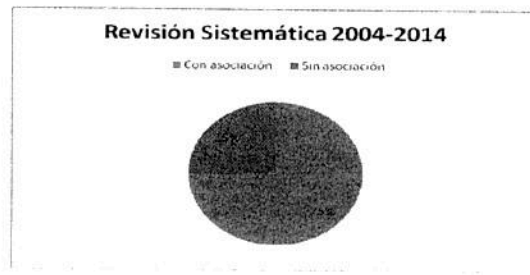
La contaminación atmosférica, por su lado, es una situación compleja en la que habitualmente participan varios contaminantes, es muy poco frecuente que la contaminación existente en un

⁸ MMA Resumen de evidencia científica de los efectos adversos del MP₁₀, agosto 2015

lugar se deba a un solo contaminante, por lo que separar los efectos de cada uno de ellos es un desafío importante, que aún no se ha resuelto completamente. Requiere de esfuerzos analíticos y de modelación rigurosos que muchas veces no se han podido establecer en los estudios reportados.

La revisión sistemática de las publicaciones científicas publicadas desde el año 2004 a la fecha, y que completó los criterios de inclusión, es decir evaluaban efectos sobre la salud del SO_2 indicó que del total de 143 publicaciones que estudiaban los efectos del contaminante en la salud humana en el 75% (106 publicaciones) se estableció una asociación estadísticamente significativa entre el contaminante y el efecto estudiado (Figura 1).

Figura 1 Porcentaje de resultados con asociación entre exposición a SO_2 y distintos efectos sobre la salud (Nº total de publicaciones 143)



Fuente: Elaboración propia a partir de revisión sistemática con buscador PubMed⁹.

La contaminación atmosférica ha sido asociada a efectos respiratorios y cardiovasculares por medio del estudio de la mortalidad, las consultas y las hospitalizaciones. Es así como el 71% del total de las publicaciones se refieren a estas consecuencias de la exposición al SO_2 .

Evidencia sobre los efectos agudos y crónicos

Desde un punto de vista epidemiológico, la evidencia científica muestra que se han observado efectos agudos y efectos crónicos que van desde síntomas, consultas, hospitalizaciones, muertes, eventos agudos (Infarto Agudo al Miocardio por ejemplo) a eventos crónicos como alteración del desarrollo psicomotor en los niños.

Las revisiones sistemáticas siguen mostrando prominencia de los efectos agudos sobre los crónicos, y esto se debe al gran volumen de estudios realizados sobre los efectos agudos. Sin embargo, la evidencia actual sobre efectos crónicos en la salud cardiovascular, la salud infantil y la salud respiratoria de adultos permite afirmar que los efectos de exposiciones crónicas al dióxido de azufre también son relevantes para la salud pública.

⁹ CENMA, Antecedentes para la revisión de la norma de SO_2 . Elaborado por la autora de este documento para el Ministerio de Medio Ambiente.

Sobre los Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Los niveles bajos de óxidos de nitrógeno en el aire, como son los que afectan a la población general, pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones, y posiblemente causar tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. La exposición a bajos niveles también puede producir acumulación de líquido en los pulmones 1 ó 2 días luego de la exposición. Respirar altos niveles de óxidos de nitrógeno puede rápidamente producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y la muerte. Esto último sólo ocurre en situaciones laborales en donde los trabajadores están expuestos a grandes cantidades de NOx.

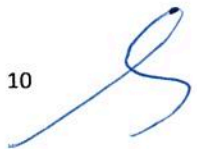
Sobre los Hidrocarburos del Petróleo (TPH)¹⁰

Los efectos de la exposición a los TPH dependen de muchos factores. Éstos incluyen el tipo de sustancias químicas que componen a los TPH, la duración de la exposición y la cantidad de sustancias químicas con las que se entra en contacto. Se sabe muy poco acerca de la toxicidad de muchos de los TPH. Hasta el momento, todo lo que sabemos acerca de los efectos de los TPH sobre la salud está basado en estudios de compuestos o productos de petróleo específicos.

Los compuestos en las diferentes fracciones de los TPH afectan la salud de manera diferente. Algunos componentes de los TPH, especialmente los compuestos más pequeños como el benceno, tolueno y xileno (que se encuentran en cantidades menores en conformación de la gasolina tipo, también denominados BTEX), pueden afectar el sistema nervioso de seres humanos. La inhalación de concentraciones de benceno más altas de 100 partes por millón (100 ppm) durante varias horas puede producir fatiga, dolor de cabeza, náusea y adormecimiento. Cuando la exposición cesa, los síntomas desaparecen. Sin embargo, la exposición durante un período prolongado puede producir daño permanente del sistema nervioso central. Uno de los componentes de los TPH, el n-hexano, puede afectar el sistema nervioso central de manera diferente, produciendo una alteración de los nervios conocida como «neuropatía periférica,» caracterizada por pérdida de la sensación en los pies y las piernas y, en casos graves, parálisis. Esto ha ocurrido en trabajadores expuestos a 500 a 2,500 ppm de n-hexano en el aire. La ingestión de algunos productos de petróleo tales como gasolina y kerosén, produce irritación de la garganta y el estómago, depresión del sistema nervioso, dificultad para respirar y neumonía debido al paso de líquido hacia los pulmones. Los componentes de algunas fracciones de los TPH también pueden afectar la sangre, el sistema inmunitario, el hígado, el bazo, los riñones, los pulmones y el feto. Algunos componentes de los TPH pueden irritar la piel y los ojos, mientras que otros, por ejemplo, algunos aceites minerales, no son muy tóxicos y se usan en alimentos.

Un componente de los TPH, el benceno, ha producido cáncer (leucemia) en seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) ha determinado que el benceno es carcinogénico en seres humanos (clasificado en el Grupo 1).

¹⁰ https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs123.html



c. Efectos del material particulado y los gases sobre las Consultas por Enfermedades Respiratorias

Los datos obtenidos de la estación de calidad del Aire reportados en el SINCA y las consultas registradas en la Base de Datos del DEIS indicaron que durante el período estudiado, se midieron bajas concentraciones de contaminantes y se observaron en promedio 39 consultas diarias respiratorias y una por motivo cardiovascular (Tabla 3).

Tabla 3 Estadísticas descriptivas de las variables estudiadas.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
TCSR	582	39.25258	12.79562	15	69
TCSC	641	1.413417	1.43257	0	11
HCT	630	1.788552	.4055381	.138702	2.18199
HCNM	639	.0688275	.0381573	.010112	.177884
CH4	623	1.707241	.4114138	.0636245	2.07023
NOX	616	3.182733	1.162698	1.24194	6.582754
CO ¹¹	649	377.6207	133.1095	136.9217	684.0681
MP10	645	14.41128	5.362913	6.14618	29.6426
SO2	672	2.274849	1.050541	.5941922	5.986422
Temperatura	657	15.28569	2.842686	7.8	23.3

TCSR: Consultas Totales Sistema Respiratorio HCT: Hidrocarburos Totales SO₂: Anhídrido Sulfuroso NO_x: Óxidos de Nitrógeno
HCNM: Hidrocarburos No Metánicos y CH4: Metano

Los contaminantes atmosféricos evaluados, material particulado y gases SO₂, NO_x, CO producen similares efectos sobre el sistema respiratorio y cardiovascular. Por lo mismo se elaboró un modelo de regresión con todos los contaminantes, la temperatura y el correlativo de los días.

El análisis estadístico estimó que la exposición a NO_x explicaría alrededor del 4,8 % y el Material Particulado el 0,8% de las consultas por causa respiratoria de la población de Concón. El dióxido de azufre y el monóxido de carbono no se asocian con las consultas respiratorias. Tampoco ninguno de los contaminantes evaluados se asocia con consultas por enfermedades cardiovasculares.

Tabla 4 Análisis de Regresión

Consultas					
Respiratorias	IRR	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]

¹¹ Se incluye en la regresión por estar presente en las mediciones de calidad del aire, y por sus efectos descritos sobre las consultas respiratorias y cardiovasculares.

NOX		1.0482	.0103716	4.76	0.000	1.028068	1.068726
SO2		1.000972	.0014194	0.69	0.493	.9981943	1.003758
MP10		1.00823	.0021232	3.89	0.000	1.004077	1.0124
CO		.7125597	.0580595	-4.16	0.000	.6073867	.8359442
t		1.00004	.00005	0.79	0.429	.9999415	1.000138
Temperatura		.9586962	.0039373	-10.27	0.000	.9510103	.9664442
_cons		59.33017	5.771629	41.97	0.000	49.03101	71.79271

Cardiovasculares		IRR	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	

NOX		.961196	.0499088	-0.76	0.446	.8681893	1.064166
SO2		1.007606	.0081424	0.94	0.348	.9917725	1.023691
MP10		.9772892	.011111	-2.02	0.043	.9557529	.9993107
CO		1.16839	.4523396	0.40	0.688	.5470752	2.495334
t		1.001819	.00025	7.29	0.000	1.00133	1.002309
Temperatura		1.017738	.0200931	0.89	0.373	.9791088	1.057892
_cons		.3514418	.1760578	-2.09	0.037	.1316548	.9381456

d Efectos de las emisiones de TPH

Uno de los principales problemas de los TPH, específicamente de los compuestos como el Benceno (BTEX), tiene relación con su actividad cancerígena. Por lo mismo se realizó una evaluación general de la situación de los cánceres en la Comuna de Concón. Para ello se observaron las tasas hospitalizaciones en el tiempo y compararon las tasas de mortalidad por cáncer con la de las otras comunas de la Provincia de Valparaíso¹².

Esta evaluación tiene la limitación de que no es posible realizar un análisis de la mortalidad y hospitalizaciones para el año 2015 pues para ambos tipos de indicadores de salud existe más de dos años de rezago para resultados sean públicos, debido a la complejidad de la elaboración de los registros. Más aun el cáncer tiene por lo general un período de inducción de 20 a 30 años. Por lo mismo hay que interpretar que la situación que se observa en el gráfico siguiente puede ser reflejo de exposiciones ocurridas en los años ochenta del siglo pasado.

¹² Se excluyeron de este análisis las comunas insulares de Isla de Pascua y Juan Fernández.

Gráfico Hospitalizaciones por causas seleccionadas, Concón 2006-2011, Números Absolutos

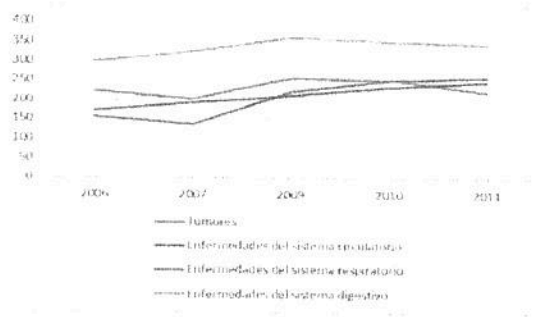


Tabla 3 Tasa de Mortalidad por cáncer, por Comunas de la Provincia de Valparaíso, comparación con el nivel nacional (2013-2014)

Localidad	Tumores	
	Tasa	O/E ¹³
País	210,48	1
Valparaíso	266,97	1,27
Casablanca	256,28	1,22
Concón	174,04	0,83
Puchuncaví	242,29	1,15
Quintero	224,28	1,07
Viña del Mar	297,01	1,41

Las hospitalizaciones por cáncer en la Comuna presentan una leve tendencia al alza, lo que ocurre en todo el país, sin embargo cuando se observa la mortalidad por cáncer se aprecia que el riesgo de morir por cáncer en Concón es menor que en otras comunas de la Región de Valparaíso. La Tabla 5 muestra lo antes señalado. En dicha tabla se construye un índice Mortalidad Observada (O)/Mortalidad Esperada (E) que corresponde a la Mortalidad promedio de todo Chile.

Este índice muestra cuanto en exceso (mayor a 1) o en menos (menor a 1) se encuentra la mortalidad respecto a la comparación con el país. Por ejemplo la Comuna de Valparaíso presenta un índice de 1,27, esto quiere decir que los habitantes de la Comuna de Valparaíso se mueren por Tumores en un 27% más que el promedio del país. Para Concón el índice muestra 0,83 que se puede interpretar como un 17% menos de muertes. Las muertes en “exceso” de Valparaíso, Casablanca, Puchuncaví y Viña del Mar no se pueden atribuir a algún factor ambiental, probablemente están comandadas por el mayor envejecimiento poblacional que presenta la Región de Valparaíso respecto del promedio del país.

¹³ O/E: Índice de Mortalidad Observada sobre la Esperada que corresponde al promedio nacional. Un índice >1 implica mayor riesgo que el nacional. Las tasas de Mortalidad utilizadas no están estandarizadas por lo que el riesgo en exceso observado pudiera explicarse, por lo menos en parte, por el envejecimiento poblacional de la Región de Valparaíso respecto del país.

Un estudio realizado por el Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile, a petición del Ministerio de Medio Ambiente investigó la exposición a BETEX de las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví. Encontrando que los niveles de esos compuestos estaban por debajo de los valores de referencia¹⁴, desestimando presencia de riesgo significativo para la población.

Tabla 7.8.- Valores de concentración de BETEX (µg/m³) para las estaciones de la comuna de Puchuncaví.

Estación	Comuna	Concentración de BETEX (µg/m³)			
		Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos ³
Hogar de Ancianos	Puchuncaví	1,7	7,6	2,1	6,9
La Greda	Puchuncaví	1,7	7,4	2,2	7,8
Los Maitenes	Puchuncaví	1,1	7,7	2,8	10,8
Horcón	Puchuncaví	1,5	9,2	2,3	5,6
Consultorio Puchuncaví	Puchuncaví	2,3	10,7	3,3	8,2
Interior-Puchuncaví	Puchuncaví	1,2	7,5	1,9	4,3
Mínimo		1,09	7,45	1,90	4,30
Máximo		2,35	10,66	3,27	10,80
Promedio		1,59	8,34	2,45	7,26

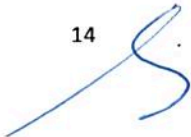
Fuente: "Evaluación de exposición ambiental a sustancias potencialmente contaminantes presentes en el aire, Comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví". CENMA 2013.

Podemos concluir por lo tanto que las emisiones de hidrocarburos detectadas en la cuenca de Puchuncaví- Quintero y Concón no estarían produciendo efectos sobre la cantidad de cánceres observados en la Comuna de Concón.

e. Participación de Refinería Aconcagua

Tomando en consideración que las concentraciones atmosféricas de CO y SO₂ no se asocian con las consultas respiratorias ni cardiovasculares, ni las de hidrocarburos con cánceres, se estimará sólo el efecto de las emisiones de óxidos de nitrógeno y material particulado sobre los problemas respiratorios. Esto pues para que un contaminante participe de la cadena causal que lleva a la aparición de enfermedad debe estar estadísticamente asociado con la enfermedad.

¹⁴ "Estas concentraciones son relativamente menores (**comparado con**) los niveles de contaminantes basados en riesgo, correspondientes a 3,0 µg/m³ para benceno; 5000 µg/m³ para tolueno; 1000 µg/m³ para etilbenceno y 100 µg/m³ para xilenos", página 143 del documento "Evaluación de exposición ambiental a sustancias potencialmente contaminantes presentes en el aire, Comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví". CENMA, Septiembre 2013.



Como se planteó en el ítem de metodología, la Refinería Aconcagua de ENAP no es la única responsable de las emisiones de NO_x ni de MP del área de la cuenca atmosférica que cubre a Concón o macrozona constituida por las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

La Tabla Nº 5 describe el Inventario de Emisiones de NO_x y MP₁₀ e indica que este complejo industrial participa en el 3,57 % de las emisiones de óxidos de nitrógeno y el 36,82% porcentaje que se usará para estimar la participación de la empresa en el número de consultas respiratorias de la Comuna de Concón.

Tabla 4 Importancia Relativa de las emisiones de NO_x y MP por distintas fuentes

Fuentes	Emisiones de MP ₁₀ (Toneladas/año)	Porcentaje del total (%)	Emisiones de NO _x (Toneladas/año)	Porcentaje del total (%)
AES Gener	351	17,66%	8557	71,87%
Codelco	286	14,39%	0	0,00%
ENAP	732	36,82%	425	3,57%
Otras Empresas	293,2	14,75%	281,9	2,37%
Acopios	48,2	2,42%	7,3	0,06%
Leña Residencial	106	5,33%	103	0,87%
Polvo	90	4,53%	0	0,00%
Quemas Agrícolas	1,5	0,08%	0,8	0,01%
Incendios Forestales	63,4	3,19%	14,6	0,12%
Otras Calderas	15,9	0,80%	5,7	0,05%
Total	1988	100,00%	11907	100,00%

Elaboración propia a partir de datos del Inventario de Emisiones utilizados para la Evaluación Económica, Año Base 2013¹⁵

Tomando en consideración la relación observada entre la concentración de **óxido de nitrógeno** y las consultas respiratorias totales en la Comuna de Concón en el período de estudio y la responsabilidad que le podría caber a la empresa en el total de las emisiones de la cuenca atmosférica se pudo estimar que entre 2 y 5 casos mensuales de los observados de consulta por enfermedad respiratoria podrían ser atribuidos a sus emisiones atmosféricas de NO_x (Tabla 5).

¹⁵ Ministerio de Medio Ambiente AGIES PPDA de las Comunas de Concón, Quinteros y Puchuncaví, 2016.

Tabla 5 Estimación de casos mensuales atribuibles a las emisiones de NOx ENAP Refinería Aconcagua

		Valor Estimado	Límite Inferior	Límite Superior
IRR		1,048200	1,028068	1,068726
AF = (RR-1)/RR		0,045983591	0,027301696	0,064306473
E= AF x B x P		98	58	137
Total de Consultas Respiratorias	25572			
Población Concón (P)	48778			
Prevalencia mensual (B)	4,37%			
ENAP	3,57%	3	2	5

Tabla 6 Estimación de Casos de Consultas Respiratorias, por causa de las excedencias a los límites permitidos de NO₂

	Casos atribuibles	Excedencia de RCA en NO ₂	
		B-240	URA2
2013	3 x 12 meses =36	3,2%	0,3%
2014	3 x 12 meses= 36	2,1%	0,3%
2015	3 x 12 meses = 36	1,8%	0,3%

	Casos por excedencias	Casos por Exceso en NO ₂	
		B-240	URA2
2013	36 x 0,032=	1,1	0,1
2014	36x 0,021 =	0,7	0,1
2015	36 x 0,018=	0,6	0,1
Total		2,4	0,3

Nota en Anexo cálculo del porcentaje de excedencia.

Como interesa estimar el exceso de casos debido a las excedencias en el límite de las emisiones permitidas, se estimaron que las emisiones en exceso produjeron un total de 3 casos atribuibles de consultas por enfermedad respiratoria durante los 3 años.

Con respecto al material particulado:

Tomando en consideración la relación observada entre la concentración de material particulado y las consultas respiratorias totales en la Comuna de Concón en el período de estudio y la responsabilidad que le podría caer a la empresa en el total de las emisiones de la cuenca atmosférica se pudo estimar que entre 2 y 5 casos mensuales de los observados de consulta por enfermedad respiratoria podrían ser atribuidos a sus emisiones atmosféricas de PM₁₀ (Tabla N° 7).

Tabla 7 Estimación de casos mensuales atribuibles a MP₁₀ a las emisiones de ENAP Refinería Aconcagua

		Valor Estimado	Límite Inferior	Límite Superior
IRR		1,00823000	1,00407700	1,01240000
AF = (RR-1)/RR		0,00816282	0,004060446	0,012248123
E= AF x B x P		9	5	14
Total de Consultas Respiratorias	25572			
Población Concón (P)	48778			
Prevalencia mensual (B)	4,37%			
ENAP	36,82%	3	2	5

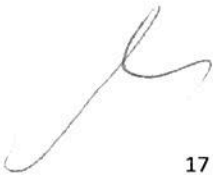
Tabla 8 Estimación de Casos de Consultas Respiratorias, por causa de las excedencias a los límites permitidos de PM₁₀

	Casos atribuibles	Excedencia de RCA en MP ₁₀ B-240
2013	3 x 12 meses = 36	0,1%
2014	3 x 12 meses = 36	0,1%
2015	3 x 12 meses = 36	0%

	Casos por excedencias	Casos por Exceso en MP ₁₀ B-240
2013	36 x 0,001 =	0,036
2014	36 x 0,001 =	0,036
2015	36 x 0,001 =	0,036
	Total	0,108

Nota en Anexo cálculo del porcentaje de excedencia.

Finalmente, como interesa estimar el exceso de casos debido a las excedencias en el límite de las emisiones permitidas, se estimaron que las emisiones en exceso produjeron un total de 0 casos atribuibles de consultas por enfermedad respiratoria durante los 3 años.



IV. CONCLUSION

Se realizó una estimación del impacto sobre la salud de los habitantes de la Comuna de Concón de las excedencias de emisiones atmosféricas de material particulado (MP10), monóxido de carbono (CO), anhídrido sulfuroso (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (HC) provenientes de la Planta ENAP Refinería Aconcagua para los años 2013 a 2015.

Los antecedentes científicos de los efectos sobre la salud descritos en la literatura internacional indican en general que el material particulado y los gases SO₂ y NO_x provocan aumento en las consultas de urgencia por Enfermedades Respiratorias y Cardiovasculares. Y, que algunos de los hidrocarburos volátiles pueden provocar cáncer.

Para determinar los factores de riesgo de las exposiciones, en este caso, se realizó una regresión de Poisson, con la información de las atenciones diarias del SAPU Concón y las mediciones registradas en el SINCA. Ambos registros públicos. También se compararon las tasas de mortalidad por cáncer entre Concón y el país, y las otras comunas de la Provincia de Valparaíso.

Dicho análisis indicó que solamente los óxidos de nitrógeno y el material particulado se asociaron a las consultas respiratorias. Ningún otro contaminante estuvo asociado con las consultas cardiovasculares.

Por lo que se puede concluir que:

- Las excedencias de emisiones por anhídrido sulfuroso no provocaron efectos cuantificables sobre la salud respiratoria ni cardiovascular de los habitantes de Concón.
- Tampoco se pueden atribuir casos de cáncer en exceso en la comuna por presencia de Hidrocarburos.
- Las excedencias de óxidos de nitrógeno podrían haber provocado un total de 3 casos de Consultas Respiratorias en exceso durante los años 2013, 2014 y 2015. **Esta cifra es conservadora** pues este número con alta probabilidad se encuentra sobre estimado, pues se consideró para su cálculo que las emisiones de NO_x se encuentran asociadas con todo tipo de consulta respiratoria, incluyendo casos de influenza, neumonías, resfriados comunes, faringo amigadalis, etc. en las que la etiología viral o bacteriana es la causa principal y necesaria para su aparición, no así la presencia del óxido de nitrógeno que actúa solamente como un irritante de la vía aérea.
- Las excedencias de material particulado no alcanzarían a provocar casos de consulta respiratoria en exceso durante los años 2013, 2014 y 2015.

Dra. Patricia Matus Correa

RCM 14826/1

RUT 6753731-9

V. ANEXO

Tabla 7 Calculo de porcentaje de excedencia emisiones, año 2013-2015, Contaminantes NOx

ZON	2013												2014				2015				ZON
	Ton/año	Límite RCA Ton/año	Δ Emisión Ton/año	Δ Emisión Ton/año	Ton/año	Límite RCA Ton/año	Δ Emisión Ton/año	Δ Emisión Ton/año	Ton/año	Límite RCA Ton/año	Δ Emisión Ton/año	Ton/año	Límite RCA Ton/año	Δ Emisión Ton/año	Ton/año	Límite RCA Ton/año	Δ Emisión Ton/año				
B-240	78,33	40,48	37,85	3,2%	62,76	40,48	22,28	2,1%	60,6	40,48	20,12	1,8%									
URA2	3,45	0,00	3,45	0,3%	3,41	0,00	3,41	0,3%	3,2	0,00	3,2	0,3%									
ERA	1195,4	-			1074,12	-			1118,08	-											

Fuente: ENAP Refinería.