



Gobierno de Chile
Comisión Nacional
del Medio Ambiente

**RESUMEN DEL INFORME FINAL
"DIAGNOSTICO Y MONITOREO DE LA
CALIDAD DEL AIRE EN LAS COMUNAS DE
ARICA E IQUIQUE"
AÑO 2005**

**UNIDAD CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
CONAMA REGION TARAPACÁ**

DICIEMBRE 2006

RESUMEN

Durante el año 2005, la Dirección Regional de CONAMA, como Unidad Técnica ejecutó el Estudio Básico: "Diagnóstico y Monitoreo de la Calidad del Aire en las Comunas de Arica e Iquique", Código BIP 30003552. Los fondos de este estudio fueron proporcionados por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional, año presupuestario 2005.

La empresa a cargo de la ejecución del estudio fue SETEC Ltda., la cual tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Santiago.

El objetivo principal del estudio es "dimensionar y caracterizar la calidad del aire en las ciudades de Arica e Iquique". Además, comparar los resultados obtenidos con el estudio anterior "Proyecto COSUDE" de los años 1997-1998, para el caso de la ciudad de Iquique.

Para el monitoreo de PM-10, en ambas ciudades, se emplazaron en distintos lugares monitores semiautomáticos de bajo volumen del tipo exploratorio-diagnóstico (Harvard Impactors), los que permitieron mediciones de Material Particulado PM 10 y PM 2.5, de los cuales se realizaron especiaciones químicas para Arsénico, Zinc y Plomo. Además fue posible medir a través de la técnica de Tubos Pasivos las concentraciones de los gases, NO₂, SO₂, O₃ y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV o BTEX).

Los resultados obtenidos fueron comparados con Normativa Chilena, en primera instancia, y con normas de la Comunidad Europea, o con valores recomendados por la OMS.

Las principales conclusiones son las siguientes:

1. Para ambas ciudades, los valores de las concentraciones anuales calculadas para NO₂, SO₂ y O₃ no superan las normas referenciadas.
2. Para el caso de las concentraciones de Xileno (trimetilenceno), Etilbenceno, y Tolueno (metilbenceno), las normas anuales referenciadas no son superadas, siendo mínimas las concentraciones de los compuestos en el aire.
3. Los resultados de las concentraciones de Benceno en ambas ciudades, son muy cercanas a la norma de la Comunidad Europea, presentando Iquique para el sitio permanente un valor de 5.4 [µg/m³N] y para Arica de 3.3 [µg/m³N].
4. Para PM 10, los valores del sitio Villa la Portada (VLP) y Hospital (HOS), fueron cercanos a la norma diaria de 150 [µg/m³N]. Los promedios de estos dos sitios fueron los más altos de la ciudad de Iquique, siendo VLP el mayor promedio, sobrepasando el valor de la norma tri-anual (54.1 [µg/m³N]). En la ciudad de Arica los valores obtenidos fueron menores que los de Iquique, siendo los promedios más altos el sitio EDE (44.7 [µg/m³N]) y CAS (40.6 [µg/m³N]).
5. De los filtros especiados se analizaron las concentraciones de Arsénico (As), Zinc (Zn) y Plomo (Pb). De estos tres elementos, el más preocupante es el Arsénico, dadas las concentraciones obtenidas; en la ciudad de Arica en la fracción PM-10, es 5 veces mayor a la referida en la norma (6 [ng/m³N]) aplicada. Los otros elementos restantes no afectan la calidad del aire en ambas ciudades.

Índice General

RESUMEN	2
Índice de Gráficos:.....	5
1. Antecedentes Generales.....	7
1.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL ESTUDIO.	7
2. Objetivos del Estudio.....	8
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3. Actividades efectuadas durante la Campaña de Monitoreo efectuado año 2005 en Iquique y Arica.....	8
4. Descripción de los Sitios de Medición Calidad del Aire y Meteorología Ciudad de Iquique y Arica.	9
4.1 GENERALIDADES SELECCIÓN DE LOS SITIOS CIUDAD DE IQUIQUE Y ARICA.	9
4.2 CRITERIOS DE EMPLAZAMIENTO.	9
4.2.1 Consideraciones Generales para el emplazamiento de una Estación Monitora de Calidad del Aire y Variables Meteorológicas.	9
4.2.2 Objetivos de Medición Propuestos.	11
4.3 DESCRIPCIÓN DE LUGARES DE EMPLAZAMIENTO DE EQUIPOS Y SENSORES CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA CIUDAD DE IQUIQUE.	12
4.4 DESCRIPCIÓN DE LUGARES DE EMPLAZAMIENTO DE EQUIPOS Y SENSORES CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA CIUDAD DE ARICA.	19
5.1 MUESTREOS PROGRAMADOS REFERIDOS A GASES Y MATERIAL PARTICULADO.....	26
5.2 RESULTADOS PERIODO DE ENERO A DICIEMBRE DE 2005 IQUIQUE Y ARICA.....	27
5.2.1 Resultados de mediciones meteorológicas Iquique y Arica.....	27
5.2.2 Resultados de mediciones de gases y partículas en Iquique y Arica.....	29
5.2.2.1 Resultados de mediciones de gases y partículas en Iquique.	29
5.2.2.2 Resultados de Mediciones de Gases y Material Particulado en Arica.	45
5.2.3 Resultados de Especiación Química Partículas PM2.5 y PM10.....	53
6. Conclusiones.....	61
6.1 CONCLUSIONES IQUIQUE.....	61
6.2 CONCLUSIONES ARICA.....	62
7. Recomendaciones.....	63
7.1 RECOMENDACIONES IQUIQUE.....	63
7.2 RECOMENDACIONES ARICA.	63
8. Bibliografía.....	64

Índice de Tablas

Tabla 1: Relación entre el tipo de antecedente y la actividad u objetivo a desarrollar.....	9
Tabla 2: Programa de muestreo de la ciudad de Arica.....	26
Tabla 3: Programa de muestreo de la ciudad de Iquique.....	26
Tabla 4: Sitios comparativos en los estudios 1997-1998 y 2005 para el gas NO ₂	31
Tabla 5: Sitios comparativos en los estudios 1997-1998 y 2005 para el gas SO ₂	34
Tabla 6. Comparación estimativa del cumplimiento del valor de la norma 24 Horas PM10 sitios Medición Material Particulado. Iquique - 2005.....	39
Tabla 7. Comparación estimativa del cumplimiento del valor referencia EPA 24 Horas PM2.5 sitio 10 (HOS) Medición Material Particulado 2.5 Iquique - 2005.....	39
Tabla 8. Comparación con el valor norma anual del Material Particulado PM10 sitios de medición ciudad de Iquique. Periodo Enero a Diciembre 2005.	40
Tabla 9: Sitios comparativos en los estudios 1997-1998 y 2005 para el gas SO ₂	41
Tabla 10. Comparación de referencia anual con TNRCC (Texas Natural Resource Conservation Comision) con las mediciones efectuadas en la ciudad de Iquique año 2005.	44
Tabla 11. Comparación estimativa del cumplimiento del valor de la norma 24 Horas PM 10 sitios medición Material Particulado. Arica - 2005.	51
Tabla 12. Comparación estimativa del cumplimiento del valor referencia EPA 24 Horas PM2.5 sitio (CAS) medición Material Particulado 2.5 Arica - 2005.	51
Tabla 13. Comparación con el valor norma anual del Material Particulado PM10 sitios de medición ciudad de Arica. Periodo Enero a Diciembre 2005.	51
Tabla 14 Comparación referencial anual TNRCC con los promedios obtenidos de los sitios de monitoreo en la ciudad de Arica. Enero – Diciembre 2005.	53
Tabla 15. Selección de muestras para especiación Química en las ciudades de Arica y de Iquique durante el periodo estival.....	55
Tabla 16. Selección de muestras para especiación Química en las ciudades de Arica y de Iquique durante el periodo invernal.	55
Tabla 17. Comparación promedio anual referencial del cumplimiento del valor de la Norma Anual del Plomo en PM10 y comparación referencial para el PM2.5. Iquique - 2005.	56
Tabla 18 Comparación promedio anual referencial del cumplimiento del valor de la Norma Anual del Plomo en PM10 y comparación referencial para el PM2.5. Arica - 2005.	57
Tabla 19 Comparación referencial Norma Anual de Arsénico en PM10 y comparación referencial para el PM 2.5 Iquique –2005.....	58
Tabla 20: Comparación referencial, Norma Anual de Arsénico en PM10 y PM2.5, Arica - 2005.	59
Tabla 21: Comparación referencial Norma Anual de Zinc PM10 y Comparación referencial para el PM2.5. Iquique - 2005.	60
Tabla 22: Comparación referencial, Norma Anual de Zinc PM10 y PM2.5, Arica - 2005.	60

Índice de Gráficos:

Gráfico 1: Comportamiento Promedio Diario de Temperatura v/s Humedad relativa Sitio 5 (INP) Ciudad de Iquique. Marzo - Diciembre 2005.	27
Gráfico 2: Comportamiento Promedio de la Temperatura v/s Humedad relativa Sitio 3 Casino de Arica(CAS) Ciudad de Arica. Marzo - Diciembre 2005.	27
Gráfico 3: Rosa de Frecuencia en Porcentaje (%) Sitio 3 Casino Arica(CAS) Ciudad de Arica. Marzo - Diciembre 2005.	28
Gráfico 4: Rosa de Magnitudes (m/s) Sitio 3 Casino Arica(CAS) Ciudad de Arica. Marzo - Diciembre 2005.....	28
Gráfico 5: Rosa de Frecuencia en Porcentaje (%) Sitio 5 INP (INP) Ciudad de Iquique. Marzo - Diciembre 2005.	29
Gráfico 7. Comportamiento Mensual del Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) Sitios de Medición Ciudad de Iquique (Enero-Diciembre 2005).....	30
Gráfico 8: Comparación de promedios anuales de NO ₂ obtenidos en el proyecto COSUDE 1997-1998 versus Estudio Básico 2005.	32
Gráfico 9. Comportamiento Mensual del Dióxido de Azufre (SO ₂) Sitios de Medición Ciudad de Iquique. Enero a Diciembre 2005.....	33
Gráfico 10: Comparación de promedios anuales de SO ₂ obtenidos en el proyecto Cosude 1997-1998 versus Estudio Básico 2005.	34
Gráfico 11: Comparación de promedios anuales de O ₃ obtenidos en el proyecto Cosude 1997-1998 versus Estudio Básico 2005.	35
Gráfico 12. Comportamiento Mensual del Ozono (O ₃) Sitios de Medición Ciudad de Iquique. Enero a Marzo y Octubre a Diciembre del 2005.....	36
Grafico 13. Comportamiento 24 Horas del Material Particulado PM10 Sitios de Medición Ciudad de Iquique Periodo Enero a Diciembre 2005.....	38
Gráfico 14: Comparación de Normas ambientales con las mediciones registradas en el periodo 2005 en el sitio permanente (Hospital) de la ciudad de Iquique para material particulado PM10 y PM 2.5.	39
Gráfico 15: Comparación de promedios anuales de material particulado obtenidos en el proyecto COSUDE 1997-1998 versus Estudio Básico 2005.....	41
Gráfico 16. Comportamiento Mensual del Benceno Sitio 5 (INP) y Sitio 9 (BCI) Comparándolo con Norma Anual Comunidad Europea (CAFE). Iquique-2005.....	44
Grafico 17. Comportamiento Mensual del Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) Sitios de Medición Ciudad de Arica. Periodo Enero a Diciembre 2005.	45
Gráfico 18. Comportamiento Mensual del Dióxido de Azufre (SO ₂) Sitios de Medición Ciudad de Arica (Enero a Diciembre 2005).	46
Gráfico 19. Comportamiento Mensual del Ozono (O ₃) Sitios de Medición Ciudad de Arica, (Enero a Marzo y Octubre a Diciembre 2005).	48
Gráfico 20. Comportamiento Diario (24 Horas) del Material Particulado PM10 Sitios de Medición Ciudad de Arica Periodo Enero a Diciembre 2005.....	50
Gráfico 21. Comportamiento Diario (24 Horas) del Material Particulado PM10/PM2.5 Sitio 3. Casino de Arica (CAS) Ciudad de Arica Periodo Enero a Diciembre 2005.	50

Gráfico 22. Comportamiento Mensual del Benceno Sitio 2 (SER) y Sitio 12 (EME) Comparándolo con Norma Anual Comunidad Europea (CAFE). Arica-2005. 52

Índice de Figuras y Fotos:

Figura 1: Localización de monitores en la ciudad de Iquique. 12

Figura 2: Localización de los monitores en la ciudad de Arica. 19

Fotografía 1: Lugar de emplazamiento de Monitor CAV para medición de O₃. 13

Fotografía 2: Lugar de emplazamiento de Monitor VLP para medición de O₃ y Material Particulado PM 10. 13

Fotografía 3: Lugar de emplazamiento de Monitor QBL para medición de NO₂ y SO₂. 14

Fotografía 4: Lugar de emplazamiento de Monitor AGR para medición de NO₂ y SO₂. 15

Fotografía 5: Lugar de emplazamiento de Monitor INP Sitio Permanente para BTEX, NO₂, SO₂ y Meteorología; Secuencial para PM10. 15

Fotografía 6: Lugar de emplazamiento de Monitor ZOF Sitio Secuencial para Gas NO₂ y SO₂. 16

Fotografía 7: Lugar de emplazamiento de Monitor ACC Sitio Secuencial para Gas O₃. 16

Fotografía 8: Lugar de emplazamiento de Monitor ECH Sitio Secuencial para Gas NO₂ y SO₂ y para PM 10. 17

Fotografía 9: Lugar de emplazamiento de Monitor BCI Sitio Secuencial para Gas NO₂, SO₂ y BTEX. 18

Fotografía 10: Lugar de emplazamiento de Monitor HOS Sitio Permanente para PM 10 y PM 2.5 y Secuencial para Gases NO₂ y SO₂. 18

Fotografía 11: Lugar de emplazamiento de Monitor JLL Sitio secuencial para O₃ y PM 10. 20

Fotografía 12: Lugar de emplazamiento de Monitor SER Sitio Permanente para NO₂, SO₂ y BTEX. 20

Fotografía 13: Lugar de emplazamiento de Monitor CAS Sitio Permanente para PM10 / PM2.5, Meteorología y Secuencial para NO₂ y SO₂. 21

Fotografía 14: Lugar de emplazamiento de Monitor ESD Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂ y para PM10. 21

Fotografía 15: Lugar de emplazamiento de Monitor EJA Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂. 22

Fotografía 16: Lugar de emplazamiento de Monitor SAU Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂. 22

Fotografía 17: Lugar de emplazamiento de Monitor CMI Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂. 23

Fotografía 18: Lugar de emplazamiento de Monitor FRI Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂. 23

Fotografía 19: Lugar de emplazamiento de Monitor HAR Sitio Secuencial para O₃. 24

Fotografía 20: Lugar de emplazamiento de Monitor ITA Sitio Secuencial para O₃. 24

Fotografía 21: Lugar de emplazamiento de Monitor EDE Sitio Secuencial para PM 10. 25

Fotografía 22: Lugar de emplazamiento de Monitor EME Sitio Secuencial para BTEX. 25

1. Antecedentes Generales.

1.1 Antecedentes Generales del Estudio.

Las ciudades de Arica e Iquique presentan variadas fuentes de emisiones fijas y móviles, tanto de gases como de Material Particulado, que contienen sustancias contaminantes que en altas concentraciones dañan la salud de la población. Si estos contaminantes superan las normas de referencias, pueden presentar una Zona Latente y/o Zona Saturada, donde se debería aplicar un Plan de Prevención y/o Descontaminación.

Cabe destacar que la ciudad de Iquique mantiene una alta congestión vehicular en la zona centro de la ciudad, donde se suman otros gases provenientes de las industrias ubicadas en el norte y de centro de la ciudad. Estos contaminantes y aerosoles elevan la concentración de elementos dañinos en los componentes naturales del aire.

Del estudio realizado con la cooperación de la Corporación Suiza para el Desarrollo, COSUDE, en los años 1997 y 1998, se seleccionaron 5 sitios de monitoreo, donde fueron emplazados equipos de medición de Material Particulado Semi-continuo del tipo Harvard Impactors (HI). En cuatro de estos sitios se realizaron mediciones de Material Particulado, fracción menor a 10 micrones (PM10), y en el quinto sitio se muestrearon las fracciones menor a 10 micrones (PM10) y menor a 2.5 micrones (PM2.5) en paralelo. Las muestras fueron tomadas cada 3 días. Los resultados finales arrojados por este estudio demostró que en algunos sitios de monitoreo para determinados días, se alcanzaron valores muy cercanos o sobrepasaron los límites establecidos por la Norma Chilena para el PM10 de 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

Por otro lado, en la ciudad de Arica, el proceso de carga y descarga de minerales a granel originarios de Bolivia, están causando variados impactos ambientales a la calidad del aire, del suelo y de los recursos hidrobiológicos. La localización del puerto a escasos metros del centro comercial y político de la ciudad, densifican la población circulante con grandes riesgos para la salud de la población. El hecho que el centro de la ciudad se localice en torno al puerto, el transporte vehicular, provoca una congestión en las principales vías de circulación del centro. Finalmente, esta ciudad se caracteriza por un régimen de vientos importante en determinadas horas en dirección sur-norte. Esta característica meteorológica unida a la presencia de los cerros y sus características, localizados en la cadena oeste-este que nace en el morro, esparce en la ciudad una gran cantidad de Material Particulado que se suma a las fuentes fijas que emiten de manera regular aerosoles (pesqueras, asadurías, panaderías, etc.), por lo que hace indispensable un monitoreo para conocer los niveles básicos en que se encuentra esta ciudad.

Considerando que las fuentes emisoras han aumentado y no existe un control sistemático de las mismas, tanto en Arica como en Iquique, existe la percepción de que la Calidad del Aire ha empeorado, como también el riesgo para la salud de la población, los efectos sobre los recursos naturales (agua, aire, suelo) y el patrimonio cultural (edificios, monumentos) de las principales ciudades de la Región (impacto primario y secundario de la contaminación atmosférica), sumado a lo anterior, los costos económicos asociados.

2. Objetivos del Estudio

2.1 Objetivo General

Dimensionar y caracterizar la calidad del aire en las ciudades de Arica e Iquique.

2.2 Objetivos Específicos

- 1) Desarrollar una metodología de manera que permita identificar los contaminantes específicos programados.
- 2) Conocer los niveles de contaminación de manera que permita deducir las distintas fuentes y procesos industriales responsables de la contaminación.
- 3) Comparar los resultados obtenidos con las normas de calidad del aire de Chile y estándares internacionales.
- 4) Elaborar una propuesta de gestión para resolver los problemas detectados, si corresponde.
- 5) Desarrollar la capacidad técnica a nivel inter-institucional en la Región en materia de calidad del aire.
- 6) Formar conciencia y participación de la comunidad en la resolución de los problemas ambientales a través de la información de las etapas y resultados del estudio básico.
- 7) Establecer una línea de base de los principales contaminantes de la calidad del aire.
- 8) Diseñar una red de monitoreo continuo si corresponde.

3. Actividades efectuadas durante la Campaña de Monitoreo efectuado año 2005 en Iquique y Arica.

Son presentadas en este Informe Final las principales actividades programadas y realizadas durante las campañas de monitoreo efectuadas en la ciudad de Iquique y Arica durante el año 2005.

- a) Identificación de los sitios de emplazamiento de los monitores.
- b) Instalación de monitores en los sitios seleccionados.
- c) Toma de muestra según programación y envío de éstas la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción para su análisis correspondiente.
- d) Instalación, medición y revisión 2 a 3 veces por semana de estaciones meteorológicas y rescate de datos 1 vez por semana Enero a Diciembre 2005.
- e) Selección de muestras para especiación Química en el Material Particulado PM_{2.5}/PM₁₀, y envío al Laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción. Presentación de resultados.
- f) Preparación de bases de datos de variables meteorológicas y parámetros en estudio, validación de información y generación de planillas, gráficos y estadísticas básicas.
- g) Programación y retiro de equipos propiedad de CONAMA Nacional antes del cumplimiento de plazos e ingreso de equipos por Aduana (Enero de 2006).

4. Descripción de los Sitios de Medición Calidad del Aire y Meteorología Ciudad de Iquique y Arica.

4.1 Generalidades Selección de los Sitios Ciudad de Iquique y Arica.

Antes de comenzar a evaluar los sitios para el emplazamiento de los monitores se debe tener en cuenta el tipo de antecedente que se tiene, y el objetivo de la actividad a desarrollar.

Tabla 1: Relación entre el tipo de antecedente y la actividad u objetivo a desarrollar.

Tipo de Antecedente	Actividad Objetivo
Descripción General del Estudio	" Monitoreo de Calidad del Aire en las ciudades de Iquique y Arica" - Dimensionar y caracterizar la Calidad del Aire en las ciudades de Arica e Iquique ubicadas en la I Región de Chile.
Análisis del Régimen de Vientos	Definición del Área de Influencia del Estudio.
Criterios de emplazamiento Autoridades Secretaría Regional Ministerial de Salud de la I Región (SEREMI de Salud) y CONAMA I Región.	Indicar los criterios de emplazamiento para cada una de las estaciones.
Objetivo de medición	Objetivo de Medición: Autoridades deben : Evaluar la Calidad del Aire en la ciudad de Iquique y Arica, asociado a las mediciones de algunas variables meteorológicas a nivel superficial para un mejor entendimiento de las mediciones efectuadas. Evaluar la Calidad del Aire y Meteorología con objetivos de medición aplicables a representatividad poblacional.
Visitas a Terreno	Levantamiento de información relevante para el emplazamiento de los sensores y equipos de medición de Calidad del Aire y Meteorología.

4.2 Criterios de Emplazamiento.

4.2.1 Consideraciones Generales para el emplazamiento de una Estación Monitora de Calidad del Aire y Variables Meteorológicas.

Los criterios de emplazamiento deben estar en función a:

1. Objetivos claros de medición propuestos.

2. Que las mediciones entreguen información relevante para entender el problema ambiental de la ciudad y su entorno próximo. La retroalimentación de los resultados, tanto para la etapa de seguimiento de las mediciones efectuadas en la ciudad de Iquique como etapa de diagnóstico en la ciudad de Arica, nos ayudará para:
 - Conocer e implementar un sistema de vigilancia de Calidad del Aire tanto para Iquique como para Arica.
 - Evaluar los efectos (hombre-ambiente-otros).
 - La aplicación de medidas de mitigación dado los resultados obtenidos.
 - Complementación de las mediciones existentes de Calidad del Aire a nivel de la Región.
 - Contribución de información para establecer regulaciones específicas asociadas a fuentes y otros.

Dicho lo anterior, resulta relevante detenerse y definir muy bien este objetivo de medición y considerar además que los "lugares" y su entorno son dinámicos en el tiempo y pueden a corto, mediano o largo plazo cambiar, por lo tanto, los criterios de emplazamiento y los objetivos de medición deben ser reevaluados en el tiempo. Esta reevaluación de los criterios de emplazamiento estarán dados mayoritariamente por las características del entorno u otro tipo de decisiones (por ejemplo, construcción de megaproyectos, núcleos habitacionales cercanos, emplazamientos de industrias y otros factores). Dada la importancia de un buen emplazamiento de las estaciones de monitoreo, para un adecuado funcionamiento del sistema de medición implementado deben considerarse aspectos de representatividad espacial, criterios generales para las estaciones específicas y criterios específicos según tipo de estación (objetivos de medición).

La representatividad espacial de una estación corresponde a aquella característica que define y caracteriza a la estación en un área definida en cuanto a rangos de distancias definidos, siendo los resultados de las mediciones efectuadas en cualquier punto del área representada similar a las mediciones puntuales del sitio en el cual fue emplazada la estación. (que los criterios de ubicación se cumplan en cuanto a distancias, fuentes cercanas y otros).

Al momento de seleccionar un lugar o sitio de medición de Calidad del Aire y Meteorología debe considerarse al menos los siguientes aspectos:

1. Que el lugar cuente o tenga acceso a suministro de energía eléctrica que garantice un óptimo funcionamiento durante las mediciones con exigencia de calidad dada por los requerimientos técnicos de cada equipamiento, y por los sistemas de comunicación. Considerar un margen de 20% de capacidad en caso de instalar otros equipos o sistemas.
2. Contar con accesos tanto para la implementación de la estación como para los operadores y encargados. Estos accesos deben ser seguros tanto para los equipos, estación y personas para no correr riesgos innecesarios, y prevenir los robos y actos vandálicos.
3. Al momento de seleccionar el sitio establecer un "área libre" de 50 (m) de radio. El "área libre" como el sitio mismo de emplazamiento de la estación, no debiera modificar su entorno como plazo mínimo de 5 años. En caso contrario si el sitio

establece a priori futuras modificaciones del entorno, deberán ser enumeradas y evaluados los potenciales cambios y re-evaluar la representatividad de la(s) estación(es), al menos 1 vez al año, o cuando lo ameriten dado las indicaciones antes mencionadas. Por modificaciones del entorno podemos considerar la construcción de edificaciones, plantaciones de árboles de gran altura, instalación de algún tipo de fuente fija o modificación de ejes viales.

4. Implementar alrededor de la estación, por motivos de seguridad principalmente, un cierre perimetral de 3 a 4 metros (reja) como mínimo y como máximo de 10 metros, con el objeto de restringir la entrada a personas ajenas y de vehículos que obstaculicen o perturben las mediciones (zona de restricción).
5. La medición del flujo de aire del contaminante no debe estar bloqueado, por lo tanto, debe verificarse el área de 500 m a la redonda de la estación, si existieran obstáculos de mayor tamaño, deberán estar a una distancia de 5 veces la altura que superan a la toma de muestra. Si el obstáculo no cumple con este criterio, ellos deben estar a una distancia superior a 2 veces la altura por la que superan a la toma de muestra y en total no cubrir más de 90% del flujo de aire.
6. Distancia a fuentes de contaminación. Se definen 2 tipos de fuentes, fijas y móviles. Para el caso de las fuentes fijas, la estación debe estar a una distancia de 30 metros de cualquier chimenea residencial y debe estar a una distancia adecuada para cualquier otra fuente cercana que no cause una perturbación significativa en las mediciones, (por ejemplo chimeneas de procesos industriales, concentración de procesos de descomposición orgánica, calderas industriales, residenciales y otras). En relación a la distancia de fuentes móviles esta se aplicará en base a la distancia de la estación respecto a calles cercanas y la "zona de restricción" mencionada anteriormente en el punto 5. La determinación de la distancia entre la estación y una calle o vía (distancia al tráfico vehicular), estará determinada por intensidad y características de la calle o vía (tamaño y material de construcción), y por el contaminante prioritario a medir el cual estará por sobre el resto de los otros contaminantes en caso de no cumplir con este criterio.
7. Mediciones meteorológicas referidas al viento. Para este tipo de mediciones también es aplicable e imperativo que no existan obstáculos. Para este tipo de mediciones son utilizadas torres con suficiente altura que permiten una buena exposición de los sensores meteorológicos. En caso de que exista un obstáculo, la torre meteorológica debe emplazarse a una distancia mayor a 10 veces la altura del obstáculo o sobrepasando. La altura esta dada por posición del sensor de velocidad y dirección del viento respecto al suelo o superficie del obstáculo.

4.2.2 Objetivos de Medición Propuestos.

Evaluar la Calidad del Aire en la ciudad de Iquique y Arica en función a la selección de sitios con criterios de Representatividad Poblacional. Evaluar el impacto de fuentes móviles asociadas a las mediciones de algunas variables meteorológicas de nivel superficial para un mejor entendimiento de las concentraciones que fueron registradas.

4.3 Descripción de lugares de emplazamiento de equipos y sensores Calidad del Aire y Meteorología Ciudad de Iquique.

En las siguientes imágenes se muestran los sitios donde fueron instalados los equipos correspondientes al monitoreo de Material Particulado fracción PM10 y PM2.5, Tubos Pasivos para Gases (NO₂, SO₂, O₃ y BTEX) y Sensores Meteorológicos en la ciudad de Iquique.

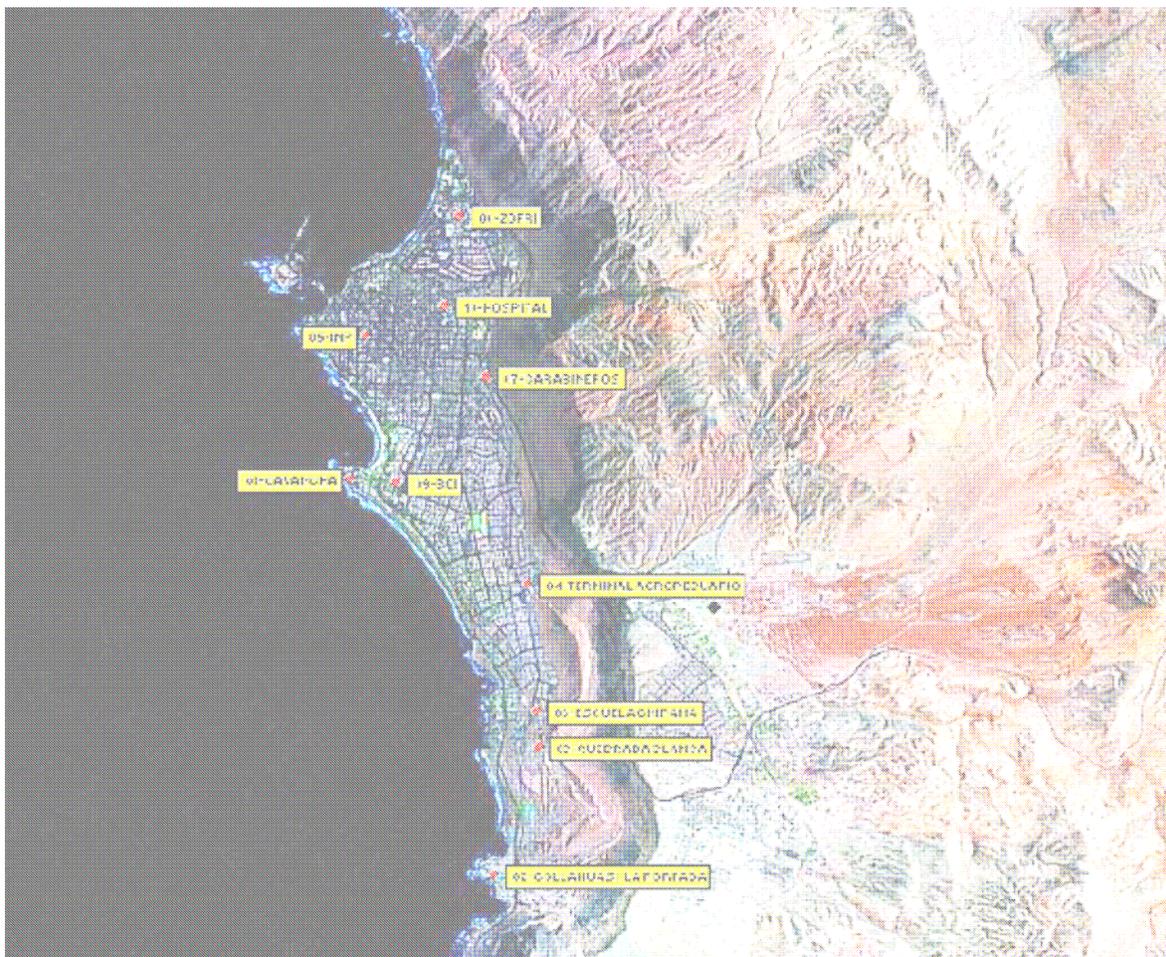


Figura 1: Localización de monitores en la ciudad de Iquique.

A continuación se detallan los sitios de monitoreo en la ciudad de Iquique.

Sitio # 1: CAV: Península de Cavanha.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos de O ₃ instalados en un poste de alumbrado público en la Península de Cavanha (CAV).	- Gas Ozono (O ₃)	Permanente para Gas O ₃ .	Santa Coloma Farms # 0704 (CAV).Iquique.



Fotografía 1: Lugar de emplazamiento de Monitor CAV para medición de O₃.

Sitio # 2.: VLP: Villa la Portada.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Equipos Partículas PM10 y Tubo Pasivo O ₃ , instalados al interior Villa La Portada (VLP).	- Material Particulado PM10 - Gas Ozono (O ₃).	Secuencial para PM10 y Gas O ₃ .	Avda. Arturo Prat # 4775. Bajo Molle Villa La Portada. Iquique.



Fotografía 2: Lugar de emplazamiento de Monitor VLP para medición de O₃ y Material Particulado PM 10.

Sitio # 3: QBL: Quebrada Blanca.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos NO ₂ y SO ₂ instalados en un poste de alumbrado público al interior del Pasaje Azurita sector Quebrada Blanca (QBL).	- Gases NO ₂ y SO ₂ .	Secuencial para Gases NO ₂ y SO ₂ .	Pasaje Azurita frente al # 4210. Quebrada Blanca (QBL). Iquique

Fotografía 3: Lugar de emplazamiento de Monitor QBL para medición de NO₂ y SO₂.**Sitio # 4: AGR: Terminal Agropecuario.**

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos para NO ₂ y SO ₂ instalados en poste de la rotisería Lolita sector Terminal Agropecuario de Iquique (AGR).	- Gases NO ₂ y SO ₂ .	Secuencial para Gases NO ₂ y SO ₂ .	Terminal Agropecuario. Iquique. Centro Oriente Iquique



Fotografía 4: Lugar de emplazamiento de Monitor AGR para medición de NO₂ y SO₂.

Sitio # 5: INP: Instituto de Normalización Previsional.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Equipos para Partículas PM10, Tubos Pasivos NO ₂ y SO ₂ , Meteorología y sistema de recolección de datos, instalados en la terraza del INP.	<ul style="list-style-type: none"> - Material Particulado PM10 - Gases NO₂, SO₂ y BTEX - Medición de Variables meteorológicas: Temperatura, Humedad Relativa, Velocidad y Dirección del Viento. 	Permanente para BTEX, NO ₂ , SO ₂ y Meteorología; Secuencial para PM10.	Ramírez # 500. INP. Iquique.



Fotografía 5: Lugar de emplazamiento de Monitor INP Sitio Permanente para BTEX, NO₂, SO₂ y Meteorología; Secuencial para PM10.

Sitio # 6: ZOF: Zofri

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos para NO ₂ y SO ₂ instalados en un poste de alumbrado publico al interior de la Zofri (ZOF).	- Gases NO ₂ y SO ₂ .	Secuencial para Gases NO ₂ y SO ₂ .	Centro de Convenciones ZOFRI (ZOF). Iquique.



Fotografía 6: Lugar de emplazamiento de Monitor ZOF Sitio Secuencial para Gas NO₂ y SO₂.

Sitio # 7: ACC : Garita de Carabineros acceso Oriente.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos para O ₃ instalados en un borde de la garita de Carabineros acceso Oriente Iquique (ACC).	- Gas Ozono (O ₃)	Secuencial para Gas O ₃ .	Garita de Carabineros acceso Oriente Ruta # A-16 (ACC).Iquique.



Fotografía 7: Lugar de emplazamiento de Monitor ACC Sitio Secuencial para Gas O₃.

Sitio # 8: ECH: Escuela Chipana.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Equipos instalados: Harvard Impactors (HI) para PM10 y Tubos Pasivos NO ₂ /SO ₂ . Instalados al interior de la Escuela Chipana (ECH). Por seguridad se construye una "estructura de protección" donde también fue dejado el shelter para soporte de Tubos Pasivos.	- Material Particulado PM10 - Gases NO ₂ y SO ₂	Secuencial para PM10 y Gases NO ₂ y SO ₂ .	Avda Chipana # 2774. Iquique.



Fotografía 8: Lugar de emplazamiento de Monitor ECH Sitio Secuencial para Gas NO₂ y SO₂ y para PM 10.

Sitio # 9: BCI: Banco BCI sucursal Tadeo Haenke.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos NO ₂ , SO ₂ y BTEX instalados al interior del Banco BCI.	- Gases NO ₂ , SO ₂ y BTEX.	Secuencial para Gases NO ₂ , SO ₂ y BTEX.	Tadeo Haenke # 1690. Banco BCI. Iquique.



Fotografía 9: Lugar de emplazamiento de Monitor BCI Sitio Secuencial para Gas NO₂, SO₂ y BTEX.

Sitio # 10: HOS: Hospital Iquique.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Equipos para Partículas PM10 – PM 2.5 y Tubos Pasivos, instalados al interior de Hospital (HOS) de Iquique.	- Material Particulado PM10 y PM2.5 - Gases NO ₂ y SO ₂	Permanente para PM10 y PM2.5 y Secuencial para Gases NO ₂ y SO ₂	Héroes de la Concepción # 502. Iquique.



Fotografía 10: Lugar de emplazamiento de Monitor HOS Sitio Permanente para PM 10 y PM 2.5 y Secuencial para Gases NO₂ y SO₂.

4.4 Descripción de lugares de emplazamiento de equipos y sensores Calidad del Aire y Meteorología Ciudad de Arica.

Las siguientes imágenes muestran los sitios donde fueron instalados los equipos correspondientes al monitoreo de Material Particulado fracción PM10 y PM2.5, Tubos Pasivos de Gases (NO₂, SO₂, O₃ y BTEX) y sensores meteorológicos en la ciudad de Arica.



Figura 2: Localización de los monitores en la ciudad de Arica.

A continuación se detallan los sitios correspondientes a los emplazamientos de los monitores.

Sitio # 1: JLL: Junta Vecinal los Laureles

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos O ₃ y Equipo de Partículas PM10 instalados al interior de la Junta Vecinal Los Laureles (JLL).	- Gases O ₃ y PM10.	Secuencial para Gas O ₃ y Partículas PM10.	Calle Cocharcas # 1678 (JLL). Arica.



Fotografía 11: Lugar de emplazamiento de Monitor JLL Sitio secuencial para O₃ y PM 10.

Sitio # 2: SER: SERVIU Arica.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos NO ₂ , SO ₂ y BTEX instalados en el balcón del edificio de SERVIU (SERV) Arica.	- Gases NO ₂ , SO ₂ y BTEX.	Permanente para NO ₂ ,SO ₂ y BTEX.	18 Septiembre # 122 (SER). Arica.



Fotografía 12: Lugar de emplazamiento de Monitor SER Sitio Permanente para NO₂,SO₂ y BTEX.

Sitio # 3: CAS: Casino de Arica

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Equipo partículas PM10 y PM2.5 y Tubos Pasivos de NO ₂ y SO ₂ instalados en el techo del Casino de Arica (CAS).	- Material Particulado PM10 EPA y PM2.5 - Gases NO ₂ y SO ₂ . - Medición de variables meteorológicas: Temperatura, Humedad Relativa, Velocidad y Dirección del Viento.	Permanente para PM10 / PM2.5 , Meteorología y Secuencial para NO ₂ y SO ₂ .	Av. General Velásquez # 955 (CAS). Arica.



Fotografía 13: Lugar de emplazamiento de Monitor CAS Sitio Permanente para PM10 / PM2.5 , Meteorología y Secuencial para NO₂ y SO₂.

Sitio # 4: ESD: Escuela D11.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos NO ₂ y SO ₂ y Equipo partículas PM10 instalados al interior de la Escuela D11 (ESD).	- Gas NO ₂ y SO ₂ y Partículas PM10.	Secuencial para NO ₂ y SO ₂ y para PM10	Balmaceda # 2450 (ESD). Arica.



Fotografía 14: Lugar de emplazamiento de Monitor ESD Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂ y para PM10

Sitio # 5: EJA: Escuela Jorge Alessandri.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos instalados al interior de la Escuela Jorge Alessandri (EJA).	- Gases NO ₂ y SO ₂ .	Secuencial para NO ₂ y SO ₂ .	Diaguitas # 881 (EJA). Arica.

Fotografía 15: Lugar de emplazamiento de Monitor EJA Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂**Sitio # 6: SAU: Junta Vecinal #50.**

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos NO ₂ y SO ₂ instalados poste alumbrado público frente a la Junta Vecinal # 50 (SAU).	- Gases NO ₂ y SO ₂ .	Secuencial para NO ₂ y SO ₂ .	Saucache # 0291 (SAU). Arica.

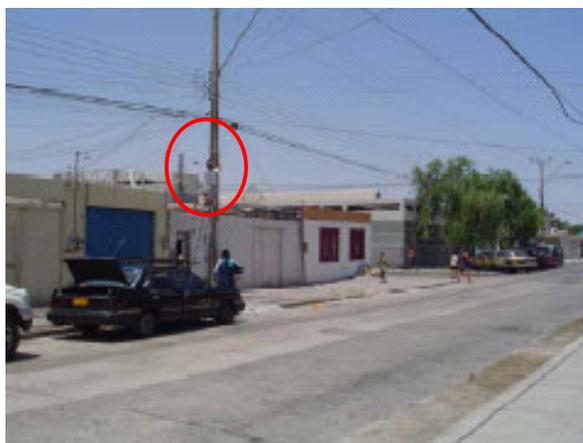
Fotografía 16: Lugar de emplazamiento de Monitor SAU Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂.

Sitio # 7: CMI: Casino Militar

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos NO ₂ y SO ₂ instalados en un poste de alumbrado público salida de casino militar sector de la guardia (CMI).	- Gases NO ₂ y SO ₂ .	Secuencial para Gas NO ₂ y SO ₂ .	Av. Argentina # 3285 (CMI). Arica.

Fotografía 17: Lugar de emplazamiento de Monitor CMI Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂.**Sitio # 8: FRI: Alumbrado público entre Sargento Aldea y Agustín Edwards.**

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos NO ₂ y SO ₂ instalados poste alumbrado público entre Sargento Aldea y Agustín Edwards (FRI).	- Gases NO ₂ y SO ₂ .	Secuencial para NO ₂ y SO ₂ .	Sargento Aldea y Agustín Edwards (FRI). Arica.

Fotografía 18: Lugar de emplazamiento de Monitor FRI Sitio Secuencial para NO₂ y SO₂.

Sitio # 9: HAR: Hostería Arica.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos O ₃ instalados en un poste de alumbrado frente a Hostería Arica (HAR).	- Gas O ₃ .	Secuencial para Gas O ₃ .	Hostería Arica (HAR). Arica.



Fotografía 19: Lugar de emplazamiento de Monitor HAR Sitio Secuencial para O₃.

Sitio # 10: ITA: Estadio Italiano.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos de O ₃ instalados al interior del Estadio Italiano (ITA).	- Gas O ₃ .	Secuencial para O ₃ .	Kilómetro 2 1/2 del Valle de Azapa (ITA). Arica.



Fotografía 20: Lugar de emplazamiento de Monitor ITA Sitio Secuencial para O₃.

Sitio # 11: EDE: EDELNOR

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Equipo partículas PM10 instalados al interior de Empresa EDELNOR (EDE).	- Partículas PM10.	Secuencial para PM10	Santa María # 2251 (EDE). Arica.



Fotografía 21: Lugar de emplazamiento de Monitor EDE Sitio Secuencial para PM 10.

Sitio # 12: EME: EMELARI.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubo Pasivo BTEX instalados en un poste de alumbrado al interior de la Empresa EMELARI (EME).	- Gas BTEX.	Secuencial para Gas BTEX.	Santa María # 2724 (EME). Arica.



Fotografía 22: Lugar de emplazamiento de Monitor EME Sitio Secuencial para BTEX.

Sitio # 13: NOE: Hospital Juan Noé.

Descripción	Tipo Medición	Tipo Estación	Dirección
Tubos Pasivos NO ₂ y SO ₂ instalados en el Hospital J. Noé.	- Gases NO ₂ y SO ₂ .	Secuencial para NO ₂ y SO ₂ .	18 de Septiembre 1000, Arica

5. Resultados de Mediciones y Análisis realizados en Ciudades de Iquique y Arica.**5.1 Muestreos Programados referidos a Gases y Material Particulado.**

La tabla 2 muestra la programación de los muestreos durante el año 2005 para los distintos parámetros medidos en la ciudad de Arica:

Tabla 2: Programa de muestreo de la ciudad de Arica

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NO ₂	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S
SO ₂	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S
O ₃	1 P	1 P	1 P 2 S	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 P 2 S	1 P 2 S	1 P 2 S
BTEX	1 P	1 P	1 P 1 S	1 P 1 S	1 P	1 P	1 P 1 S	1 P 1 S	1 P	1 P	1 P 1 S	1 P 1 S
PM 10	-	1 P	1 P 3 S	1 P 3 S	1 P	1 P	1 P 3 S	1 P 3 S	1 P	1 P	1 P 3 S	1 P 3 S

Nota: P: Sitio Permanente; S: Sitio Secuencial.

En la tabla 3 se muestra la programación de los muestreos durante el año 2005 para los distintos parámetros medidos en la ciudad de Iquique:

Tabla 3: Programa de muestreo de la ciudad de Iquique

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NO ₂	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P
SO ₂	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P	1 P 8 S	1 P 8 S	1 P	1 P
O ₃	1 P 2 S	1 P 2 S	1 P	- -	- -	- -	- -	- -	- -	1 P	1 P	1 P 2 S
BTEX	1 P 1 S	1 P 1 S	1 P	1 P	1 P 1 S	1 P 1 S	1 P	1 P	1 P 1 S	1 P 1 S	1 P	1 P
PM 10	1 P 3 S	1 P 3 S	1 P	1 P	1 P 3 S	1 P 3 S	1 P	1 P	1 P 3 S	1 P 3 S	1 P	1 P

Nota: P: Sitio Permanente; S: Sitio Secuencial.

5.2 Resultados Periodo de Enero a Diciembre de 2005 Iquique y Arica.

5.2.1 Resultados de mediciones meteorológicas Iquique y Arica.

Los siguientes gráficos muestran la información validada de los parámetros recolectados en cada Estación Meteorológica, durante el periodo Marzo-Diciembre de 2005 en las ciudades de Iquique (Sitio 5 ubicado en Instituto de Normalización Previsional-INP) y Arica (Sitio 3 ubicado en el Casino de Juegos Arica-CAS).

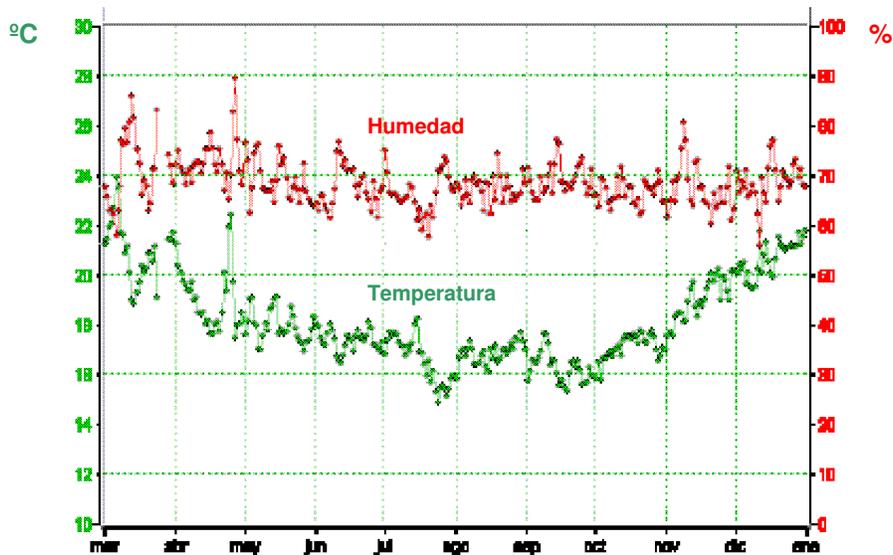


Gráfico 1: Comportamiento Promedio Diario de Temperatura v/s Humedad relativa Sitio 5 (INP) Ciudad de Iquique. Marzo - Diciembre 2005.

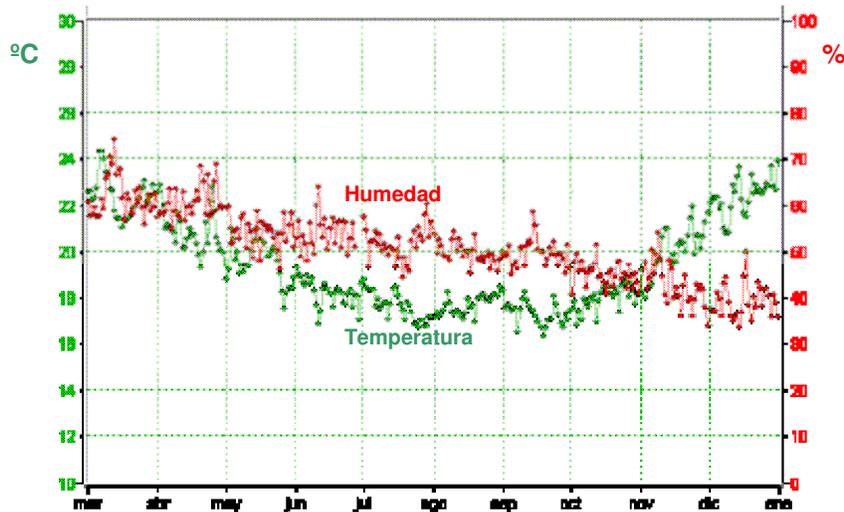


Gráfico 2: Comportamiento Promedio de la Temperatura v/s Humedad relativa Sitio 3 Casino de Arica(CAS) Ciudad de Arica. Marzo - Diciembre 2005.

Como resultado de las mediciones en la estación meteorológica ubicada en la ciudad de Arica, durante el período Marzo-Diciembre 2005, se tiene que el 80% de los vientos sopla desde el borde costero hacia el interior de la ciudad y el 20% de los vientos, lo hace desde

el Valle de Azapa hacia el sector costero de la ciudad. Esto también es posible observarlo en el Gráfico 3, donde se muestra una Rosa de Frecuencia en la cual podemos visualizar estas observaciones. El Gráfico 4, muestra una Rosa de las Magnitudes de los vientos, en la cual si bien observamos estas dos componentes de donde sopla el viento, las magnitudes de viento son más bajas desde el valle a la ciudad que desde el mar hacia la ciudad.

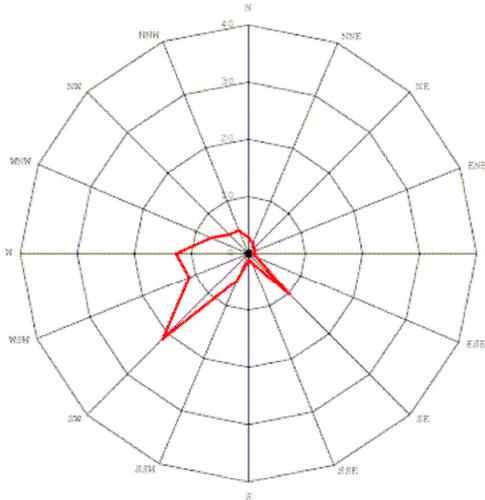


Gráfico 3: Rosa de Frecuencia en Porcentaje (%) Sitio 3 Casino Arica(CAS) Ciudad de Arica. Marzo - Diciembre 2005.

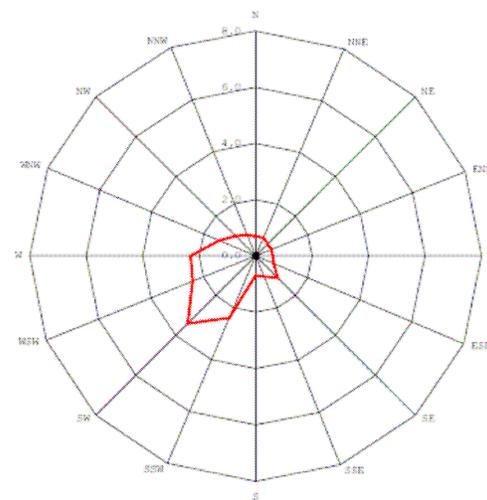


Gráfico 4: Rosa de Magnitudes (m/s) Sitio 3 Casino Arica(CAS) Ciudad de Arica. Marzo - Diciembre 2005

Al analizar los resultados obtenidos para la ciudad de Iquique, podemos concluir para este período de análisis (Marzo-Diciembre 2005) y para esta estación meteorológica, que aproximadamente el 100% de los vientos sopla desde el borde costero hacia el interior de la ciudad, SSW (sur-sur-oeste) y SW (sur-oeste) y un porcentaje menor del NW (nor-oeste) NWW (nor-oeste-oeste). Esto es posible observarlo en los Gráficos 5 y 6, donde se muestran Rosas de Frecuencia y Magnitud de los vientos.

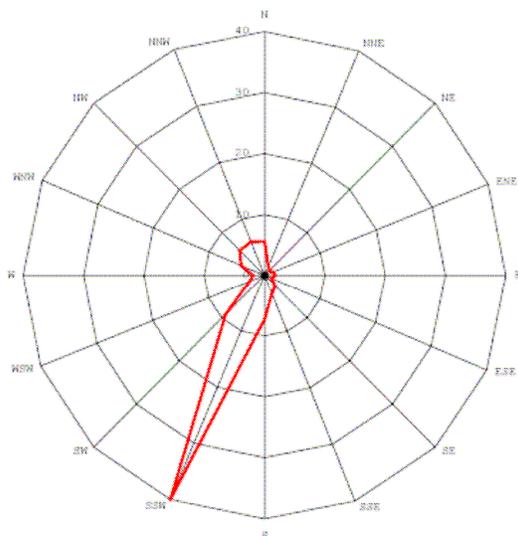


Gráfico 5: Rosa de Frecuencia en Porcentaje (%) Sitio 5 INP (INP) Ciudad de Iquique. Marzo - Diciembre 2005.

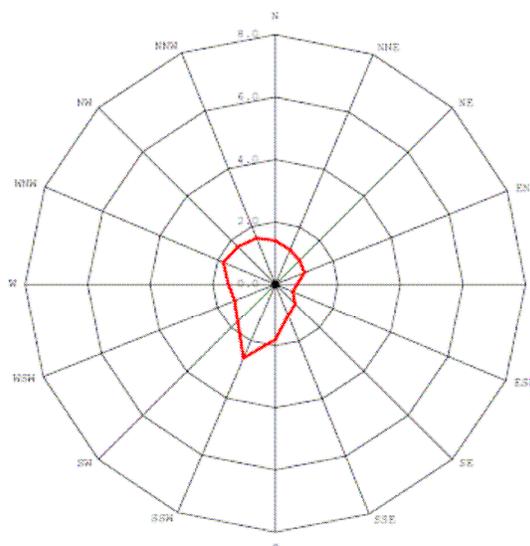


Gráfico 6: Rosa de Magnitudes (m/s) Sitio 5 INP (INP) Ciudad de Iquique. Marzo - Diciembre 2005.

5.2.2 Resultados de mediciones de gases y partículas en Iquique y Arica.

5.2.2.1 Resultados de mediciones de gases y partículas en Iquique.

A. Resultados Mediciones Tubos Pasivos de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) .

El Dióxido de Nitrógeno (NO₂) es un contaminante gaseoso de origen primario y secundario que se genera por procesos de combustión a altas temperaturas, además de otros mecanismos. Es un precursor en la formación de contaminantes fotoquímicos como el Ozono (O₃). En la actual Normativa vigente en Chile, existe una norma anual para este contaminante que corresponde a 100 [µg/m³N]. D.S.Nº 114 del 06 de Agosto del 2002. Se considera superada cuando el promedio de 3 años consecutivos es igual o superior al valor de la norma. Para evaluar esta norma se requiere que las estaciones se encuentren clasificadas como Estación Monitora con Representatividad Poblacional para el gas NO₂ (EMRPG), y la metodología de medición de este contaminante con aprobación EPA, o de las Directivas de la Comunidad Europea. Para efectos de este Estudio como "Diagnóstico", se efectuó solamente una comparación estimativa con el valor de la norma, y se consideraron los promedios mensuales obtenidos de los resultados de análisis químico de los Tubos Pasivos muestreados en la ciudad de Iquique (sitios permanente y secuenciales). Los análisis de las muestras fueron realizados en la Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Concepción.

El siguiente gráfico muestra el comportamiento del Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en las diferentes estaciones de monitoreo ubicadas en la ciudad de Iquique durante el período de análisis de Enero a Diciembre de 2005.

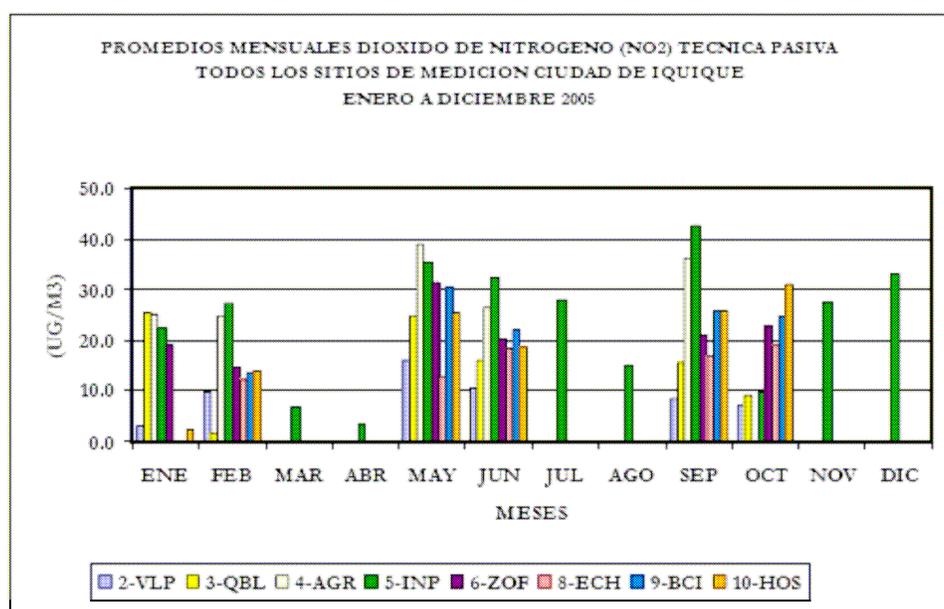


Gráfico 7. Comportamiento Mensual del Dióxido de Nitrógeno (NO₂) Sitios de Medición Ciudad de Iquique (Enero-Diciembre 2005).

El gráfico 7, muestra los promedios mensuales de los 8 sitios emplazados en la ciudad de Iquique para la medición de Dióxido de Nitrógeno (NO₂). En él se observa un aumento en los promedios mensuales de Mayo y Junio comparado con los meses de Enero y Febrero. Para el último periodo de medición, correspondiente a los meses de Septiembre y Octubre, en la mayoría de los sitios, los valores promedios son similares a los meses de Mayo y Junio. Respecto a los sitios secuenciales y considerando el periodo de medición Enero-Diciembre 2005, el promedio mensual más alto se registró en el mes de Mayo en el sitio 4 (AGR), con un valor de 38.7 [µg/m³N], y el promedio mensual más bajo se registró en el sitio 3 (QBL) en Febrero, con un promedio mensual de 1.8 [µg/m³N].

Si analizamos el sitio permanente, INP, podemos observar que los valores obtenidos correspondientes a Invierno y Primavera son ligeramente más altos. Asimismo, si se considera el periodo de medición Enero - Diciembre 2005, los promedios mensuales más altos se registraron en el mes de Mayo y Septiembre, con promedios mensuales de 35.4 [µg/m³N] y 42.4 [µg/m³N] respectivamente, el primer promedio más alto, coincide con el resto de los sitios; el promedio mensual más bajo registrado fue en Abril en el sitio 5 (INP), con un valor de 3.5 [µg/m³N].

Promediando los periodos monitoreados en cada punto y efectuando un ejercicio comparativo estimativo con el valor de la norma anual, se observa que ningún sitio de medición supera el valor de la norma anual de 100 [µg/m³N]. Los valores correspondientes al promedio de los periodos, están por debajo de los 31.0 [µg/m³N]. El promedio más bajo registrado fue de 9.1 [µg/m³N] en el sitio 2 (VLP), muy por debajo del valor de la norma, y el más alto de 30.2 [µg/m³N] en el sitio 4 (AGR), igualmente bajo respecto del valor de la norma. Analizando el sitio 5 (INP), que cuenta con 12 promedios mensuales, cuyo valor para el año 2005 fue de 23.7 [µg/m³N], se destaca que éste no supera valor de la norma anual de 100 [µg/m³N]. Por lo tanto, podemos concluir que,

difícilmente los otros sitios, si hubiesen medido todos los meses, podrían superar el valor de la norma anual.

Para cada sitio donde fue muestreado este contaminante, comparando estimativamente los valores promedios de los 6 y 12 meses de medición, respecto al valor de la norma anual de 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], indica que todos los sitios están por debajo del valor normado y difícilmente podría ser superado este valor en aquellos sitios en que se muestreo sólo por 6 meses (sitios secuenciales). Analizando los datos, podemos identificar dos alzas destacadas, una para todos los sitios en los promedios mensuales periodo Otoño-Invierno, principalmente en Mayo y la segunda para algunos sitios, un alza del promedio mensual de Septiembre y Octubre en el sitio 5 (INP) y sitio 10 (HOS) respectivamente, esto podría atribuirse a la realización de alguna actividad puntual cercana al sitio de medición, sin embargo, siguen siendo valores bajos. Comparando las mediciones del presente estudio año 2005, con el proyecto COSUDE efectuado entre Julio del 1997 y Junio de 1998, para los diferentes contaminantes medidos, son comparables sólo algunos puntos de monitoreo por su cercanía de instalación, con la salvedad de los tiempos monitoreados en ambos proyectos. Las mediciones efectuadas entre Julio de 1997 y Junio 1998 por COSUDE podemos comparar en forma estimativa sólo 2 Sitios iguales, "P2" Centro de Convenciones ZOFRI y "P6" Hospital Regional, donde fueron instalados los Tubos Pasivos el año 2005 por un periodo total de 6 meses. En el sitio COSUDE "P2" Centro de Convenciones ZOFRI, se determinó un valor promedio anual de 19.0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] comparado con el promedio anual calculado en base a 6 meses, se registro un valor de 21.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Para el Sitio COSUDE "P6" Hospital Regional, 10-HOS, se determinó un promedio anual 28.0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] comparado con el promedio anual calculado en base a 6 meses para el mismo lugar, se tiene de 19.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], valor ligeramente más bajo comparativamente.

Existen otros 5 sitios, los cuales podemos comparar los promedios obtenidos en ambos proyectos, estos son los que muestra la tabla 4.

Tabla 4: Sitios comparativos en los estudios 1997-1998 y 2005 para el gas NO_2 .

Proyecto COSUDE 1997-1998		Estudio Básico 2005	
Sitio	Dirección	Sitio	Dirección
IMI	Vivar 550	INP	Ramírez # 500
Centro Abierto Tambito	Diego Portales # 2.109	Terminal Agropecuaria	Terminal Agropecuaria
Cía. Bomberos Germania	Tadeo Haenke #1.870	Banco BCI Surcusal	Tadeo Haenke #1.690
Consultorio Sur	Calle la Tirana C/ Playa el Aguila	Escuela Chipana	Av. Chipana # 2.774
Instituto del Mar	Sector Bajo Molle	Villa la Portada	Sector Bajo Molle

En el gráfico 8 se muestra la comparación de los distintos sitios de monitoreo del proyecto COSUDE realizado entre 1997 y 1998, versus los resultados del Estudio Básico 2005.

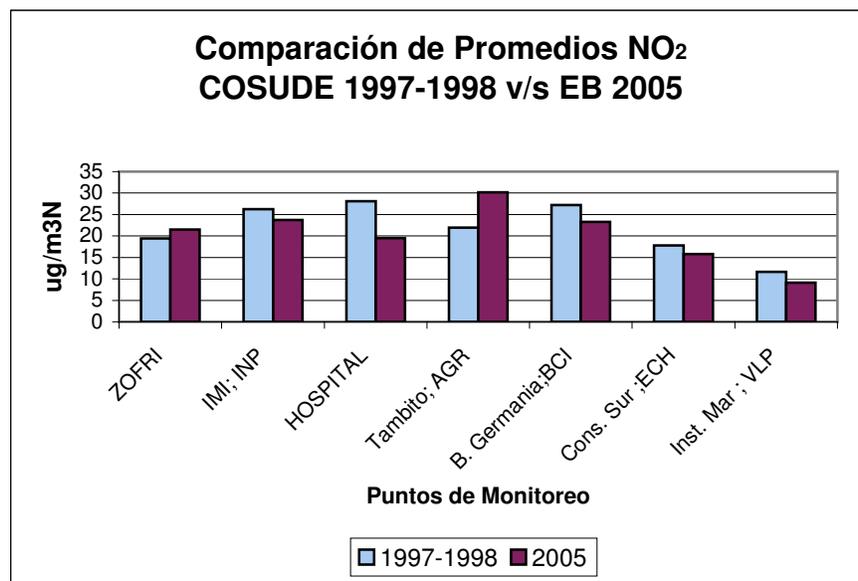


Gráfico 8: Comparación de promedios anuales de NO₂ obtenidos en el proyecto COSUDE 1997-1998 versus Estudio Básico 2005.

B. Resultados Mediciones Tubos Pasivos de Dióxido de Azufre (SO₂).

El Dióxido de Azufre (SO₂) es un Contaminante gaseoso de origen primario generado por procesos de combustión de combustibles fósiles y otros mecanismos. Basado en la actual Normativa vigente en Chile, existe una norma anual para este contaminante que corresponde a 80 [µg/m³N], D.S. N° 113 del 06 de agosto del 2002, se considera superada cuando el promedio de 3 años consecutivos es igual o superior al valor de la norma. Para evaluar esta normativa son requeridas estaciones clasificadas como Estación Monitora con Representatividad Poblacional (EMRPG) para el Gas SO₂, y la medición de este contaminante debe corresponder a metodologías de medición con aprobación EPA, o por Directivas de la Comunidad Europea. Para efectos de este Estudio de tipo diagnóstico, se efectuó solamente una comparación con el valor de la norma considerando los promedios mensuales, obtenidos de los resultados de análisis químico de Tubos Pasivos muestreados en la ciudad de Iquique (Sitios permanente y secuenciales). Los análisis de las muestras fueron realizados por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción. A continuación se muestra el gráfico para las diferentes estaciones con los resultados del periodo de análisis Enero a Diciembre de 2005 en la ciudad de Iquique, para el contaminante Dióxido de Azufre (SO₂).

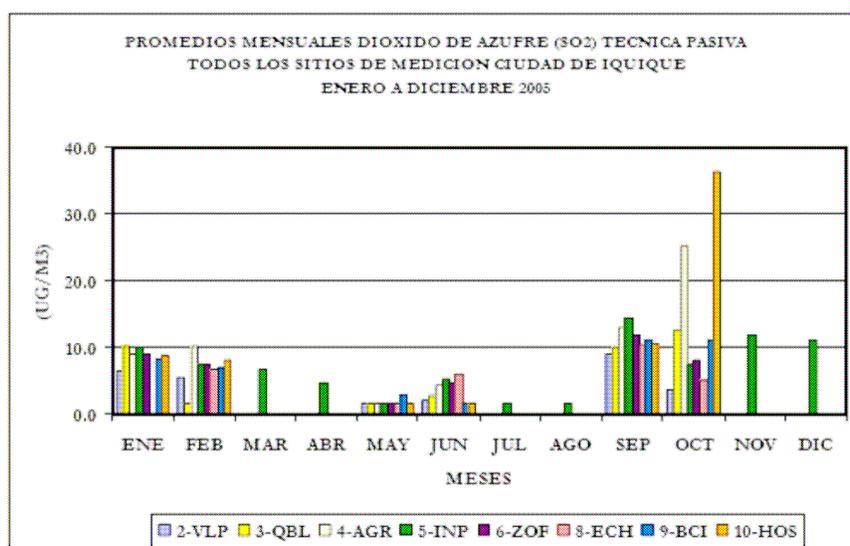


Gráfico 9. Comportamiento Mensual del Dióxido de Azufre (SO₂) Sitios de Medición Ciudad de Iquique. Enero a Diciembre 2005.

Respecto al comportamiento mensual de los sitios secuenciales estos reflejan promedios mensuales más bajos en periodo Mayo y Junio v/s Enero y Febrero. Para el último periodo de medición, correspondiente a los meses de Septiembre y Octubre, en la mayoría de los sitios de medición, los valores promedios son más altos y corresponden además a los máximos de todo el periodo de medición año 2005.

Considerando todo el periodo de medición año 2005, el promedio mensual más alto registrado fue en Octubre, con un promedio de 36.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], sitio 10 (HOS). Para los promedios mensuales más bajos, existieron varias mediciones que arrojaron valores bajo el límite de detección de 1.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], registrándose éstos principalmente en los meses de Otoño-Invierno. En periodo de Verano (Febrero), se registró sólo un valor bajo el límite de detección en el sitio 3 (QBL). Excluyendo estos valores límites, el promedio más bajo fue de 2.0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], sitio 2 (VLP). Si analizamos el sitio permanente, podemos observar que los meses más altos correspondieron al periodo de Primavera-Verano. Considerando el periodo de medición Enero a Diciembre 2005, el promedio mensual más alto registrado fue en Septiembre, con un promedio de 14.3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Para los promedios mensuales más bajos, existieron mediciones que arrojaron medias bajo el límite de detección de 1.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], registrándose principalmente en el periodo Otoño-Invierno. Excluyendo estos valores, Mayo alcanzó un valor de 1.7 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], cercano al límite de detección, sitio 5 (INP).

Efectuando un promedio de los periodos monitoreados en cada sitio y comparándolos estimativamente con el valor de la norma anual, ningún sitio de medición supera el valor normado de 80 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Es decir, todos los valores correspondientes al promedio de los periodos, están por debajo de los 37.0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Analizando el sitio 5 (INP), que cuenta con 12 promedios, presenta un registro de 6.9 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] para el periodo 2005, por debajo de la norma anual. Por lo tanto, podemos concluir que si los sitios secuenciales hubiesen medido todos los meses, difícilmente podrían superar el valor de la norma anual.

Al comparar los sitios de emplazamiento de monitores entre el Proyecto COSUDE y este Estudio Básico, encontramos dos sitios de las mismas características estos son: Sector

ZOFRI y Hospital. A la vez, es posible comparar los promedios en otros 5 sitios, estos son los que muestra la tabla 5.

Tabla 5: Sitios comparativos en los estudios 1997-1998 y 2005 para el gas SO₂.

Proyecto COSUDE 1997-1998		Estudio Básico 2005	
Sitio	Dirección	Sitio	Dirección
IMI	Vivar 550	INP	Ramírez # 500
Centro Abierto Tambito	Diego Portales # 2.109	Terminal Agropecuario	Terminal Agropecuario
Cía. Bomberos Germania	Tadeo Haenke #1.870	Banco BCI (surcusal)	Tadeo Haenke #1.690
Consultorio Sur	Calle la Tirana C/ Playa el Aguila	Escuela Chipana	Av. Chipana # 2.774
Instituto del Mar	Sector Bajo Molle	Villa la Portada	Sector Bajo Molle

En el gráfico 10 se observa la comparación de los promedio obtenidos en ambos proyectos, no observando grandes diferencias.

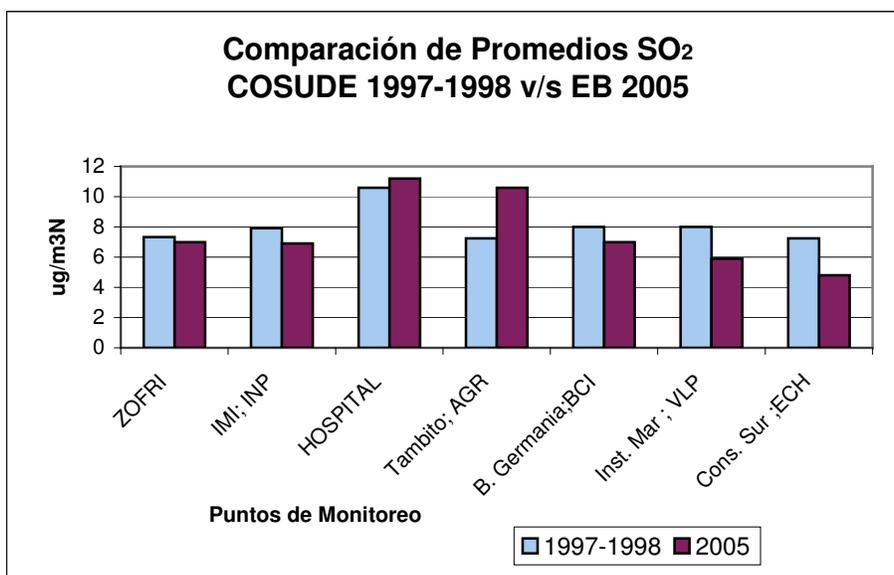


Gráfico 10: Comparación de promedios anuales de SO₂ obtenidos en el proyecto Cosude 1997-1998 versus Estudio Básico 2005.

C. Resultados Mediciones Tubos Pasivos de Ozono (O₃) .

El Ozono (O₃) es un contaminante gaseoso típicamente de origen secundario, generado por la presencia de radiación solar, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y otros componentes. Basado en la actual normativa vigente en Chile, existe una norma dictada para periodos de 8 horas que corresponde a 120 [µg/m³N] D.S.Nº 112 del 06 de Agosto del 2002 ,y se considera superada si el percentil 99 del promedio de 3 años consecutivos es igual o superior al valor de la norma. Para evaluar esta norma son requeridas estaciones con la clasificación de Estación Monitora con Representatividad Poblacional

para el Gas O₃ (EMRPG) y la metodología de medición con aprobación EPA, o por Directivas de la Comunidad Europea. Por lo tanto, no es posible obtener una comparación directa entre los resultados obtenidos con los Tubos Pasivos cuyo tiempo mínimo de exposición es de 1 Semana. Para efectos de comparación estimativa, fue utilizado el valor de referencia de la Norma Anual Coreana, valor 60 [µg/m³N] como promedio semestral, coincidente con el valor recomendado por la OMS, considerando que sólo se tienen 6 promedios mensuales para el sitio 1 (CAV) (estación permanente) y 3 promedios mensuales para los sitios, 2 (VLL) y 7 (ACC), estaciones secuenciales, y considerando además que en los meses de Otoño-Invierno disminuye la radiación solar por lo que los promedios mensuales deberían ser menores, a lo más registrar promedios similares a los medidos en mes de Marzo, estos valores estarían bajo el valor de esta Norma Anual Coreana.

Las mediciones efectuadas por este estudio, fueron efectuadas en aquellos meses de mayor radiación solar (Enero, Febrero, Marzo, Octubre, Noviembre y Diciembre) no siendo meses continuos de medición. Si efectuamos un ejercicio sólo de estimación comparativa entre las mediciones efectuadas por COSUDE periodo 1997 a 1998 y los efectuadas en este Estudio, el Sitio 1 (CAV) que tiene un total de 6 meses completos de medición pero diferentes trimestres (Enero a Marzo y de Octubre a Diciembre año 2005), COSUDE indicó un promedio trimestral (Diciembre 1997 a Junio 1998) de 52.0 [µg/m³N] para el sector de Cavanca, sin embargo, en el estudio 2005 (Enero a Marzo y de Octubre a Diciembre) el promedio obtenido fue de 37.3 [µg/m³N]. El otro monitor que es posible comparar es el emplazado en el acceso norte de Iquique, Garita de Carabineros donde el promedio del año 2005 fue de 27.9 [µg/m³N], para tres meses durante el año, y de 42 [µg/m³N] para el Proyecto COSUDE, para el periodo comprendido entre Diciembre 1997 y Junio 1998. En el gráfico 11 se puede apreciar la comparación entre los promedios obtenidos en ambos proyectos, con las consideraciones del tiempo de monitoreo.

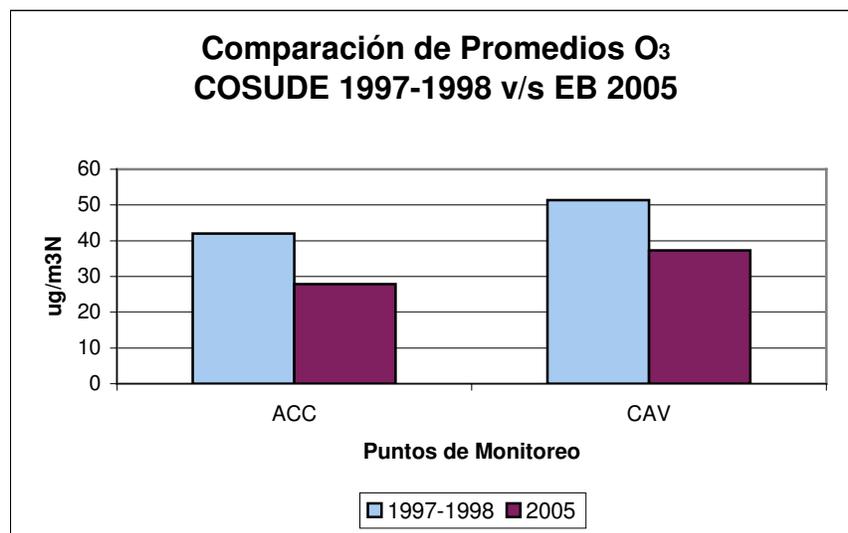


Gráfico 11: Comparación de promedios anuales de O₃ obtenidos en el proyecto Cosude 1997-1998 versus Estudio Básico 2005.

Los resultados mensuales obtenidos en el monitoreo 2005, se representan en el gráfico siguiente, donde se muestra el comportamiento mensual del contaminante Ozono (O_3), en 3 Sitios de medición ubicados en la ciudad de Iquique para el presente estudio durante los periodos de Enero a Marzo y Octubre a Diciembre del 2005.

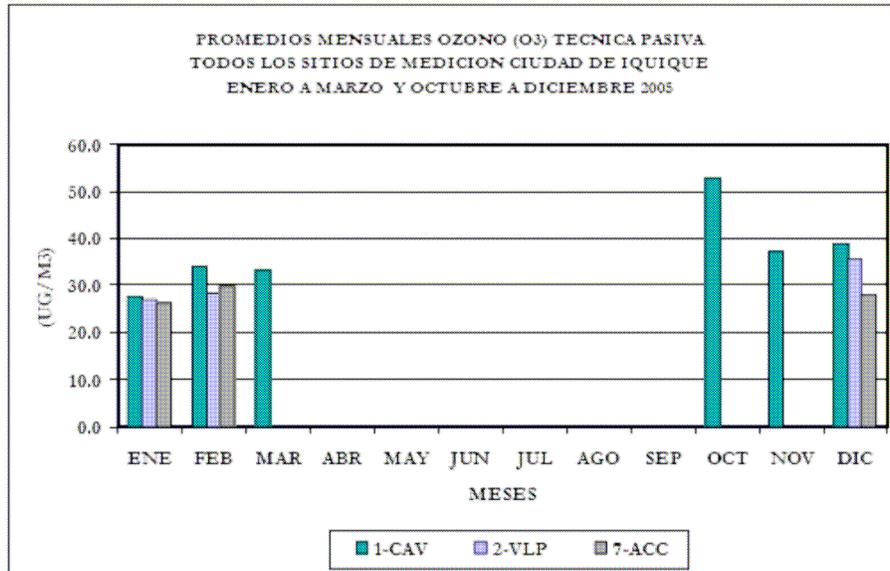


Gráfico 12. Comportamiento Mensual del Ozono (O_3) Sitios de Medición Ciudad de Iquique. Enero a Marzo y Octubre a Diciembre del 2005.

Se puede observar en el Gráfico 12 que para Enero los promedios mensuales fueron muy similares entre los sitios de medición, sitio 1-(CAV) 27.9 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], sitio 2-(VLP) 26.8 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] y sitio 7-(ACC) 26.3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. En el mes de Febrero en todos los sitios sus promedios aumentan ligeramente, manteniéndose el sitio 1 (CAV) por sobre los otros sitios, sitio 1-(CAV) 33.9 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], sitio 2-(VLP) 28.3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] y sitio 7-(ACC) 29.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. En Marzo, por programa correspondió muestrear sólo el sitio 1 (CAV), el cual presentó un ligero descenso respecto a Febrero de 33.9 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] a 33.2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Para los meses de Octubre y Diciembre, re-inicio de las mediciones en sitio 1-(CAV), presentó los promedios más altos del periodo, 52.7 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] para Octubre y valores promedios más bajos para los meses de Noviembre de 37.3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] y Diciembre de 38.9 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Efectuando una comparación de los 2 periodos de medición (Enero a Marzo y Octubre a Diciembre), el sitio permanente, que correspondió al sitio 1-(CAV), presentó promedios mensuales más altos en el segundo periodo v/s primer periodo. El máximo promedio mensual correspondió a 52.7 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] registrado en Octubre 2005.

Para cada sitio donde fue muestreado este contaminante, los valores promedios de Ozono para el periodo de 6 y 3 meses, están por debajo de la Norma Anual de Corea, sin embargo, los promedios no son bajos y corresponden a aproximadamente al 50% del valor de la Norma Anual Coreana.

D. Resultados Mediciones Material Particulado respirables (PM10/PM2.5) .

El Material Particulado corresponde a material en suspensión, sólido y líquido (excluyendo agua) presente en el aire atmosférico, en tamaño se extienden hasta los 120 micrones. En forma arbitraria, interesan desde el punto de vista de los efectos de salud en las personas,

las partículas con diámetros aerodinámicos menores a 10 micrones (μ) Para medir este contaminante se utilizaron analizadores semiautomáticos de bajo volumen del tipo exploratorio-diagnóstico (Harvard Impactors), estos recolectan las partículas en suspensión de un diámetro menor a 10 micrones (PM10) y en un también menor a 2.5 micrones (PM2.5), gracias a un cabezal incorporado en la primera etapa de recolección de las partículas. El programa de medición es de 1 muestreo cada 3 días, extendiendo la medición por un periodo de 24 horas ajustado a un día completo de acuerdo al Horario Oficial de Chile Continental. En la actual normativa vigente en Chile, existe una norma dictada para periodos de 24 horas que corresponde a $150 [\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ D.S.Nº 59 del 16 de Marzo de 1998, modificado por el D.S.45/2001, y se considera sobrepasada cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual es igual o superior a este valor en cualquiera de las estaciones con clasificación EMRP. También se considera sobrepasada si antes que concluyese el primer periodo anual de mediciones se registrare en algunas de las estaciones con clasificación EMRP, un número de días con mediciones sobre el valor de $150 [\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ mayor que 7.

Existe también una norma dictada para periodo tri-anual que corresponde a $50 [\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ y es considerada sobrepasada cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos sea igual o superior a este valor en cualquiera de las estaciones con clasificación EMRP. Se considerará como valor de concentración anual válido, aquel determinado a partir de mediciones realizadas durante a lo menos 11 meses del año calendario. En caso que durante un año calendario se disponga de mediciones para más de 8 meses y menos de 11 meses, para completar el periodo mínimo señalado, se considerará como valor mensual de cada mes faltante, la concentración mensual más alta medida en los 12 meses anteriores a cada mes faltante. Si se dispone de valores de sólo para 8 o menos meses, no se podrá calcular un valor de concentración anual para la estación correspondiente. El periodo total de muestreo para el sitio 10 Hospital (HOS) fue de 11 meses y de 5 meses para el sitio 8 Escuela Chipana (ECH); sitio 2; Villa La Portada (VLP) y sitio 5 Instituto Normalización Previsional (INP). Para efectuar análisis de cumplimiento de las normas, las estaciones deben contar con la clasificación de EMRP. Por otro lado, sólo es posible efectuar un análisis de comparación del cumplimiento de la norma para periodo corto de 24 horas en el sitio 10 Hospital (HOS) y para los otros sitios solo análisis estimativos por no contar con la suficiente información necesaria (sólo 6 meses de medición). Evaluar el cumplimiento de la Norma anual no fue posible en ningún sitio, debido a que son requeridas mediciones por 3 años consecutivos. Por tal razón, sólo será efectuado una comparación estimativa del cumplimiento del valor de esta norma anual con la información que se cuenta. En los siguientes gráficos, se muestran para las diferentes estaciones, los resultados de las mediciones efectuadas durante el periodo de análisis Enero - Diciembre de 2005 en la ciudad de Iquique para el contaminante Material Particulado Respirable PM10/PM2.5. El Gráfico 13, muestra los promedios de 24 Horas de todos los sitios emplazados en la ciudad de Iquique que corresponde a 4 Sitios para medición de Material Particulado Respirable fracción PM10, sitio 10 Hospital (HOS), sitio 8 Escuela Chipana (ECH), sitio 2, Villa La Portada (VLP) y sitio 5, Instituto Normalización Previsional (INP). Si efectuamos una comparación con la norma diaria de $150 [\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, todos los valores están por debajo de este valor, sólo el sitio 2, Villa La Portada (VLP) y sitio 10 Hospital (HOS), registraron algunos promedios diarios cercanos al valor de la norma diaria de $150 [\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ respecto a otros sitios. Si consideramos que a partir del 01 Enero de 2012, la norma primaria referida a este contaminante será de $120 [\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ (salvo que entre en vigencia la Norma para PM2.5), el

sitio 2, Villa La Portada (VLP) podría no cumplir con el valor de esta norma, considerando, sin embargo, que sólo fueron muestreados 6 meses con una frecuencia de 1 muestreo cada 3 días.

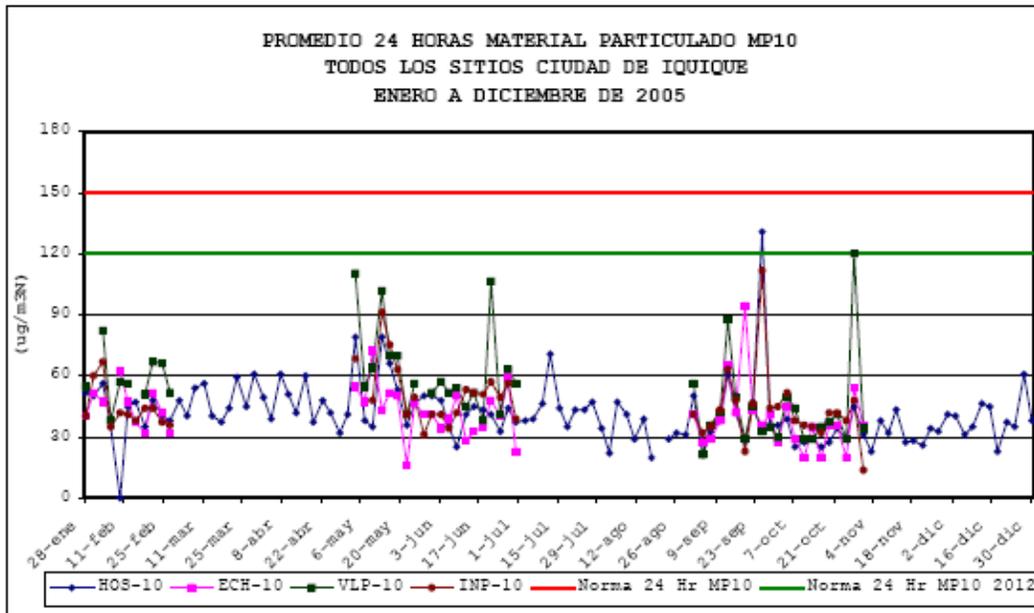


Gráfico 13. Comportamiento 24 Horas del Material Particulado PM10 Sitios de Medición Ciudad de Iquique Periodo Enero a Diciembre 2005.

El Gráfico 14, muestra los promedios 24 Horas para la medición de Material Particulado Respirable fracción PM10 y PM2.5 del sitio 10, Hospital (HOS). En el gráfico la línea roja corresponde a la Norma Chilena diaria para PM10 de 150 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, y la línea morada, corresponde a un valor promedio de 24 horas referencia EPA para PM2.5, de 65 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ en ambos casos, considerando el valor de la Norma diaria para PM10 y el valor de referencia EPA para PM2.5, el sitio 10 Hospital (HOS) está por debajo del valor de referencia EPA para PM2.5, del valor de la norma diaria actual para PM10 y del valor futuro de la norma. Este sitio sólo 1 día registró un promedio de 24 horas de PM10 por sobre los 120 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$. También hay que indicar que los muestreos tienen una frecuencia de 1 cada 3 días.

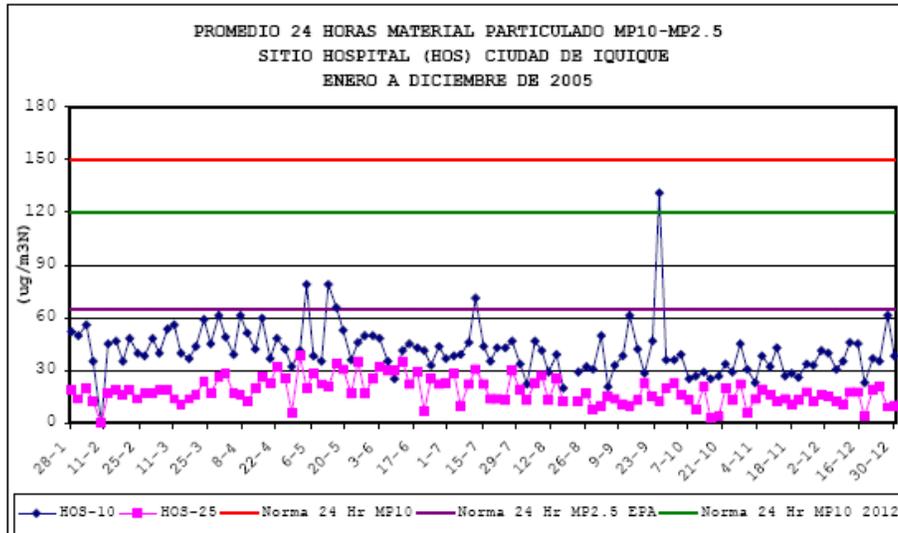


Gráfico 14: Comparación de Normas ambientales con las mediciones registradas en el periodo 2005 en el sitio permanente (Hospital) de la ciudad de Iquique para material particulado PM10 y PM 2.5.

Considerando los antecedentes anteriormente mencionados y a modo de **evaluar en forma estimativa el cumplimiento del valor de la norma**; son presentadas las siguientes tablas donde se resume el cumplimiento del valor de la norma para el sitio 10 (HOS) del que se tiene más información (11 meses en total), y para el resto de los sitios un resumen de la estimación del cumplimiento del valor de esta norma. Para los sitios 8 (ECH), 2 (VLP) y 5, (INP) los que registran información de 5 meses de medición.

Tabla 6. Comparación estimativa del cumplimiento del valor de la norma 24 Horas PM10 sitios Medición Material Particulado. Iquique - 2005.

Estadística	Estaciones			
	HOS	ECH	VLP	INP
Percentil 98 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	77	72	110	91
Valor norma 24 Hrs.	150	150	150	150
% Percentil 98 del valor de la norma	51	48	73	61
Estimación de cumplimiento norma 24 hrs.	Si	Si	Si	Si

Tabla 7. Comparación estimativa del cumplimiento del valor referencia EPA 24 Horas PM2.5 sitio 10 (HOS) Medición Material Particulado 2.5 Iquique - 2005.

Estadística	Estaciones
	HOS
Percentil 98 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	35
Valor Norma 24 Hrs.	65
% Percentil 98 del Valor de la Norma	54
Estimación de Cumplimiento Norma 24 hrs.	si

Tabla 8. Comparación con el valor norma anual del Material Particulado PM10 sitios de medición ciudad de Iquique. Periodo Enero a Diciembre 2005.

Mes	Promedio mensual para PM 10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]			
	Hospital (10-HOS)	E. Chipana (8-ECH)	V. La Portada (2-VLP)	INP (5-INP)
ENE				
FEB	43.0	43.9	58.6	42.7
MAR	48.4			
ABR	46.1			
MAY	52.1	46.3	68.9	56.3
JUN	40.2	38.9	56.4	47.4
JUL	44.0			
AGO	32.2			
SEP	48.7	45.6	43.3	48.7
OCT	31.5	32.5	43.4	38.4
NOV	32.5			
DIC	39.1			
Promedio Periodo	41.6	41.4	54.1	46.7
Cumple con la norma	SI	SI	NO	SI
Valor norma Anual	50	50	50	50

La Tabla 8, muestra el **cumplimiento estimativo del valor de la norma anual** de Material Particulado Respirable, fracción PM10, para los sitios donde fueron emplazados los equipos PM10 en la ciudad de Iquique. Realizando un promedio de los meses donde se monitoreo y efectuando una comparación estimativa con el valor de la norma anual, el sitio 2, Villa La Portada (VLP), registró un promedio de 54.2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], el que esta ligeramente sobre el valor de la norma anual, sin embargo, el 60% de los meses medidos (3 de 5) están por sobre los 50 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] promedio mensual, esto señalaría que posiblemente efectuando mediciones durante un año, el sitio 2, podría superar el valor de la norma anual.

Una de las fuentes más cercanas al sitio corresponde a canteras las que originan Material Particulado del tipo grueso (fracción entre 2.5 y 10 micrones tamaño de partículas) y más que fino (menor que 2.5 micrones), lo que es posible constatar por el color del Material Particulado que es depositado en los filtros (color café claro) a diferencia de los otros sitios, que si bien, las concentraciones son bajas, los filtros muestreados presentaron un color negro a gris, indicando otro tipo de fuente. Para el resto de los sitios los promedios mensuales calculados en base a los 5 meses monitoreados, registraron valores por sobre 41 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], cercano al valor de la norma anual.

La consultora recomienda, que para una mejor evaluación del cumplimiento de la norma principalmente anual para PM10, efectuar mediciones por periodos más largos con una frecuencia de muestreos 1 cada 2 días, en caso contrario, efectuar mediciones de PM2.5 en 3 Sectores en la Ciudad de Iquique con clasificación EMRP, siendo uno de los sitios seleccionado el sector bajo Molle donde esta emplazada la Villa La Portada, lugar donde fue efectuada la medición de Material Particulado fracción PM10.

Comparando las mediciones efectuadas por el Proyecto COSUDE de Enero a Diciembre del año 1998, en el sector de Bajo Molle (Octomar) respecto al sitio 2 -VLP ubicado en esa

misma área, del presente estudio, son comparables sólo los meses en que se monitoreo ambos trabajos.

Las mediciones del proyecto COSUDE alcanzaron 5 valores sobre 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] en el periodo de Enero- Febrero 1998, tres valores sobre 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] y el resto de los valores entre 50 y 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], el estudio 2005 para el mes de Febrero determinó un promedio mensual de 58.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], sin embargo, ningún valor horario estuvo sobre 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Entre los meses de Mayo a Junio COSUDE registró seis valores entre 50 y 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], un valor sobre 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], un valor sobre 250 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], en ese mismo periodo. El estudio del año 2005 registró promedios máximos mensuales para este sitio de 68.9 y 56.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], mes de Mayo y Junio, respectivamente.

En Septiembre y Octubre COSUDE registró un valor de 250 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], y los demás valores entre 50 y 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], cabe destacar que la ubicación del monitor se encontraba más cercano a la fuente identificada para este estudio. Para el año 2005 los promedios para esos meses fueron de 43.3 y 43.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] respectivamente. El promedio anual del estudio 2005 para los meses monitoreados fue de 54.1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] en sitio 2 VLP, comparativamente más bajo en este punto.

La comparación entre los estudios COSUDE y Estudio Básico 2005, se puede realizar en tres puntos de monitoreo, los sitios fueron relativamente cercanos. Las direcciones exactas se encuentran en la tabla 9, y los promedios obtenidos en el gráfico 15.

Tabla 9: Sitios comparativos en los estudios 1997-1998 y 2005 para el gas SO_2 .

Proyecto COSUDE 1997-1998		Estudio Básico 2005	
Sitio	Dirección	Sitio	Dirección
Aseo y Ornato de IMI	Sotomayor # 2.054	Hospital de Iquique.	Héroes de la Concepción #502.
Pesquera Octomar	Bajo Molle Km. 9 Sitio 1.	Villa la Portada	Sector Bajo Molle
IMI	Vivar # 550	INP	Ramírez # 500

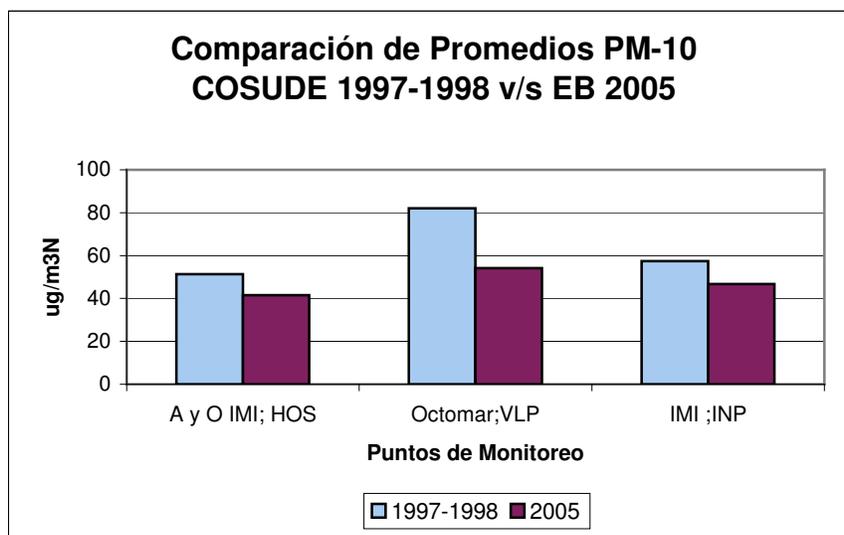


Gráfico 15: Comparación de promedios anuales de material particulado obtenidos en el proyecto COSUDE 1997-1998 versus Estudio Básico 2005.

E. Resultados Mediciones Tubos Pasivos BTEX de Iquique.

Es imprescindible reducir las cantidades de COV o BTEX (Compuestos Orgánicos Volátiles) debido a su reactividad en la atmósfera y a su impacto sobre el hombre. De hecho, combinados con los NOx, estos compuestos pueden formar precursores de contaminantes fotoquímicos o nitratos de peroxiacilos, que son conocidos por ser cancerígenos. Se considera como COV todo compuesto que, con exclusión del metano, contiene carbono e hidrógeno, el cual puede sustituirse por otros átomos como los halógenos, el oxígeno, el azufre, el nitrógeno o el fósforo. Cualquier producto orgánico con una presión de vapor superior a 10 Pa se considera como un COV.

Entre los COV más conocidos, cabe citar: acetona, benceno, glicoléter, metanol, estireno, tolueno y tricloroetileno, etc.

Además de los gases de combustión de los vehículos, los principales sectores de emisión de COV son las industriales: almacenamientos de hidrocarburos, química y para-química, actividades que utilizan disolventes como la imprenta, la pintura (en particular para automóviles), la limpieza en seco, el desengrase de materiales, la limpieza de superficies, la producción de productos farmacéuticos, etcétera.

A modo de información, los miembros de la Unión Europea arrojaron cerca de 12 millones de toneladas de Compuestos Orgánicos Volátiles a la atmósfera en 1995, de los que 37 por ciento provenía del tráfico por carretera.

Para efectos de este estudio fueron realizada mediciones de BTEX para Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno que corresponden a algunos de los compuestos del tipo COV (Compuesto Orgánicos Volátiles) o TOX (Compuestos Orgánicos Tóxicos). Son descritos a continuación cada uno de estos compuesto y algunos efectos. Cabe destacar que la medición de estos compuestos están también relacionado con la formación de Ozono, es decir, corresponden a sustancias precursoras del Ozono y basados en las recomendaciones emanadas del documento "Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre Calidad del Aire y una Atmósfera mas Limpia en Europa". Bruselas 21.9.2005 COM (2005)477 final, deben ser implementadas en zonas urbanas y rurales en cualquier estación de seguimiento con el objeto de reforzar los conocimientos sobre la formación del Ozono y los procesos de dispersión de los precursores como así la aplicación de modelos fotoquímicos.

En el caso de los BTEX, Chile no cuenta con una normativa que regule estos compuestos en la atmósfera, por tal razón los resultados son comparados con normas y algunos estándares ambientales recogidos de la Comunidad Europea como de USA.

A continuación, a modo de antecedentes generales, se mencionan los daños a la salud de las personas provocados por la presencia de estos contaminantes en el aire.

- **BENCENO**

El efecto principal de la exposición prolongada al benceno es sobre la sangre. El benceno produce alteraciones en la médula de los huesos y puede producir una disminución del número de glóbulos rojos, lo que a su vez puede producir anemia. También puede producir hemorragias y afectar al sistema inmunitario, aumentando la probabilidad de contraer infecciones. La exposición prolongada también produce efectos sobre la médula de los huesos, depresión del sistema nervioso central, la inhalación de niveles muy altos de benceno puede ser fatal.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han determinado que el benceno es carcinogénico en seres humanos.

Finalmente, el benceno tiene una norma anual de tipo ambiental que corresponde a un valor determinado por el Programa "Cleaner Air For Europe" (CAFE), de 5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], para los demás compuestos, se toman como valores de referencias anuales los sugeridos por TNRCC, "Texas Natural Resource Conservation Comision".

- **XILENO**

El Xileno presenta isómeros, dependiendo de la posición de los grupos metilo en el anillo bencénico: meta-xileno; orto-xileno y para-xileno (m-, o- y p-xileno).

No se han descrito efectos nocivos causados por los niveles de xileno que ocurren normalmente en el ambiente.

La exposición de niveles altos de xileno durante períodos breves o prolongados puede producir dolores de cabeza, falta de coordinación muscular, mareo, confusión y alteraciones del equilibrio. La exposición breve a niveles altos de xileno también puede causar irritación de la piel, los ojos, la nariz y la garganta; dificultad para respirar; problemas pulmonares; retardo del tiempo de reacción a estímulos; dificultades de la memoria; malestar estomacal; y posiblemente alteraciones del hígado y los riñones. Niveles de xileno muy altos pueden causar pérdida del conocimiento y aun la muerte. Tanto la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) como la EPA han declarado que la información disponible es insuficiente para determinar si el xileno es carcinogénico.

- **ETILBENCENO**

Hay poca información acerca de los efectos del etilbenceno sobre la salud de seres humanos. En gente expuesta a altos niveles de etilbenceno en el aire, la información disponible describe mareo, irritación a la garganta y los ojos, opresión en el pecho, y una sensación de ardor en los ojos.

La EPA ha determinado que el etilbenceno no se puede clasificar en relación a carcinogenicidad en seres humanos.

- **TOLUENO**

Es un tóxico agudo del sistema nervioso central, en algunos niveles produce confusión, parestesia, midriasis e insomnio.

Es rápidamente absorbido a través del tracto respiratorio y, se cree que su absorción por la piel es mínima. Se han observado efectos a niveles de tan sólo 375 [mg/m^3] (100 ppm). Estos pueden ir desde fatiga, dolores de cabeza, irritación de garganta y ojos, confusión mental, debilitamiento muscular o, incluso, insomnio.

Los estudios en trabajadores y en animales expuestos al tolueno generalmente indican que el tolueno no produce cáncer. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) no han clasificado al tolueno en cuanto a carcinogenicidad. La EPA ha determinado que el tolueno no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos.

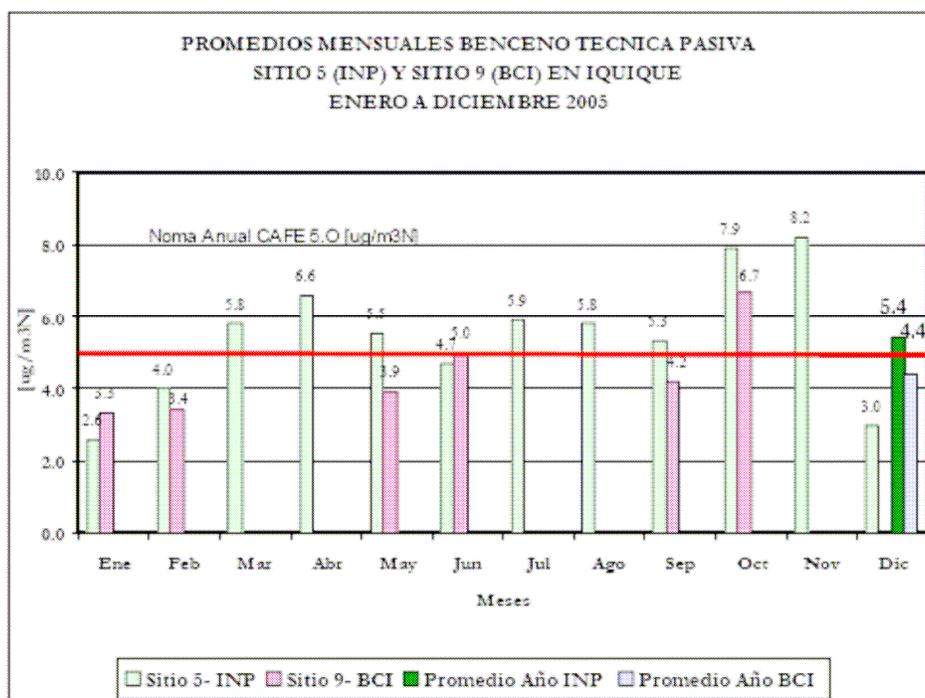


Gráfico 16. Comportamiento Mensual del Benceno Sitio 5 (INP) y Sitio 9 (BCI) Comparándolo con Norma Anual Comunidad Europea (CAFE). Iquique-2005.

El Gráfico 16, muestra los promedios mensuales registrados en el sitio 5 (INP) y sitio 9 (BCI) comparándolo con la Norma Anual de la Comunidad Europea (CAFE). La última barra de color verde, indica el promedio anual de 5.4 [µg/m³N] para el sitio 5 (en donde se muestreó durante los 12 meses, año 2005), valor sobre la Norma Anual de la Comunidad Europea (CAFE). Para el caso del sitio 9 (BCI), que sólo se tiene 6 meses de medición, fue calculado un promedio con los meses de monitoreo, para este periodo, resultando un valor de 4.4 [µg/m³N], valor cercano al normado por la Comunidad Europea (CAFE). Se puede estimar entonces que si aumentáramos los registros durante el año, esta estación se encontraría en una zona de riesgo para la salud de las personas.

En la Tabla 10, se muestra en forma una comparación de los valores anuales obtenidos en la ciudad de Iquique del Sitio 5 (INP), donde existen resultados para los 12 meses y para el caso del sitio 9 (BCI) que tienes 6 meses de medición, es efectuada una comparación tomando en cuenta esta consideración. En ambos casos los valores utilizados como referencia y los resultados obtenidos para ambos sitios, están por debajo de los valores promedio anual del TNRCC.

Tabla 10. Comparación de referencia anual con TNRCC (Texas Natural Resource Conservation Comision) con las mediciones efectuadas en la ciudad de Iquique año 2005.

Especie	Promedio Anual TNRCC [µg/m³N]	Promedio Anual Sitio 9 BCI [µg/m³N] (6 meses)	Promedio Anual Sitio 5- INP [µg/m³N] (12 meses)
Tolueno	188.0	10.5	11.8
Etilbenceno	434.0	2.0	2.2
p-m-Xileno	434.0	7.7	9.4
o-Xileno	434.0	3.0	3.5

Para efectos de conocer las concentraciones de BTEX en sectores residenciales y tener un sitio del tipo Background, es recomendable mantener por un periodo al menos de 1 año, mediciones cada 2 meses en 3 sectores de la ciudad; 2 sitios en sector residencial y 1 sitio background.

5.2.2.2 Resultados de Mediciones de Gases y Material Particulado en Arica.

A. Resultados Mediciones Tubos Pasivos de Dióxido de Nitrógeno (NO₂).

Para el sitio permanente y los sitios secuenciales será efectuada una comparación con el valor de la norma. El Gráfico 17, muestra el comportamiento mensual de las mediciones de Dióxido de Nitrógeno durante el periodo de análisis comprendido entre Enero y Diciembre de 2005 para las 8 estaciones en estudio, ubicadas en la ciudad de Arica.

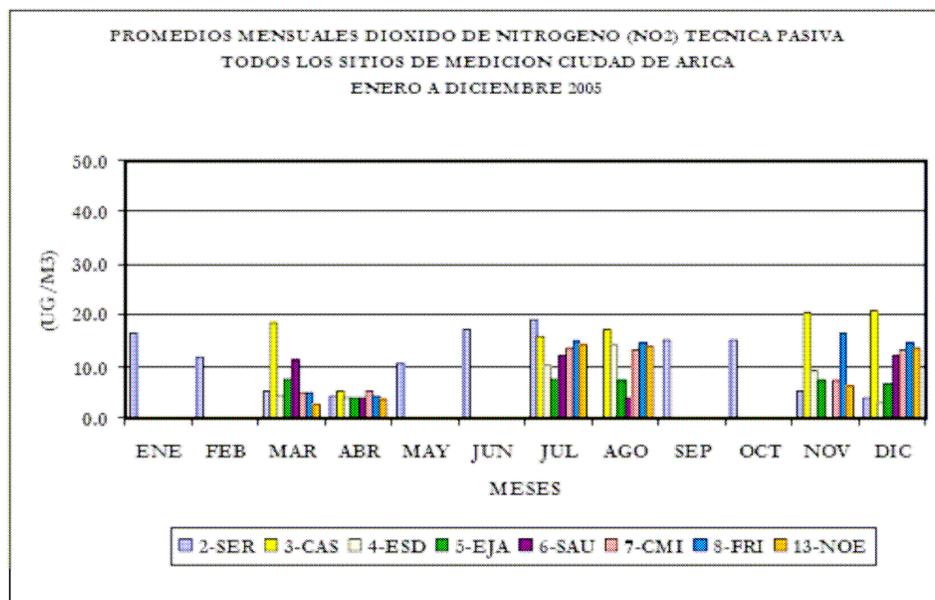


Gráfico 17. Comportamiento Mensual del Dióxido de Nitrógeno (NO₂) Sitios de Medición Ciudad de Arica. Periodo Enero a Diciembre 2005.

En este gráfico se observa que los sitios secuenciales presentan promedios mensuales bajos en el segundo periodo de medición (Marzo y Abril), comparados con todos los valores del periodo del sitio permanente 2 (SER). Durante el mes de Marzo, el sitio 3 (CAS) y el sitio 6 (SAU) presentaron promedios mensuales más altos que el sitio permanente y el resto de estaciones secuenciales. En el mes de Abril todos los promedios fueron bajos. En el cuarto periodo los promedios mensuales de todos los sitios presentan un aumento, siendo el mayor promedio mensual 17.0 [µg/m³N] para el sitio 3 (CAS), y el menor valor fue de 4.0 [µg/m³N] en el mes de Agosto en sitio 6 (SAU). En el último periodo de medición, los meses de Noviembre y Diciembre, registraron un promedio muy similar comparado al periodo de medición anterior. Durante Noviembre, los promedios mensuales del sitio 3(CAS), 8(FRI) y 5 (EJA), presentaron un alza con respecto de los promedios de los sitios 4(ESD) y 7(CMI). No fue encontrado en su sitio el shelter y Tubos Pasivos del sitio 6 (SAU), esto coincidió con trabajos efectuados por contratista de empresa eléctrica. Si analizamos el sitio 2 (permanente) (SER), principalmente para los

meses Verano y Otoño, podemos observar que éstos presentaron valores ligeramente más bajos en comparación con los meses de Invierno y Primavera. Los meses con promedios mensuales más bajos se registraron en Marzo con promedio mensual de 5.4 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$; Abril 4.2 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$; y en los meses correspondientes al último periodo de medición, Noviembre y Diciembre con promedios de 5.2 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ y 3.8 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ respectivamente, el resto de los meses los promedios registrados fueron entre 10.4 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ y 19.2 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$. El muestreo del mes de Agosto fue descartado debido a que los Tubos Pasivos no estaban en su posición original (encontrados en un canto del edificio), los análisis posteriores realizados para éstas muestras en el Laboratorio registraron valores bajo el límite de detección 1.4 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$,y si se observa el promedio previo y posterior a este mes u otros valores promedios anteriores queda claro que este muestreo no es válido.

Con el promedio de los periodos monitoreados en cada punto y efectuando un ejercicio comparativo estimativo de éstos con el valor de la norma anual de 100 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$. Los valores de cada periodo, están por debajo de los 21.0 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, por tanto, ningún sitio de medición supera el valor de la norma anual. Analizando el sitio 2 (permanente) alcanzó un valor de 11.3 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ con 11 promedios mensuales para el periodo, no superando el valor de la norma anual. Por tanto, se puede concluir que, difícilmente si los sitios secuenciales hubiesen medido todos los meses, podrían superar este valor de la norma anual.

B. Resultados Mediciones Tubos Pasivos de Dióxido de Azufre (SO₂).

Para efectos de este "Diagnóstico", serán considerados los promedios mensuales calculados en base a los resultados obtenidos de los análisis de los Tubos Pasivos efectuados en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción, correspondientes a las muestras del periodo monitoreado, tanto en el sitio permanente como en los sitios secuenciales. Para ambos casos será efectuada solamente una comparación con el valor de la norma (80 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$).

El Gráfico 18, muestra el comportamiento mensual de las mediciones de Dióxido de Azufre (SO₂) durante el periodo de análisis comprendido entre Enero y Diciembre de 2005 para las 8 estaciones en estudio ubicadas en la ciudad de Arica.

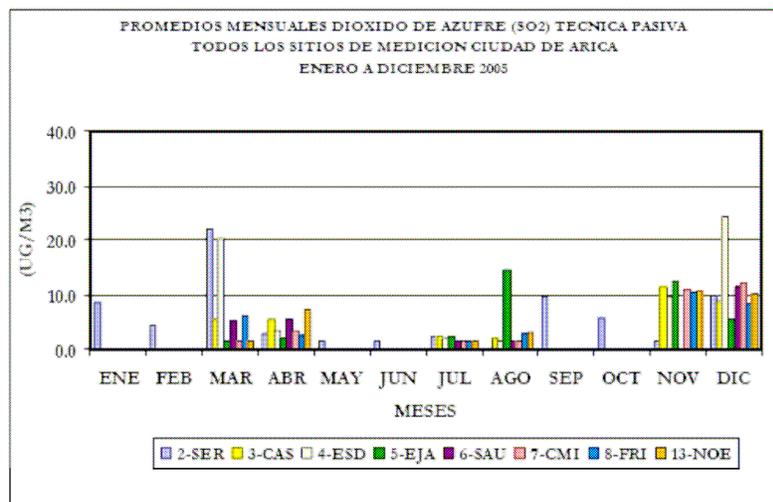


Gráfico 18. Comportamiento Mensual del Dióxido de Azufre (SO₂) Sitios de Medición Ciudad de Arica (Enero a Diciembre 2005).

En el gráfico, se observa que para los sitios secuenciales, los sitios 3 (CAS), 5 (EJA) y 13 (NOE) sobresalen con valores más altos en algunos meses de medición. Los mayores promedios mensuales del periodo se registraron en los meses Primavera-Verano y los promedios más bajos en Otoño-Invierno, salvo algunos meses en ciertos sitios. El promedio mensual más alto registrado fue de 24.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], en el mes de Diciembre, sitio 4 (ESD) y el promedio mensual más bajo de 2.1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], en sitios 3(CAS) y 4(ESD), durante el cuarto periodo de medición, excluyendo valores promedios bajo límite de detección 1.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], Sitios 4(ESD) y 3(CAS). No fue encontrado en su sitio el shelter y Tubos Pasivos del sitio 6 (SAU), esto coincidió con trabajos efectuados por contratista de Empresa eléctrica. Al analizar el sitio permanente 2 (SER), se observa un comportamiento similar a los sitios secuenciales, salvo algunos meses donde comparativamente registró promedios mensuales más altos. El máximo promedio mensual fue de 22.2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], en Marzo y el promedio mensual más bajo (excluyendo valores bajo límite de detección), fue de 2.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] en Julio. Los meses donde los promedios mensuales estuvieron bajo el límite de detección de 1.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], fueron Mayo, Junio (Otoño e Invierno), y de Noviembre (Primavera). El muestreo del mes de Agosto fue descartado, los Tubos no fueron encontrados en su ubicación original. El análisis posterior realizado registro valores bajo el límite de detección.

Comparando el promedio de los periodos y efectuando un ejercicio comparativo estimativo, con el valor de la norma anual; ningún sitio de medición supera el valor de la norma anual de 80 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], siendo los promedios menores al 30% de la norma. Todos los valores registrados se encuentran bajo los 25.0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$].

Analizando el sitio permanente 2 (SER), en que muestra 11 valores, con un promedio anual de 6.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], resulta muy bajo respecto de la norma anual de 80 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Por lo tanto, se puede concluir, que si los otros sitios hubiesen medido todos los meses, difícilmente podrían haber superado el valor de la norma anual.

B. Resultados Mediciones Tubos Pasivos de Ozono (O_3) .

Basado en la actual normativa vigente en Chile, existe una norma dictada para periodo de 8 horas que corresponde a 120 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], y se considera superada si el percentil 99 del promedio de 3 años consecutivos es igual o superior al valor de la Norma. Para evaluar esta norma son requeridas estaciones con clasificación de Estación Monitora con Representatividad Poblacional para el Gas O_3 (EMRPG), y la metodología de medición de este contaminante con aprobación EPA o de las Directivas de la Comunidad Europea.

En el presente estudio no es posible comparar directamente la normativa vigente con los resultados obtenidos con la metodología de Tubos Pasivos debido a que se debe exponer la muestra por un periodo de una semana. Para efectos de una comparación estimativa, fue utilizado el Valor de la Norma Anual Coreana, que es equivalente a la normativa de la OMS para este contaminante, valor recomendado de 60 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] como promedio semestral, dado que se tienen sólo 6 promedios mensuales para el sitio 1-JVL (permanente) y 3 promedios mensuales para los sitios secuenciales, sitio 10 (ITA) y 9 (HAR), teniendo en cuenta que durante los meses de Otoño-Invierno la radiación solar disminuye, los promedios mensuales deberían ser menores, en caso contrario, deberían al menos registrar promedios similares a los medidos en mes de Marzo.

Las mediciones efectuadas por este estudio, fueron efectuadas en aquellos meses de mayor radiación solar (Enero, Febrero, Marzo, Octubre, Noviembre y Diciembre), no siendo meses continuos en el tiempo de medición. Si efectuamos un ejercicio sólo de estimación comparativa entre las mediciones efectuadas en este estudio, el sitio 1 (JVL) que tiene un total de 6 meses completos de medición pero diferentes trimestres (Enero a Marzo y de Octubre a Diciembre año 2005) se obtuvo un promedio de 33.9 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ y para los sitios con 3 meses de medición, sitios 10 (ITA) presentó un promedio de 33.6 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ y sitio 9 (HAR) de 38.4 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, con la observación de un total de 3 meses de medición (Enero, Febrero y Diciembre).

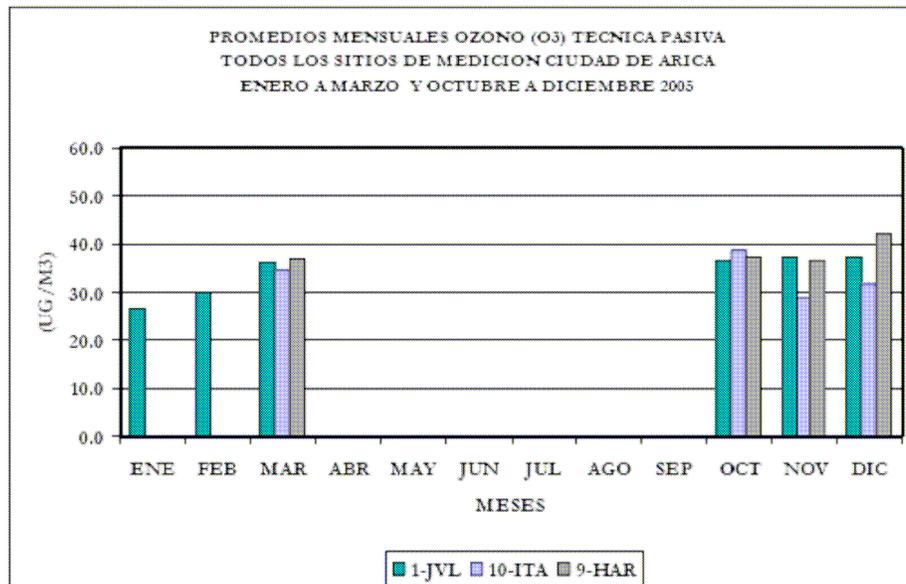


Gráfico 19. Comportamiento Mensual del Ozono (O₃) Sitios de Medición Ciudad de Arica, (Enero a Marzo y Octubre a Diciembre 2005).

El Gráfico 19, muestra los resultados de promedios mensuales para el contaminante Ozono (O₃) obtenidos en las diferentes estaciones de los 3 sitios emplazados en la ciudad de Arica, período de análisis Enero a Marzo y Octubre a Diciembre 2005.

Durante el primer periodo de medición, se observa un aumento paulatino de las concentraciones en el sitio 1 (JVL), promedio mensual de Enero 26.3 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, Febrero 29.9 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ y Marzo 36.2 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$. Respecto a Marzo, mes en que se tomaron muestras en los 3 sitios, los promedios son muy similares, entre 27.0 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ y 38.0 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$. El promedio más alto se registró en el sitio 9 (HAR) con un promedio mensual de 37.1 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ en Marzo. Analizando las muestras tomadas en el segundo periodo (Octubre a Diciembre), todos los sitios en promedio registran valores muy similares entre 32.0 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$ y 43.0 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, comparado con el periodo de Enero a Marzo.

Relacionando estimativamente los valores promedios mensuales para cada sitio donde fue muestreado este contaminante (durante 3 y 6 meses), los valores están bajo 60 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$; Valor de la Norma Anual de Corea y recomendado por la OMS. Sin embargo, los promedios no son bajos y corresponden aproximadamente al 50% del valor de la Norma Anual Coreana.

D. Resultados Mediciones Material Particulado Respirable (PM10/PM2.5).

Para medir este contaminante en el desarrollo de este estudio, se utilizaron analizadores semiautomáticos de bajo volumen del tipo exploratorio-diagnóstico (Harvard Impactors), éstos recolectan partículas en suspensión de un diámetro menor a 10 micrones (PM10) y a 2.5 micrones (PM2.5), gracias a un cabezal incorporado en la primera etapa de recolección de las partículas.

El programa de medición es de 1 muestreo cada 3 días, extendiendo la medición por un periodo de 24 horas ajustado a un día completo de acuerdo al Horario Oficial de Chile Continental.

En la actual normativa vigente en Chile, dispone una norma dictada para periodos de 24 horas que corresponde a 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], y se considera sobrepasada cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual es igual o superior a este valor en cualquiera de las estaciones con clasificación EMRP. También se le considera sobrepasada si antes que concluyese el primer periodo anual de mediciones se registrase en alguna de las estaciones con clasificación EMRP, un número de días mayor que 7 con mediciones sobre el valor de 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$].

Para el periodo anual la norma en vigencia establece una concentración de 50 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] , y se considerada sobrepasada cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos sea igual o superior a ese valor en cualquiera de las estaciones con clasificación EMRP. Se considerará como valor de concentración anual válido, aquel determinado a partir de mediciones realizadas durante a lo menos 11 meses del año calendario. En caso que durante un año calendario se disponga de mediciones para más de 8 meses y menos de 11 meses, para completar el periodo mínimo señalado, se considerara como valor mensual de cada mes faltante, la concentración mensual más alta medida en los 12 meses anteriores a cada mes faltante. Si se dispone de valores de sólo 8 o menos meses, no se podrá calcular un valor de concentración anual para la Estación correspondiente. Para efectuar el análisis de cumplimiento de las normas, las estaciones deben contar con la clasificación de Estación Monitora con Representatividad Poblacional para Material Particulado (EMRP). Sin embargo, sólo es posible efectuar un análisis de comparación del cumplimiento de la norma anual para el Sitio 3, Casino de juegos (CAS), el que cuenta con 11 meses de medición. Para los otros sitios, sitio 11 interior Empresa EDELNOR, sitio 4 Escuela D11 y sitio 1, Junta Vecinal Los Laureles, sólo es posible un análisis estimativo, por no contar con la suficiente información necesaria (6 meses de medición). Es preciso destacar, además, que esta comparación del cumplimiento de la norma anual, es de referencia, debido a que en ninguno de los sitios existen mediciones por 3 años consecutivos como especifica la norma.

El Gráfico 20, muestra los promedios 24 Horas de todos los sitios emplazados en la ciudad de Arica que corresponde a 4 sitios para medición de Material Particulado fracción PM10; estos son: sitio 3-Casino de Juegos Arica (CAS), sitio11- Interior Empresa EDELNOR (EDE), sitio 4-Escuela D11 (ESD) y sitio1-Junta Vecinal Los Laureles (JVL).

Si efectuamos una comparación con el valor de la norma de 24 horas en forma estimativa, todos los promedios de 24 horas están por debajo de ella. Por otro lado, si efectuamos la comparación con el valor referencial de la futura Norma PM10, que entrará en vigencia el año 2012 de 120 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], este valor de referencia tampoco es sobrepasado en ninguno de los sitios.

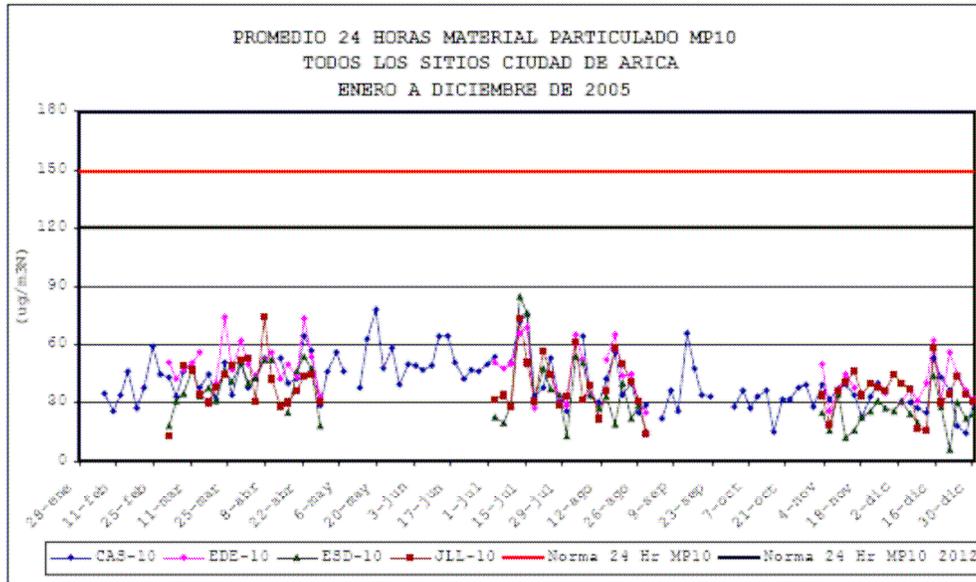


Gráfico 20. Comportamiento Diario (24 Horas) del Material Particulado PM10 Sitios de Medición Ciudad de Arica Periodo Enero a Diciembre 2005.

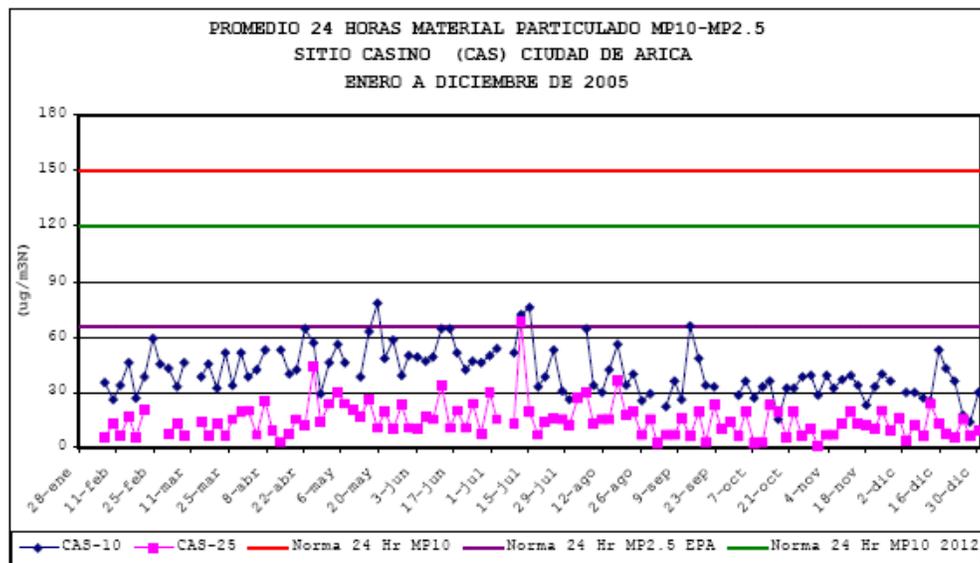


Gráfico 21. Comportamiento Diario (24 Horas) del Material Particulado PM10/PM2.5 Sitio 3. Casino de Arica (CAS) Ciudad de Arica Periodo Enero a Diciembre 2005.

El Gráfico 21, muestra los promedios 24 horas para la medición de Material Particulado respirable fracción PM10 y PM2.5 del sitio 3-Casino de Arica (CAS). En el Gráfico, la línea roja corresponde a la Norma Chilena diaria para PM10 de 150 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, y la línea morada corresponde a un valor promedio de 24 horas referencia EPA para PM2.5 de 65 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$, en ambos casos considerando el valor el sitio 3 (CAS) está bajo el valor de referencia EPA y bajo el valor de la norma diaria actual para PM10, tampoco excede la futura norma de 120 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$. Este sitio solamente 1 día registró un promedio de 24 horas de PM2.5 por sobre los 65 $[\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}]$. Hay que indicar también que los muestreos tuvieron una frecuencia de 1 cada 3 días por un total de 11 meses.

Basado en lo anteriormente mencionado y a modo de calcular **en forma estimativa el cumplimiento del valor de la norma** de periodo corto, cuya evaluación es del tipo anual, son presentadas las siguientes tablas (ver tabla 11 y 12), donde está resumido el cumplimiento del valor de norma para el sitio 3 (CAS) del cual tenemos más información (11 meses) y para el resto de los sitios, 11 (EDE), 4 (ESD) y 1 (JVL), los cuales registran información de 6 meses de medición.

Tabla 11. Comparación estimativa del cumplimiento del valor de la norma 24 Horas PM 10 sitios medición Material Particulado. Arica - 2005.

Estadística	Estaciones			
	CAS	EDE	ESD	JLL
Percentil 98 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	76	73	80	73
Valor Norma 24 Hrs.	150	150	150	150
% Percentil 98 del Valor de la Norma	51	49	53	49
Estimación de Cumplimiento Norma 24 hrs.	Si	Si	Si	Si

Tabla 12. Comparación estimativa del cumplimiento del valor referencia EPA 24 Horas PM2.5 sitio (CAS) medición Material Particulado 2.5 Arica - 2005.

Estadística	Estaciones
	CAS
Percentil 98 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	44
Valor Norma 24 Hrs.	65
% Percentil 98 del Valor de la Norma	68
Estimación de Cumplimiento Norma 24 hrs.	si

Tabla 13. Comparación con el valor norma anual del Material Particulado PM10 sitios de medición ciudad de Arica. Periodo Enero a Diciembre 2005.

Mes	Promedio mensual para PM 10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]			
	Casino (3-CAS)	EDELNOR (11-EDE)	E. D11 (4-ESD)	J.V L Laureles (1-JLL)
ENE				
FEB	38.8			
MAR	48.4	52.3	37.2	39.8
ABR	46.1	49.3	42.0	41.4
MAY	52.1			
JUN	39.2			
JUL	48.2	46.4	39.5	41.3
AGO	39.3	41.5	27.2	36.5
SEP	37.9			
OCT	31.3			
NOV	34.8	38.3	23.4	36.0
DIC	30.6	40.0	25.4	34.3
Promedio Periodo	40.6	44.7	32.5	38.2
Cumple con la norma	SI	SI	SI	SI
Valor Norma Anual	50	50	50	50

Según los resultados obtenido se da **cumplimiento estimativo del valor de la norma anual** de Material Particulado fracción PM10 micrones. Todos los sitios están bajo esta norma. El sitio 11 (EDE), registró un promedio estimativo anual de 44.7 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], considerando 6 meses de medición cercano al valor referencial de la norma anual, es importante señalar que hubo pérdida de muestras por fallas en el suministro eléctrico, lo que baja el promedio en algunos meses en este sitio. Para el resto de los sitios de igual periodo, los promedios referenciales anuales calculados están bajo los 40.0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. El sitio 3 (CAS) donde se tiene 11 meses de monitoreo, se puede utilizar como referencia para evaluar el valor de la norma anual, registró un promedio de 40.3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], bajo el valor de la norma anual.

Recomendamos, para una mejor evaluación del cumplimiento de la norma anual para PM10, efectuar mediciones por periodos más largos (3 años consecutivos), con una frecuencia de muestreos de 1 cada 2 días, en caso contrario, efectuar mediciones de PM2.5 en 2 Sectores en la ciudad de Arica con clasificación EMRP, siendo uno de los sitios seleccionado el sector donde esta emplazada la Empresa EDELNOR y otro sitio tipo background en función a los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en la ciudad de Arica.

E. Resultados Mediciones Tubos Pasivos BTEX en Arica.

El Gráfico 22, muestra los promedios mensuales registrados en el sitio 2 (SER) y sitio 12 (EME) comparándolo con la Norma Anual de la Comunidad Europea (CAFE). La última barra de color verde, indica el promedio anual del sitio 2 (SER) (donde se muestreo durante los 12 meses año 2005) y que correspondió a 3.3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], valor bajo la Norma Anual de la Comunidad Europea (CAFE). Para el caso del sitio 12 (EME), que sólo se tienen 6 meses, fue calculado un promedio correspondiente a este periodo indicando un valor de 3.4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], valor bajo el valor de la Norma anual de la Comunidad Europea (CAFE).

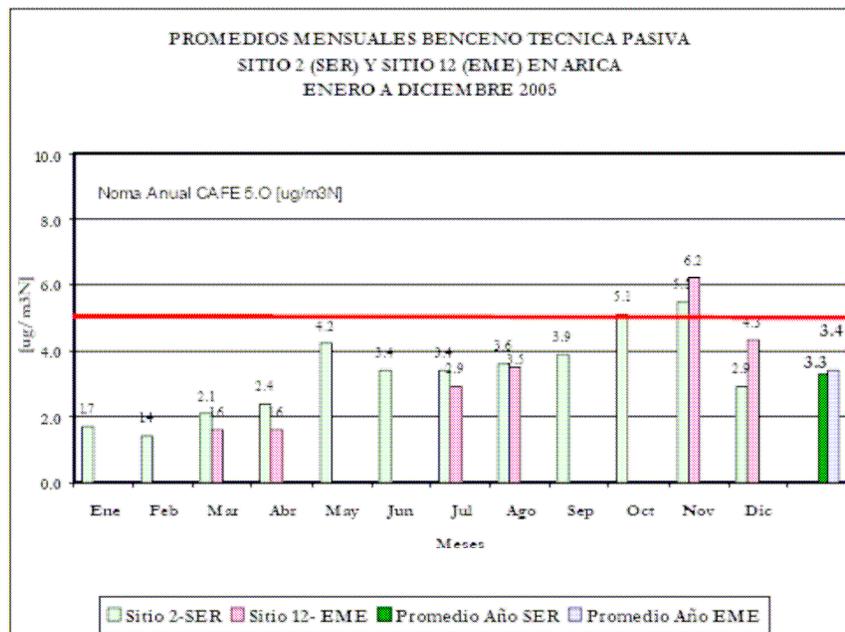


Gráfico 22. Comportamiento Mensual del Benceno Sitio 2 (SER) y Sitio 12 (EME) Comparándolo con Norma Anual Comunidad Europea (CAFE). Arica-2005.

En la Tabla 14 muestra en forma una comparación de los valores anuales obtenidos en la ciudad de Arica del sitio 2 (SER) donde existen resultados para los 12 meses y para el caso del sitio 12 (EME) que tiene 6 meses de medición, es efectuada una comparación tomando en cuenta esta consideración. En ambos casos los valores utilizados como referencia y los resultados obtenidos para ambos sitios, están por debajo de los valores promedio anual del TNRCC.

Tabla 14 Comparación referencial anual TNRCC con los promedios obtenidos de los sitios de monitoreo en la ciudad de Arica. Enero – Diciembre 2005.

Especie	Promedio Anual TNRCC [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]	Promedio Anual sitio 12 EME [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] (6meses)	Promedio Anual sitio 2- SER [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] (12 meses)
Tolueno	188.0	8.9	4.2
Etilbenceno	434.0	1.5	0.9
p-m-Xileno	434.0	7.1	3.3
o-Xileno	434.0	2.3	1.3

5.2.3 Resultados de Especiación Química Partículas PM2.5 y PM10.

La preparación del material de muestreo, la estabilización de las muestras, su disolución y análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio del Departamento de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción. Esta cuenta con una trayectoria de más de 30 años de relación y servicios a empresas e instituciones. SAT nace como una necesidad de aprovechar la infraestructura y equipamiento analítico de la Facultad de Ciencias Químicas en la solución de problemas analíticos y de tecnología química. Actualmente el SAT cuenta con personal, infraestructura y equipamiento de alto nivel científico y tecnológico, a disposición de la comunidad universitaria y del sector productivo. Las actividades del SAT cumplen un rol eminentemente de servicio, con el fin de fortalecer el aporte de la Facultad al proceso de desarrollo regional y nacional. En sus determinaciones analíticas, el SAT emplea las metodologías establecidas en las normativas vigentes para diferentes matrices, tales como:

- Agua Potable (NCh.409 Of. 78)
- Aguas Superficiales (NCh.1.333 Of. 78)
- Residuos Industriales Líquidos (NCh 2.313)
- Residuos Industriales Sólidos (USA-EPA, SW-846)
- Material Particulado en Aire (EPA 625/R-96/010a, Métodos IO3.1, IO3.2)

La calidad de los resultados se verifican periódicamente mediante procesos de intercalibración con laboratorios acreditados de referencia (INTEC- Fundación Chile).

En el presente estudio, los filtros se estabilizaron y pesaron antes y después de su exposición en terreno bajo condiciones controladas de temperatura y humedad de acuerdo a lo establecido en la norma EPA/625/R-96/010^a. Para su análisis, el filtro en su totalidad se lixivió en una mezcla HCl/HNO₃ 1:3, la solución se filtra y se lleva a volumen final de aforo de 25 ml. Esta solución se utiliza tanto para la determinación de Arsénico como para

la determinación de Plomo y de Zinc, las cuales se realizaron mediante Espectroscopía de Absorción Atómica. Las determinaciones de los elementos en estudio se realizó mediante métodos estándares habituales en la determinación de trazas inorgánicas.

En el caso del Arsénico, se empleó un sistema Perkin Elmer Analyst 100 con sistema de generación de hidruros por análisis de inyección en flujo (FIAS) y lectura a 193,8 nm. Bajo estas condiciones, el límite de detección de As en solución es de 1 microgramo por litro parte por billón). Para Plomo y Zinc, las determinaciones se realizaron directamente mediante Espectroscopía de Absorción Atómica con llama en un sistema Unicam Solar con sistema de muestreo de alta sensibilidad (impact bead), respectivamente a 217,3 nm para Pb y a 214,1 nm para Zn. El límite de detección bajo estas condiciones respectivamente resultó ser de 0,04 miligramos por litro para Plomo y de 0,020 miligramos por litro para Zinc.

Límites de Detección en Aire

Bajo las condiciones de trabajo descritas precedentemente, considerando:

- Flujo de muestreo: 10,0 l/min
- Tiempo de muestreo: 24 h
- Volumen de aire muestreado: 14,4 l
- Volumen de disolución de la muestra: 25 ml
- Los límites de detección en solución especificados en el párrafo precedente,

Los límites de detección directamente en aire son los siguientes:

- Arsénico: 1,7 ng/m³N
- Plomo: 70 ng/m³N
- Zinc: 35 ng/m³N

La caracterización o especiación del Material Particulado, colectado en los sistemas Harvard Impactor (HI) sobre filtros de Teflón de 37 mm de diámetro a un flujo de 10.0 [l/min] a temperatura ambiente durante 24 h consecutiva, se determinó sobre la base de los elementos de mayor concentración y mayor peligrosidad en los minerales a granel que se transportan desde Bolivia. Finalmente los seleccionados para el análisis de este estudio fueron: Arsénico (As), Plomo (Pb) y Zinc (Zn).

La selección de los filtros de Material Particulado para la especiación química, se encuentra descrito en las tablas que a continuación se presentan:

Tabla 15. Selección de muestras para especiación Química en las ciudades de Arica y de Iquique durante el periodo estival.

		IQUIQUE			ARICA			
Mes	Día	Sitio	PM 10	PM 2.5	Día	Sitio	PM 10	PM 2.5
FEB	15	HOS	-	SI	15	CAS	-	SI
ABR	1	HOS	-	SI	1	CAS	-	SI
SEP	25	HOS	-	SI	25	CAS	-	SI
OCT	4	HOS	SI	SI	-	-	-	-
	4	ECH	SI	-	-	-	-	-
	4	VLP	SI	-	-	-	-	-
	4	INP	SI	-	-	-	-	-
DIC	15	HOS	SI	SI	15	CAS	SI	SI
	15	-	-	-	15	EDE	SI	-
	15	-	-	-	15	ESD	SI	-
	15	-	-	-	15	JLL	SI	-

Tabla 16. Selección de muestras para especiación Química en las ciudades de Arica y de Iquique durante el periodo invernal.

		IQUIQUE			ARICA			
Mes	Día	Sitio	PM 10	PM 2.5	Día	Sitio	PM 10	PM 2.5
MAY	15	HOS	-	SI	16	CAS	-	SI
JUN	6	HOS	-	SI	6	CAS	-	SI
	12	HOS	SI	SI	12	CAS	-	SI
	12	ECH	SI	-	-	-	-	-
	12	VLP	SI	-	-	-	-	-
	12	INP	SI	-	-	-	-	-
	18	-	-	-	18	CAS	-	SI
	24	-	-	-	24	CAS	-	SI
	30	-	-	-	30	CAS	-	SI
JUL	3	-	-	-	3	CAS	-	SI
	9	-	-	-	9	CAS	-	SI
	15	HOS	-	SI	15	CAS	SI	SI
	15	-	-	-	15	EDE	SI	-
	15	-	-	-	15	ESD	SI	-
	15	-	-	-	15	JLL	SI	-
	21	HOS	-	SI	21	CAS	-	SI
	27	-	-	-	27	CAS	SI	SI
	27	-	-	-	27	EDE	SI	-
	27	-	-	-	27	ESD	SI	-
	27	-	-	-	27	JLL	SI	-
AGO	2	HOS	-	SI	2	CAS	SI	-

- **PLOMO**

Existe una Norma Chilena de Calidad Primaria para el Plomo en Aire de 500 [ng/m³N] anual, D.S N° 136 del 07 de Agosto del 2000. Se considera sobrepasada la norma cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de dos años sucesivos supera el nivel de la norma en cualquier estación que tenga la clasificación de "Estación Monitorea con Representatividad Poblacional para Plomo" (ERMPb).

Para el cálculo de esta norma anual se debe tener las mismas consideraciones que establece el cálculo de la norma anual del Material Particulado PM10, y adicionalmente, se considera como valor de concentración mensual válido aquel que contemple las mediciones de Plomo de al menos el 70% de los valores programados para el mes, de acuerdo a la periodicidad de monitoreo previamente definida. En el caso de la determinación de la concentración mensual por compuesto, se deberá utilizar al menos el 70% de los filtros programados para el mes.

Por tal razón no es posible determinar el cumplimiento de la norma, por no contar con el periodo de medición, ni el número de muestras suficientes. Para efectos de este estudio diagnóstico fueron seleccionadas algunos filtros para ser especiados, tanto filtros de PM10 como filtros de PM2.5, para las ciudades de Iquique y Arica, privilegiando esta última ciudad.

Realizados los análisis en el Laboratorio de Departamento de Análisis Instrumental, Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción, de un total de 48 muestras analizadas (sumando las de Arica e Iquique), los análisis de más del 98% de las muestras estuvieron bajo el límite de detección del método, que corresponde a 70 [ng/m³N].

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos en la especiación química para el Plomo presente en el Material Particulado fracción PM2.5 y PM10, para muestras tomadas en la ciudad de Iquique. Para la mayoría de los muestreos analizados y promediados, corresponden a valores bajo el límite de detección de 70 [ng/m³N]. Sólo una muestra analizada de PM10 registró un valor sobre el límite de detección, muestra de PM10 sitio 8, Escuela Chipana (ECH) el 04-Oct-2005, si bien es cierto que es una muestra puntual, se debiera tener en consideración para nuevas mediciones de este contaminante.

Tabla 17. Comparación promedio anual referencial del cumplimiento del valor de la Norma Anual del Plomo en PM10 y comparación referencial para el PM2.5. Iquique - 2005.

IQUIQUE					
Pb en PM 10 [ng/m ³ N]					
Ene-Feb-Mar					
Abr-May-Jun	70	70	70	70	
Jul-Ago-Sep					
Oct-Nov-Dic	70	70	70	400	70
Promedio Anual	107				
Referencia Anual	500				

IQUIQUE				
Pb en PM 2.5 [ng/m ³ N]				
Ene-Feb-Mar	70			
Abr-May-Jun	70	70	70	70
Jul-Ago-Sep	70	70	70	70
Oct-Nov-Dic	70	70		
Promedio Anual	70			
Referencia Anual	500			

Efectuando un cálculo promedio anual para la fracción PM10 considerando todas las muestras analizadas en el año 2005 en la ciudad de Iquique, indistintamente del sitio de medición y con las consideraciones antes señaladas (forma de cálculo de esta Norma), fue calculado un promedio anual, como valor estimado para una primera comparación con el valor de la norma anual de Plomo en Material Particulado PM10 y para el caso del PM2.5 fue efectuado el mismo cálculo considerando este valor de la norma como una referencia. La tabla 18 muestra los resultados de este ejercicio, para los muestreos analizados y promediados de la ciudad de Arica, los que corresponden a valores bajo el límite de detección [70 ng/m³N].

Tabla 18 Comparación promedio anual referencial del cumplimiento del valor de la Norma Anual del Plomo en PM10 y comparación referencial para el PM2.5. Arica - 2005.

ARICA								
Pb en PM 10 [ng/m ³]								
Ene-Feb-Mar								
Abr-May-Jun	70	70	70	70	70	70	70	70
Jul-Ago-Sep								
Oct-Nov-Dic	70	70	70	70				
Promedio Anual	107							
Referencia Anual	500							

ARICA							
Pb en PM 2.5 [ng/m ³]							
Ene-Feb-Mar	70						
Abr-May-Jun	70	70	70	70	70	70	70
Jul-Ago-Sep	70	70	70	70	70	70	70
Oct-Nov-Dic	70	70					
Promedio Anual	70						
Referencia Anual	500						

De la especiación de filtros realizados en la ciudad de Arica, considerando que solamente se cuenta con una Norma Chilena para el Plomo y dadas las razones antes expuestas (forma de cálculo de esta norma), solamente fue posible efectuar análisis estimativos, calculando promedios anuales en función a los análisis efectuados, en todo caso, de las 29

muestras analizadas para la ciudad de Arica (fracción PM10 y PM2.5), el 100% de las muestras están bajo el límite de detección del método correspondiente a 70 [ng/m³N], siendo el valor de referencia de 500 [ng/m³N], para este contaminante no es superado el valor de la norma anual en las muestras analizadas y se encuentra lejos de superarlo.

Por lo tanto, en ambas ciudades el Plomo no afecta la calidad del aire para la salud de las personas.

• ARSÉNICO

Respecto del elemento Arsénico (As), el valor de referencia de 6 [ng/m³N] (Nivel de Vigilancia anual) de la Comunidad Europea (Proyecto CAFE).

Comparando el valor referencial anual antes mencionado, con los resultados obtenidos de los promedios anuales calculados tanto para PM10, como PM2.5; para la ciudad de Iquique se obtuvo para PM10 un valor promedio de 6 [ng/m³N] y de 8.0 [ng/m³N] para PM2.5, este último, ligeramente sobre el nivel de referencia. Para la ciudad de Arica, un promedio estimado para PM10 de 31 [ng/m³N], valor anual por 5 veces el valor de referencia, y para PM2.5 de 9.0 [ng/m³N] muy similar al registrado en Iquique y ligeramente más alto del valor de referencia anual de Arsénico. Ver Tablas 19 y 20. Para este análisis comparativo el límite de detección del método integral de análisis es de 2 [ng/m³N]. Si se considera lo indicado en el Estudio "Determinación de Línea base Nacional del Contenido de Arsénico en Material Particulado Respirable" efectuado por el SMHI-Suecia y encargado por CONAMA (ref.: 22-0023-09), dentro de las conclusiones considera "que los niveles línea base de As en PM10 son de 5 [ng/m³N] para la zona Norte de Chile", dado las características que tiene el suelo en Chile, principalmente en el Norte de nuestro país. Por tanto, considerando esta línea base y restando este valor basal a los resultados de los promedios anuales calculados; Iquique presenta valores promedios anuales ligeramente sobre el valor de referencia para PM10 y PM2.5, lo mismo para el PM2.5, en Arica mientras que el valor de referencia para el PM 10 en la última ciudad es excedido notablemente.

Tabla 19 Comparación referencial Norma Anual de Arsénico en PM10 y comparación referencial para el PM 2.5 Iquique –2005

IQUIQUE					
As en PM 10 [ng/m ³]					
Ene-Feb-Mar					
Abr-May-Jun	9	11	11	9	
Jul-Ago-Sep					
Oct-Nov-Dic	2	2	2	2	7
Promedio Anual	6				
Referencia Anual	6				

IQUIQUE					
As en PM 2.5 [ng/m ³]					
Ene-Feb-Mar	11				
Abr-May-Jun	14	7	14	7	
Jul-Ago-Sep	24	2	7	2	
Oct-Nov-Dic	2	3			
Promedio Anual	8				
Referencia Anual	6				

Tabla 20: Comparación referencial, Norma Anual de Arsénico en PM10 y PM2.5, Arica - 2005.

ARICA								
As en PM 10 [ng/m ³]								
Ene-Feb-Mar								
Abr-May-Jun								
Jul-Ago-Sep	73	66	64	50	7	4	15	12
Oct-Nov-Dic	22	24	24	16				
Promedio Anual	31							
Referencia Anual	6							

ARICA								
As en PM 2.5 [ng/m ³]								
Ene-Feb-Mar	5							
Abr-May-Jun	7	16	5	7	5	7	5	
Jul-Ago-Sep	2	3	25	2	12	26	2	
Oct-Nov-Dic	9							
Promedio Anual	9							
Referencia Anual	6							

- **ZINC**

Altas concentraciones del elemento Zinc también puede producir daños en la salud, los efectos adversos generalmente empiezan con niveles entre 100 a 250 [ng/día]. Respirar grandes cantidades de Zinc (en polvos o vapores) puede causar una enfermedad específica de corta duración, sintiendo como un resfrío fuerte, conocida como fiebre de vapores de metal. Esta parece ser una reacción inmunitaria que afecta los pulmones y la temperatura corporal. Los efectos de respirar grandes cantidades de Zinc por largo tiempo no se conocen.

En Chile, no existe una norma que determine los valores de concentración de esta especie en el aire. El estudio "Proceso de fijación y revisión de normas de calidad del aire", realizado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente Lima, año 2000, señala que solamente en Bolivia, Costa Rica (aprobados por el Ministerio de Salud), Cuba y Venezuela, han establecido valores límites de calidad del aire para algunos contaminantes no tradicionales, como es el caso del Zinc. Este valor referencial para la protección de la Salud Pública es de 500 [ng/m³N], como valor anual.

En la siguientes tablas son presentados los resultados de la especiación de del Material Particulado fracción PM10 y PM2.5 en Iquique como en Arica.

Tabla 21: Comparación referencial Norma Anual de Zinc PM10 y Comparación referencial para el PM2.5. Iquique - 2005.

IQUIQUE					
Zn en PM 10 [ng/m ³]					
Ene-Feb-Mar					
Abr-May-Jun	63	102	74	140	
Jul-Ago-Sep					
Oct-Nov-Dic	4	4	39	44	87
Promedio Anual	62				
Referencia Anual	500				

IQUIQUE				
Zn en PM 2.5 [ng/m ³]				
Ene-Feb-Mar	165			
Abr-May-Jun	280	151	111	39
Jul-Ago-Sep	84	96	60	4
Oct-Nov-Dic	50	54		
Promedio Anual	99			
Referencia Anual	500			

Tabla 22: Comparación referencial, Norma Anual de Zinc PM10 y PM2.5, Arica - 2005.

ARICA								
Zn en PM 10 [ng/m ³]								
Ene-Feb-Mar								
Abr-May-Jun								
Jul-Ago-Sep	53	50	98	149	75	34	105	101
Oct-Nov-Dic	117	4	224	221				
Promedio Anual	103							
Referencia Anual	500							

ARICA							
Zn en PM 2.5 [ng/m ³]							
Ene-Feb-Mar	102						
Abr-May-Jun	133	428	79	56	71	78	60
Jul-Ago-Sep	30	39	32	33	203	57	88
Oct-Nov-Dic	111						
Promedio Anual	100						
Referencia Anual	500						

6. Conclusiones.

6.1 Conclusiones Iquique.

- Para el contaminante NO₂, en la ciudad de Iquique, ningún sitio de medición superó el valor de la Norma Anual de 100 [µg/m³N]. Todos los valores correspondientes al promedio de los periodos, están bajo 31.0 [µg/m³N]. El sitio permanente promedió un valor de 23.7 [µg/m³N] representando un 24% de la norma de referencia, sin afectar mayormente la calidad del aire.
- Para el contaminante SO₂, ningún sitio de medición superó la Norma Anual de 80 [µg/m³N]. Todos los valores correspondientes al promedio de los periodos, están por debajo de los 37.0 [µg/m³N]. El sitio permanente obtuvo un valor anual de 6.9 [µg/m³N], los sitios secuenciales muestran un similar comportamiento lo que se concluye que el resto de los sitios difícilmente hubieran superado la norma.
- Para el contaminante O₃, todos los sitios están bajo la Norma de Referencia Anual de Corea, de 60 [µg/m³N]. Sin embargo, los promedios mensuales corresponden a aproximadamente al 50% del valor de Referencia Norma Anual Coreana y la sugerida por la OMS. El sitio que obtuvo mayores resultados fue el sitio 1-CAV, siendo el sitio permanente.
- Para Material Particulado todos los valores obtenidos en la ciudad de Iquique están por debajo de la norma diaria de PM10 de 150 [µg/m³N]. Registrándose, sólo en los sitios 2- Villa La Portada (VLP) y 10-Hospital (HOS), promedios diarios cercanos al valor de la norma diaria de 150 [µg/m³N].
- Considerando la Norma Primaria referida de PM10 de 120 [µg/m³N] que entrará en vigencia a partir de Enero de 2012, el sitio 2-Villa La Portada (VLP) podría no cumplir con el valor de esta norma, teniendo en cuenta que se registró un caso sobre este valor.
- El sitio 2-Villa La Portada (VLL), registró en tres (3) de los cinco (5) meses de medición, un promedio de 54.2 [µg/m³N], el cual esta ligeramente sobre el valor de la norma anual, lo que señalaría que posiblemente efectuando mediciones durante un año completo el sitio 2-Villa La Portada (VLL) podría superar el valor de la norma tri-anual.
- Las fuentes fijas más cercanas al sitio Villa La Portada (VLP), son las canteras, las cuales originan Material Particulado de diversos tamaños, incluso material que no es posible cuantificar si es mayor de 10 µ. Al comparar los filtros de otros sitios con el de VLP, se constatan filtros de color café claro, a diferencia de otros sitios de la ciudad que presentan un color negro a gris.
- En el sitio 10 (HOS), las concentraciones de PM2.5, no superaron la Norma Diaria de Referencia EPA para PM2.5 de 65 [µg/m³N].
- Respecto a la determinación de Compuestos Orgánicos Volátiles o Tóxicos, el Benceno, en la estación que monitoreo 3 meses, presentó un comportamiento ligeramente excedido de la Norma Anual de la Comunidad Europea de 5.0 [µg/m³N]. Por otro lado, la estación que midió durante 6 meses, uno de los sitios de medición estuvo cercano al valor de la Norma (CAFE), por lo que es importante tener presente en mediciones futuras.
- Para el resto de los compuestos analizados (Tolueno, Etilbenceno, p-m- Xileno y o-Xileno), se efectuaron comparaciones con el valor anual sugerido por "Texas Natural Resource Conservation Commission", donde todos los valores se encuentran dentro de los límites permitidos.

- Sólo una de las muestras analizadas en la ciudad de Iquique, para el contaminante Plomo, presentó valores de concentración mayores al límite de detección ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), correspondiente a la muestra de PM₁₀ Sitio 8, Escuela Chipana (ECH) el 04-Oct-2005, con un valor de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, por lo tanto, este es un punto crítico que debe ser analizado en estudios posteriores o mediciones puntuales del sector.
- Para Iquique los valores para el Arsénico obtenidos fueron más bajos en comparación con Arica, obteniendo un valor de $6 \text{ ng}/\text{m}^3\text{N}$ para PM₁₀ y de $8 \text{ ng}/\text{m}^3\text{N}$ para PM_{2.5}, igual y levemente superior a la norma de referencia ($6 \text{ ng}/\text{m}^3\text{N}$). Sin considerar la línea base descrita en el estudio indicado. ($5 \text{ ng}/\text{m}^3\text{N}$)
- Los valores promedios para el Zinc fueron de $62 \text{ ngr}/\text{m}^3\text{N}$ para el PM₁₀ y de $99 \text{ ngr}/\text{m}^3\text{N}$ para el PM_{2.5}, los que no superan la norma referenciada de $500 \text{ ngr}/\text{m}^3\text{N}$. Por lo que el recurso aire no se ve afectado por este elemento.

6.2 Conclusiones Arica.

- Para el contaminante NO₂, en la ciudad de Arica se observó que ningún sitio de medición superó el valor de la norma anual de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Todos los valores correspondientes al promedio de los periodos, son menores a $21.0 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Al igual que Iquique el comportamiento de las concentraciones en la atmósfera de este elemento se comporta de manera similar en todos los sitios de monitoreo, por lo que se concluye que aunque el monitoreo fuera constante no alcanzaría a sobrepasar los valores de la norma.
- Para el contaminante SO₂, ningún sitio de medición superó la norma anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Todos los valores correspondientes al promedio de los periodos, están por debajo de $25.0 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El sitio permanente (SER), obtuvo un promedio de $6.4 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, muy por debajo de la norma de referencia ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).
- Para el contaminante O₃, todos los sitios están bajo la Norma de Referencia Anual de Corea, de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Sin embargo, los promedios mensuales corresponden a aproximadamente al 50% del valor de Referencia Norma Anual Coreana, registrándose el mayor promedio en el sitio 9 (HAR) con un promedio mensual de $37.1 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- Para Material Particulado todos los valores obtenidos en la ciudad de Arica están por debajo de la Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable diaria de PM₁₀ de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, ni siquiera superan los $120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- El sitio 11-(EDE), registró un promedio anual de $44.7 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, cercano al valor referencial de la norma anual, sin embargo, hubo pérdida de muestreos lo que podría haber bajado el valor calculado para algunos meses en este sitio. El resto de los sitios de igual periodo de medición (6 meses) los promedios anuales calculados están por debajo los $40.0 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. El sitio 3-(CAS) donde se monitoreo 11 meses, registró un promedio de $40.3 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, bajo el valor norma anual.
- En el sitio 3 (CAS) donde se monitoreo PM_{2.5}, registró solo 1 día de superación la norma diaria de referencia EPA para PM_{2.5} de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, y su promedio anual es un 68% del valor de referencia.
- Respecto a la determinación de Compuestos Orgánicos Volátiles o Tóxicos, el Benceno, la estación que monitoreo tanto 3, como 6 meses, no excedieron la Norma Anual de Referencia de la Comunidad Europea (CAFE) de $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$,

siendo los valores menores al los registrados en la ciudad de Iquique. El promedio del sitio permanente no superó los 3.3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$].

- En cuanto al resto de los C.O.V. al compararlos con el valor de referencia obtenido de TNRCC, no superan el valor, siendo mínimas las mediciones registradas.
- De la especiación de filtros realizados en la ciudad de Arica, considerando que sólo se cuenta con una Norma Chilena para el Plomo, sólo fue posible efectuar análisis estimativos. El 98% de las muestras para ambas ciudades están bajo el límite de detección del método que corresponde a 70 [$\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$], siendo la norma anual utilizada como valor de referencia de 500 [$\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$]. Por lo que las concentraciones de Plomo en el aire de la ciudad de Arica no presenta mayor preocupación para la calidad de vidas de la población. No obstante, no se puede concluir sobre la situación en las concentraciones de Plomo presentes en el suelo.
- Si consideramos lo indicado en el Estudio "Determinación de Línea base Nacional del contenido de Arsénico en Material Particulado Respirable" efectuado por el SMHI-Suecia estudio encargado por CONAMA (Ref. 22-0023-09), dentro de las conclusiones considera "que los niveles línea base de As en PM10 son de 5 [$\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$] para la zona Norte de Chile", dado las características que tiene el suelo en Chile, principalmente en el Norte de nuestro país. Por lo tanto, considerando esta línea base y los resultados de los promedios anuales calculados restando este valor basal, Arica presenta valores promedios anuales ligeramente sobre el valor de referencia para PM2.5, mientras que este valor de referencia en PM10 es altamente sobrepasado. Supera 5 veces el valor de referencia.
- Los resultados registrados para las estaciones de Arica indican que el elemento Zinc, se encuentran por debajo del valor referencial (500 $\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$), por tanto se puede concluir que la concentración de Zinc en el aire no es perjudicial para la calidad del aire. Siendo los valores registrados en el PM10 muestran un promedio de 103 [$\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$] y un valor promedio de 100 [$\text{ng}/\text{m}^3\text{N}$] para el PM2.5.

7. Recomendaciones.

7.1 Recomendaciones Iquique.

- Se recomienda para una mejor evaluación del cumplimiento de la norma principalmente anual para PM10, efectuar mediciones por periodos más largos con una frecuencia de 1 muestreo cada 2 días.
- Efectuar mediciones de PM2.5 en 3 Sectores en la ciudad de Iquique con estaciones que cumplan con la clasificación EMRP, siendo el sector de la Villa La Portada el de mayor interés puesto que fue el que registró mayores promedios mensuales de PM10.
- Para efectos de conocer las concentraciones de compuestos BTEX, en la ciudad de Iquique en sectores residenciales y tener un sitio del tipo background. Es recomendable mantener mediciones cada 2 meses en 3 Sectores de la ciudad (2 en área residencial y 1 sitio background), por un periodo de al menos 1 año .

7.2 Recomendaciones Arica.

- Se recomienda para una mejor evaluación del cumplimiento de la norma principalmente anual para PM10, efectuar mediciones por periodos más largos con una frecuencia de 1 muestreo cada 2 días.

- Para efectos de conocer las concentraciones de compuestos BTEX, en la ciudad de Arica en sectores residenciales y tener un sitio del tipo background. Es recomendable mantener mediciones cada 2 meses en 3 Sectores de la ciudad (2 en área residencial y 1 sitio background), por un periodo de al menos 1 año .

8. Bibliografía.

1. Estudio "Campaña Caracterización Aerosoles Secundarios". Universidad de Concepción Facultad de Química, Dr. Dietrich von Baer, Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento Química
2. An urban photochemistry study in Santiago de Chile. Atmospheric Environment, Volume 39, Issue16, May 2005, Pages 2913-2931. B. Rappenglück, R. Schmitz, M. Bauerfeind, F. Cereceda-Balic, D. von Baer, H. Jorquera, Y. Silva and P. Oyola
3. INTEC-CHILE. "Estudio Diagnóstico y mejoramiento integral de la medición de la Contaminación del Aire en la Región Metropolitana". Estudio solicitado por SESMA con fondos MIDEPLAN. 1996.
4. EPA. "Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems". U.S EPA, Office of Research and development, Research Triangle Park. N.C EPA-600/R-94/038B-D. 1994.
5. Estudio Monitoreo Calidad del Aire Sector Aeropuerto". DGAC. 2003 y 2005.
6. Normas Ambientales dictadas bajo la Ley de Bases del Medio Ambiente Nº 19.300". Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2003.
7. Ministerio de Salud, Riesgos Toxicológicos Ocupacionales y del Ambiente. Dr. Yuri Carvajal B. Llanchipal.
8. www.atsdr.cdc.gov. "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades". (ATSDR). 2005

El Estudio Básico “Diagnóstico y Monitoreo de la Calidad del Aire en las Comunas de Arica e Iquique”, Código BIP 30003552, fue coordinado por la Unidad de Control de la Contaminación de la Dirección Regional de CONAMA, Región Tarapacá, actuando como colaboradores directos las siguientes instituciones de la Región Tarapacá :

- CONAMA Dirección Ejecutiva
- Gobierno Regional de Tarapacá
- Ilustre Municipalidad de Arica
- Ilustre Municipalidad de Iquique
- Secretaría regional Ministerial de Salud,
- Secretaría Regional Ministerial Transportes y Telecomunicaciones,
- Secretaría Regional Ministerial Vivienda y Urbanismo

Iquique, 29 de Diciembre de 2006

Archivo Resumen Final Calidad Aire 2005