

UCH-FC
Q. Ambiental
N 964
C. 1



FACULTAD DE CIENCIAS

UNIVERSIDAD DE CHILE

**“APORTES AL MONITOREO CONTINUO DE OLORES EN PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS. UN CASO DE ESTUDIO: EL TREBAL”**

Seminario de Título entregado a la

Universidad de Chile en cumplimiento parcial

de los requisitos para optar al Título de:

Químico Ambiental

Por:

MATÍAS ELEAZAR ANDRÉS NÚÑEZ LOBOS

Septiembre 2016

Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TITULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el candidato:

MATÍAS ELEAZAR ANDRÉS NÚÑEZ LOBOS

“APORTES AL MONITOREO CONTINUO DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS. CASO DE ESTUDIO EL TREBAL”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

NOMBRE Dr. Manuel Leiva Guzmán

Director y Patrocinante Seminario de Título

NOMBRE Dr. Richard Toro Araya

Presidente

NOMBRE Dra. Isel Cortes Nodarse

Corrector



Santiago de Chile, Septiembre de 2016.

RESEÑA



Nací un 25 de Mayo de 1985 en la ciudad de Santiago. Desde los 5 años vivo en la comuna de Maipú.

Durante la enseñanza básica y media, siempre hubo un interés por las ciencias, de cómo explican los fenómenos que suceden día a día en nuestro entorno. Por otro lado siempre gusté de la vida al aire libre, de la naturaleza y lo maravilloso del medio ambiente, es por aquello que a unos cortos 16 años nació la intención de estudiar algo relacionado y que se complementarán mutuamente.

Así fue como tomé la decisión de ingresar a una Universidad con tradición, prestigio, de carácter público, de excelencia, pluralista, equitativa, integral, ética y de gran trayectoria, como lo es la Universidad de Chile.

A lo largo del ciclo académico universitario, la Química Ambiental me enseñó a desarrollarme como profesional, desde ver de forma científica, analítica y cualitativa la forma de solucionar problemas e inquietudes, como también cuidar, preservar, mejorar y sobre todo admirar nuestro medio ambiente en toda su magnitud, desde cambiar un proceso o implementar un plan de acción que nos lleve a un entorno sustentable.

"La gran belleza de nuestra ciencia estriba en que un descubrimiento, por grande o pequeño que sea, en lugar de agotar el tema de investigación, abre las puertas a otro conocimiento más profundo y más amplio en desbordante hermosura y utilidad"

Michael Faraday (1791 - 1867)

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mi familia, especialmente a mis padres, Eleazar y Sandra que siempre entregaron lo mejor de ellos para que sus hijos se desarrollaran plenamente, lo que me llena de orgullo.

A mis hermanos Pamela y Ariel, que día a día crecieron junto a mí, compartiendo sus alegrías, emociones y experiencias.

Mis tíos y amigos Tomás y Mari, que siempre dieron las fuerzas e impulso de seguir adelante sin dejar caer los brazos.

A mis amigos Francisco, Susana, Marcela, Karen, Mauricio, Ingrid y Camila, con los cuales vivimos grandes momentos recorriendo un camino académico juntos, gracias por sus consejos, compañía y animo en todo instante.

Roberto, Oscar, Karen y Gabriel, los cuales desde la infancia, siempre creyeron en mí, entregando su apoyo y sabiduría.

Al Centro Nacional del Medio Ambiente por proporcionar sus instalaciones, financiamiento y patrocinio para la realización de este seminario y la Sra. Paola Nilo junto con el equipo del proyecto olores por su ayuda y cooperación para la realización de este seminario y a la empresa Aguas Andinas el Sr. Francisco Chávez por su disposición y ayuda constante.

Agradezco a los profesores de la Universidad, por entregar el conocimiento necesario para formar mejores personas y profesionales, en especial a la profesora Sylvia Copaja por la paciencia, ayuda y gran apoyo.

Al profesor Manuel Leiva, que me ofreció su ayuda, brindo el ánimo y la perseverancia para cumplir con este ciclo.

Para mi abuela Ñaño, siempre estarás en mi corazón.

INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes Generales	1
1.2	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal	2
1.3	Proceso de Tratamiento de Aguas Servidas	3
1.3.1	Línea de aguas	4
1.3.1.1	Tratamiento Preliminar	4
a.	Entrada del agua	4
b.	Ingreso a la cámara de rejas y planta elevadora	5
c.	Desarenado y desengrasado	6
1.3.1.2	Tratamiento Primario	7
a.	Clarificación primaria	7
1.3.1.3	Tratamiento Secundario	8
a.	Clarificación secundaria	8
1.3.1.4	Desinfección	9
1.3.1.5	Salida	10
1.3.2	Línea de Lodos	11
1.3.2.1	Espesamiento de lodos	11
1.3.2.2	Digestión anaeróbica	11

1.3.2.3	Deshidratación de lodos	12
1.3.2.4	Secado	13
1.3.3	Transporte Disposición	14
1.4	Compuestos Odorantes del Proceso.....	16
1.5	Olores	17
1.5.1	Olfato.....	18
1.5.2	Percepción de Olor.....	18
1.5.3	Concentración de Olor.....	19
1.5.4	Intensidad de Olor	19
1.5.5	Calidad de Olor	19
1.5.6	Tono hedónico.....	20
1.5.7	Umbral de Olor	20
1.6	Métodos de Medición de Olores.....	20
1.6.1	Métodos Analíticos	20
a.	Cromatografía de Gases	20
b.	Narices electrónicas:.....	22
c.	Tubos colorimétricos:	23
1.6.2	Métodos Sensoriales	24
a.	Psicometría:	24
b.	Inspecciones de campo.....	25
c.	Olfatometría de Campo	26

d.	Olfatometría dinámica	27
1.7	Planteamiento del caso de Estudio	28
1.8	Objetivos.....	29
1.8.1	Objetivo General	29
1.8.2	Objetivos Específicos	29
2	MATERIALES Y MÉTODOS	30
2.1	Periodo de Estudio.....	30
2.2	Reconocimiento de la zona de estudio.....	30
2.2.1	Relieve	30
2.2.2	Comunidades	31
2.2.3	Condiciones Meteorológicas.....	32
2.2.4	Fuentes y Notas de Olor.....	33
2.2.5	Intensidad de Olor	36
2.3	Campaña de Monitoreo.....	37
2.3.1	Selección de panelistas	37
2.3.1.1	Opción triangular	38
2.3.1.2	Reconocimiento.....	38
2.3.1.3	Calibración	39
2.3.2	Puntos de Monitoreo	40
2.3.3	Monitoreo	41
2.3.4	Análisis de datos	44

3	RESULTADOS	46
3.1	Medición de olores.....	46
3.2	Monitoreo continuo de olores y variables meteorológicas.....	50
3.2.1	Dirección del viento.....	50
3.2.2	Velocidad del Viento.....	55
3.2.3	Temperatura.....	57
3.3	Relación episodios de olor y Jornadas.....	57
3.3.1	Jornada Noche.....	57
3.3.2	Jornada Mañana.....	59
3.3.3	Jornada Tarde.....	61
3.4	Relación episodios de olor y zona de impacto.....	62
3.4.1	Zona Norte.....	64
3.4.2	Zona Centro.....	64
3.4.3	Zona Sur.....	65
3.5	Mayores episodios de olor.....	66
3.5.1	Portería Cancha.....	66
3.5.2	03 de Junio.....	68
3.6	Relación fuente con área emisora.....	70
4	DISCUSIÓN	72
4.1	Medición de olores.....	72

4.2	Monitoreo continuo de olores y variables meteorológicas	73
4.3	Relación episodios de olor y Jornadas	74
4.4	Relación episodios de olor y zona de impacto	75
4.5	Mayores episodios de olor	76
4.6	Relación fuente con área emisora	76
4.7	Discusiones Generales	77
5	CONCLUSIÓN	78
6	BIBLIOGRAFÍA	81
7	ANEXOS	87
	Anexo N°1: Resultados de Intensidad y Porcentaje de Tiempo de Olor medidos en la Jornada Noche de olores de PTAS para cada uno de los puntos de monitoreo.	87
	Anexo N°2: Resultados de Intensidad y Porcentaje de Tiempo de Olor medidos en la Jornada Mañana de olores de PTAS para cada uno de los puntos de monitoreo.	89
	Anexo N°3: Resultados de Intensidad y Porcentaje de Tiempo de Olor medidos en la Jornada Tarde de olores de PTAS para cada uno de los puntos de monitoreo.	91
	Anexo N°4: Resultados de Intensidad, Porcentaje de Tiempo y Peak de Olor medidos en la Jornada Noche, Mañana y Tarde de olores de PTAS para cada uno de los puntos de monitoreo.....	93

Anexo N°5: Datos de velocidad y dirección del viento para el periodo de estudio en PTAS El Trebal.....	96
Anexo N°6: Estrategias para la gestión de olores en Chile 2014-2017 (Caimanque, Ministerio del Medio Ambiente, 2013)	101
Anexo N°7: Criterios de Calidad de olor a nivel internacional (ECOTEC, 2013).....	103
Anexo N°8: Criterios de olor para compuestos químicos a nivel internacional.....	106
Anexo N°9: Criterios de olor de límites de emisión a nivel internacional..	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo del agua.	2
Figura 2: Línea de Aguas y Lodos en PTAS El Trebal.	3
Figura 3: Entrada de Aguas en PTAS El Trebal.	4
Figura 4: Rejillas de desbaste en PTAS EL Trebal.	5
Figura 5: Desarenadores y aceites en PTAS El Trebal.	6
Figura 6: Clarificador primario en PTAS EL Trebal.	7
Figura 7: Estanques de aireación en PTAS EL Trebal.	8
Figura 8: Clarificador Secundario en PTAS El Trebal.	9
Figura 9: Desinfección, estanques de cloración en PTAS EL Trebal.	10
Figura 10: Espesadores de lodos en PTAS EL Trebal.	11
Figura 11: Digestores en PTAS EL Trebal.	12
Figura 12: Centrifugación en PTAS EL Trebal.	13
Figura 13: Cancha de secado de lodos en PTAS EL Trebal.	14
Figura 14: Camiones de traslado en PTAS EL Trebal.	15
Figura 15: Proceso del tratamiento de aguas y liberación de olor (Morgan, 2002).	15
Figura 16: Esquema de funcionamiento de la cromatografía de gases.	22
Figura 17: Filtros de narices electrónicas.	22
Figura 18: Tubos colorimétricos.	24
Figura 19: Emplazamiento de la PTAS El Trebal.	31
Figura 20: Comunidades cercanas a PTAS El Trebal.	32
Figura 21: Rosa de vientos en el periodo de estudio.	33

Figura 22: Fuentes internas de olor identificadas en la zona de estudio.	36
Figura 23: Panelista realizando las pruebas.	38
Figura 24: Zona de estudio, puntos de monitoreo, comunidades y fuentes externas. ...	41
Figura 25: Panelista realizando la medición de olores.	42
Figura 26: Panelista registrando en la planilla de control los datos medidos.	43
Figura 27: Planilla de control de registros modificado de CENMA.	44
Figura 28: Porcentaje de tiempo de olor diario.	47
Figura 29: Distribución de la percepción de olor y tiempo sin olor.	48
Figura 30: Porcentaje de tiempo de olor de notas externas a la PTAS El Trebal.	49
Figura 31: Porcentaje de tiempo de olor de notas de la PTAS El Trebal.	50
Figura 32: Rosa de vientos para el periodo de estudio en la PTAS El Trebal.	51
Figura 33: Rosa de vientos de la jornada mañana (7:30-15:00) en la PTAS El Trebal.	52
Figura 34: Rosa de vientos de la jornada tarde (15:00-22:30) en la PTAS El Trebal....	53
Figura 35: Rosa de vientos para la jornada noche (22:30-7:30) en la PTAS El Trebal.	54
Figura 36: Velocidad del viento con respecto a las notas de olor en el estudio.	56
Figura 37: Comportamiento en la percepción de olor durante la jornada noche de los olores percibidos de la PTAS El Trebal.	58
Figura 38: Comportamiento en la percepción de olor durante la jornada mañana de los olores percibidos de la PTAS El Trebal.	60
Figura 39: Comportamiento en la percepción de olor durante la jornada tarde de los olores percibidos de la PTAS El Trebal.	61
Figura 40: Comportamiento en la percepción de olor durante la jornada tarde en punto "Portería Cancha" de los olores percibidos de la PTAS El Trebal.	62
Figura 41: Porcentaje tiempo de olor, peak de olor e intensidad de olor Zona Norte. ...	64

Figura 42: Porcentaje tiempo de olor, peak de olor e intensidad de olor Zona Centro. 65

Figura 43: Porcentaje tiempo de olor, peak de olor e intensidad de olor Zona Sur..... 66

Figura 44: Resultado de los 12 días de monitoreo en punto Portería Cancha..... 68

Figura 45: Relación de la superficie de la fuente emisora con relación al % de olor total.
..... 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales causas de olor en cada una de las etapas de una PTAS.	17
Tabla 2: Fuentes de Olores PTAS El Trebal.	34
Tabla 3: Notas de olor asociadas a la PTAS El Trebal.	34
Tabla 4: Fuentes de olores externos en sector El Trebal.	35
Tabla 5: Notas de olor asociadas a fuentes externas a la PTAS El Trebal.	35
Tabla 6: Intensidades de olor.	36
Tabla 7: Planilla usada para opción triangular.	38
Tabla 8: Planilla con ejemplos de olor de las muestras usadas para la prueba.	39
Tabla 9: Planilla con los porcentajes de olor de las distintas muestras.	39
Tabla 10: Puntos de monitoreo, zona, ubicación y cantidad de mediciones efectuadas.	40
Tabla 11: Determinación de mediciones de los datos.	45
Tabla 12: Tiempo de medición y percepción de olores en campaña de monitoreo.	46
Tabla 13: Tiempo de medición y percepción de olores en campaña de monitoreo.	51
Tabla 14: Tiempo de medición y percepción de olores en jornada tarde.	53
Tabla 15: Tiempo de medición y percepción de olores en jornada noche.	55
Tabla 16: Velocidad del viento en jornadas Noche, Mañana y Tarde.	55
Tabla 17: Condiciones de temperatura y humedad con respecto a registro de olores en la campaña de monitoreo.	57
Tabla 18: Tiempo de medición y percepción de olores en punto "Portería Cancha" durante jornada de Noche.	59

Tabla 19: Tiempo de medición y percepción de olores en punto "Portería Cancha durante jornada de Mañana.....	60
Tabla 20: Tiempo de medición y percepción de olores en punto "Portería Cancha durante jornada de Mañana.....	63
Tabla 21: Resultados de tiempos de olor por punto de muestreo.	67
Tabla 22: Resultados totales del día 03 de Junio de 2010.	68
Tabla 23: Resultados por jornada del día 03 de Junio de 2010.....	69
Tabla 24: Resultados por zona del día 03 de Junio de 2010.....	69

GLOSARIO

Aguas servidas: Agua que procede de viviendas, poblaciones, o zonas industriales y que arrastra toda la suciedad proveniente de ellas, y que generalmente es recogida por un sistema de alcantarillado.

Alcantarillado: Sistema acueducto subterráneo, o sumidero, fabricado para recoger las aguas lluvia y/o residuales, y darle paso.

Biofiltros: Filtros biológicos. Dispositivos que eliminan una amplia gama de elementos contaminantes desde una corriente de fluidos (agua o aire).

Molestia: fatiga, perturbación, extorsión – enfado, fastidio, desazón.

Monofill o monorelleno: relleno o disposición exclusiva para una categoría de desechos.

Olor: sensación resultante de la percepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo. EL término indica tanto la impresión que se produce en el olfato, como lo que es capaz de producirlo. Es una propiedad intrínseca de la materia.

OUE: Unidades de Olor Europea.

Panel de expertos: Grupo de personas seleccionadas con umbrales de percepción de olores muy parecidos y con una muy baja desviación estándar entre sus percepciones.

Percentil: Estadística. Valor que divide un conjunto de datos estadísticos de forma que un porcentaje de tales datos sea inferior a dicho valor. Así, por ejemplo, un individuo en el percentil 80 está por encima del 80% del grupo al que pertenece.

Percepción: acción y efecto de percibir sensación interior que resulta de una impresión material hecha en nuestros sentidos.

Psicometría: medida de los fenómenos psíquicos. Se aplica a la obtención de información a partir de la observación y registro de personas y/o pacientes.

PTAS: Planta de Tratamiento de Aguas Servidas: instalación de procesos físicos y químicos que permiten tratar las aguas servidas de manera de devolverles un determinado grado de pureza.

Redox: Reacción de óxido-reducción. Reacción química en que uno o más electrones se transfieren entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación.

UTM: Unidad Tributaria Mensual. Unidad de cuenta usada en Chile para efectos tributarios y de multas, actualizada según la inflación. Se reajusta mensualmente según el IPC (Índice de Precios al Consumidor) por el INE (Instituto Nacional de Estadísticas).

RESUMEN

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) corresponden a una actividad absolutamente necesaria en el mundo actual, debido al gran volumen de aguas servidas que se generan en una ciudad. Si bien es cierto generan diversos beneficios a la comunidad y al medio ambiente, genera un grave problema asociado: olores molestos.

El Trebal es una de las principales PTAS de Santiago, Chile, en la que es tratada una importante parte de las aguas servidas del sur de la ciudad de Santiago. El sistema de tratamiento considera procesos tanto físicos como biológicos del agua produciendo una gran cantidad de residuos de lodos. Durante el proceso de purificación del agua se generan olores en diferentes puntos del tratamiento, y que pueden resultar molestos a la población circundante.

La campaña de monitoreo que considera una medición continua de olores en 12 puntos de monitoreo cercano a la PTAS El Trebal, durante un período de 12 días, entre las fechas 1 y 12 de Junio del año 2010, cubriendo las 24 horas del día en 3 jornadas de monitoreo.

Con este tipo de campañas es posible determinar la línea de base de la zona de estudio para identificar potenciales fuentes emisoras de olor y complementarla con estudios de geografía, meteorología, demografía, actividades industriales, rurales y agrícolas para conocer la zona de estudio.

La elección del método de monitoreo continuo para la medición de olores permitió estudiar las fuentes emisoras de olor y como impactan en los asentamientos urbanos cercanos, ya que el método permite tener una mejor calidad de la información basado en la cantidad de mediciones, mayor frecuencia de monitoreo y variabilidad de horarios, además permite tener un control diario de las operaciones de la PTAS y registra los episodios de olor de manera confiable y consistente.

Los resultados muestran que las variables meteorológicas y distancia de muestreo afectan en la percepción e identificación de episodios de olor en su intensidad y tiempo de medición. Además la zona centro y sur son las más afectadas por el viento desde el NNO y el punto "Portería Planta", que se encuentra entre dos procesos. Durante el tiempo de medición se obtiene que un 89,48% del tiempo de estudio no se presentaron olores, un 3,88% son atribuibles a notas externas y un 6,63% corresponde a olores atribuibles a los procesos de Clarificación Secundaria, Cancha de Secado y Monorelleno de la PTAS. También se encuentra que durante la jornada de tarde hay la mayor cantidad de episodios de olor con intensidades fuertes y peak de 100% en la mitad de los días de monitoreo.

Finalmente, los resultados del presente trabajo demuestran la importancia del monitoreo de olores porque es ésta actividad la que permite mantener un conocimiento actualizado de las posibles molestias a la comunidad, el nivel de impacto de la fuente emisora e identificar posibles fuentes externas dentro de la zona de estudio. Esto permite aplicar medidas en la conservación, mantención y mejora de la comunidad en conjunto de la preservación del medio ambiente.

ABSTRACT

Treatment Plants Sewage (PTAS) correspond to an absolutely necessary activity in the world actually due of the large volume of wastewater generated in a city. While it is true this activity generates various benefits to the community and the environment, also generate a serious problem associated: odors.

“El Trebal” is one of the main PTAS of Santiago, Chile, where a significant proportion of wastewater southern city of Santiago is processed. The treatment system considers physical and biological processes of water producing a large quantity of waste sludge. During the process of water purification odors are generated at different points of treatment and can be annoying to the surrounding population.

The monitoring campaign considers a continuous odor measurement in 12 points close monitoring to PTAS El Trebal, for a period of 12 days between dates 1 and 12 June 2010, covering 24 hours a day in 3 period monitoring.

With this type of campaign is possible to determine the baseline of the study area to identify potential odor emission sources and complemented with studies of geography, meteorology, demography, industrial, rural and agricultural activities to meet the study area.

The choice of continuous monitoring of odor allowed to study the emission sources of odor and how affected on nearby urban settlements, because the method allows a better quality of information based on the number of measurements, more frequent monitoring and scheduling variability also allows daily monitoring of the operations of the PTAS and records the odor episodes reliable and consistent manner.

The results show that weather variables and sampling distance affect perception and identification of odor episodes in intensity and measurement time. Moreover, the central and southern areas are the most affected by the wind from the NNW and "Portería Planta", located between two processes point. During the measurement time is obtained a 89.48% of study time showed no odors, 3.88% are attributable to external notes and 6.63% is attributable to the processes odors Secondary Clarification, Court Drying and Monorelleno of the PTAS. Also in the afternoon period there the most strong odor episodes and peak intensities of 100% in half day monitoring.

Finally, the results of this study demonstrate the importance of monitoring odor because this activity keeps an updated knowledge about any inconvenience to the community also the level of impact of the emission source and identify possible external sources inside of study area. This allows applying conservation measures, maintenance and improvement of the community as a whole preservation of the environment.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Generales

La humanidad desde su inicio, ha intervenido en el ciclo natural del agua en el planeta, pues modificamos la cantidad y la calidad del agua en circulación en el ciclo, debido a la captación de las reservas de agua dulce del planeta, para luego usarlas, y finalmente devolverlas, cargadas de sustancias que normalmente éstas no contienen y que resultan en muchos casos contaminantes.

Para el desarrollo de las ciudades se requiere de agua, la que es ocupada para recreación, procesos industriales y para movilizar desechos de la ciudad. Las aguas resultantes de la combinación de residuos de origen doméstico e industrial tanto líquidos como sólidos, además de cualquier agua superficial, subterránea o pluvial que pudiera estar presente en el trayecto de esta, son llamadas aguas servidas. Estas son canalizadas en sistemas de alcantarillado y alejadas de los centros urbanos.

En la actualidad, debido a la amplia preocupación relativa a la protección del medio ambiente se han desarrollado normas en orden a evitar que las aguas servidas sean devueltas a cuerpos de agua superficiales sin ser antes tratadas por una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS).

Las PTAS tiene por objetivo coleccionar las aguas servidas provenientes del alcantarillado, tratarlas, y devolverlas a los cursos de agua en forma limpia y baja en contaminantes como coliformes fecales, metales pesados, sólidos en suspensión, bacterias, sulfatos,

etc., que pudiesen afectar la calidad natural de las aguas a la cual es liberada. Sin embargo, como parte de este proceso se generan residuos sólidos, conocidos como lodos y olores molestos que requiere ser manejados de forma adecuada de modo que la solución se transforme a otro problema medio ambiental. Gracias a esto, es que se soluciona un gran problema, pero se crea una nueva temática en el área de las ciencias ambientales, como es la contaminación odorífica, o contaminación por olores.

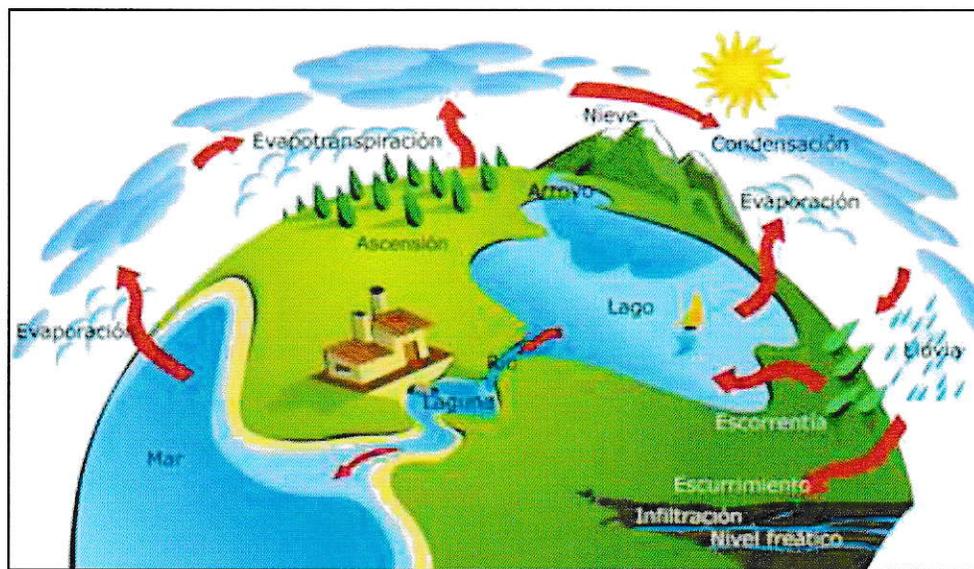


Figura 1: Ciclo del agua.

1.2 Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal

La Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) El Trebal, se encuentra ubicada en la comuna de Padre Hurtado, Provincia de Talagante, Región Metropolitana. Esta entró en funcionamiento en Octubre de 2001, con una capacidad máxima de caudal de $6,6 \text{ m}^3/\text{s}$. en esta Planta se realiza el tratamiento de un porcentaje de las aguas servidas del Gran Santiago, mediante tratamientos físicos y biológicos de las aguas y tratamiento de los lodos (materia orgánica) que se genera a partir de este proceso.

1.3 Proceso de Tratamiento de Aguas Servidas

Las aguas servidas que ingresan a la PTAS El Trebal siguen una serie de procesos para lograr la eliminación de sus contaminantes para finalmente ser devuelta a los cursos de agua naturales. Esta serie o línea de procesos se divide en dos: Línea de Agua y Línea de Lodos, y a continuación se revisarán cada una de sus etapas:

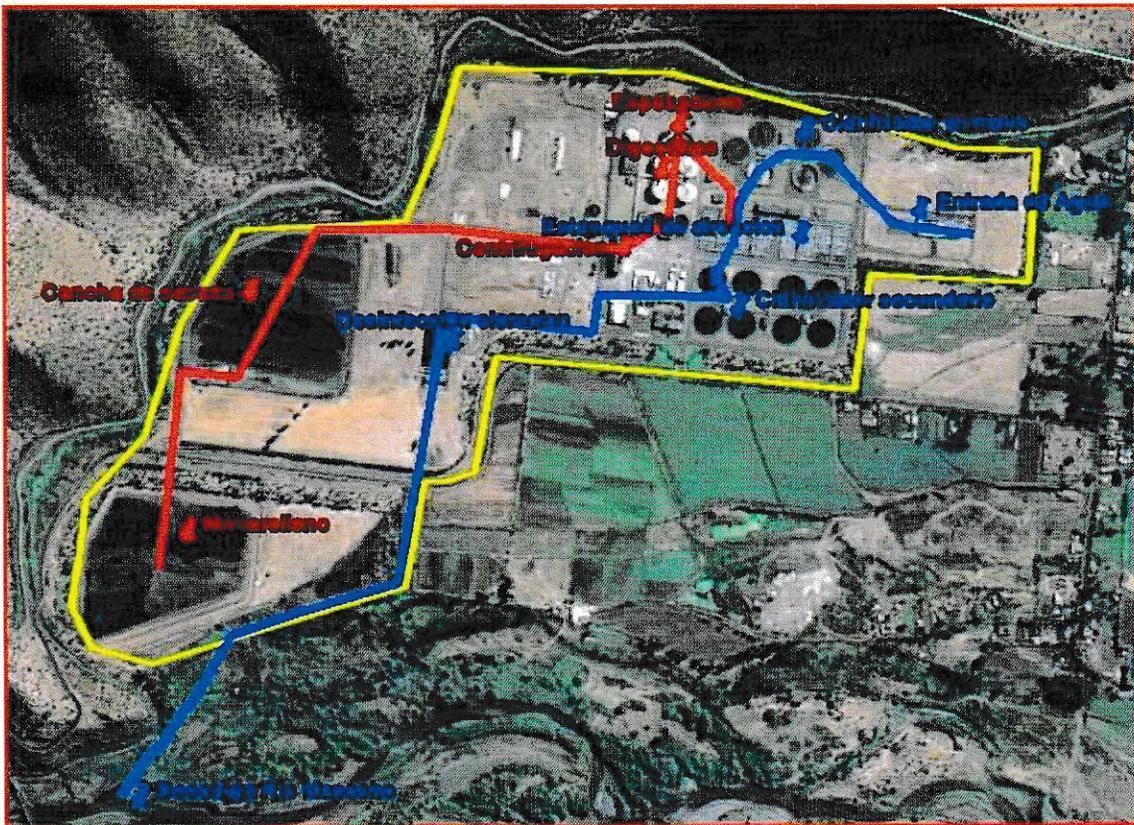


Figura 2: Línea de Aguas y Lodos en PTAS El Trebal.

1.3.1 Línea de aguas

1.3.1.1 Tratamiento Preliminar

a. Entrada del agua

El agua ingresa a un pozo, ubicado en el punto más alto de la planta, a través de colectores subterráneos. La alimentación llega directamente a una cámara de rejas gruesas.



Figura 3: Entrada de Aguas en PTAS El Trebal.

b. Ingreso a la cámara de rejillas y planta elevadora

El colector afluente descarga en la cámara de rejillas. En esta cámara se encuentran unos tornillos sinfín que se encargan de separar los sólidos gruesos. Posteriormente se alimenta la planta elevadora de agua cruda.

En esta segunda etapa se debe lograr la remoción de sólidos gruesos que ingresan a la planta, tales como envases plásticos, palos, y otros tipos de basura . Para esto se utiliza una serie de rejillas, inicialmente gruesas, y posteriormente mas finas.



Figura 4: Rejillas de desbaste en PTAS El Trebal.

c. Desarenado y desengrasado

Se lleva a cabo en unas piscinas que consisten en depósitos dispuestos de tal manera que la materia flotante ascienda y permanezca en la superficie del agua residual hasta que se recoja y se elimine, mientras el líquido sale del tanque en forma continua, a través de una abertura situada en el fondo. Entre los residuos que recoge están el aceite, grasa, jabón, pedazos de madera corcho, residuos vegetales entre otros. La arena se retira por sedimentación mediante acción de la gravedad.



Figura 5: Desarenadores y aceites en PTAS El Trebal.

1.3.1.2 Tratamiento Primario

a. Clarificación primaria

En esta etapa se desea lograr la eliminación de sólidos menores y partículas mediante la sedimentación por acción de la gravedad; para esto el agua se ingresa a estaques de aproximadamente 40 m de diámetro, y se va reduciendo la velocidad de flujo. Los sólidos sedimentados y retirados a partir de este proceso son llamados Lodos Primarios



Figura 6: Clarificador primario en PTAS El Trebal.

1.3.1.3 Tratamiento Secundario

a. Clarificación secundaria

Acá el biolodo se separa del efluente tratado, mediante floculación. Las unidades que trabajan son circulares. Para este tratamiento se utiliza un sistema que considera estanques de aireación, en estos se lleva a cabo la oxidación biológica de la materia orgánica, para luego someterlo a los procesos de mezcla, aireación, sedimentación y extracción de agua clarificada. Una vez completado el proceso de oxidación en el estanque, la aireación es detenida y se inicia la etapa de decantación de los sólidos.



Figura 7: Estanques de aireación en PTAS El Trebal.

Dichos sólidos, por efecto de la gravedad, sedimentan hacia el fondo del estanque dejando en la parte superior el líquido clarificado. Este es retirado desde la parte superior del estanque mediante un vertedero de altura variable.

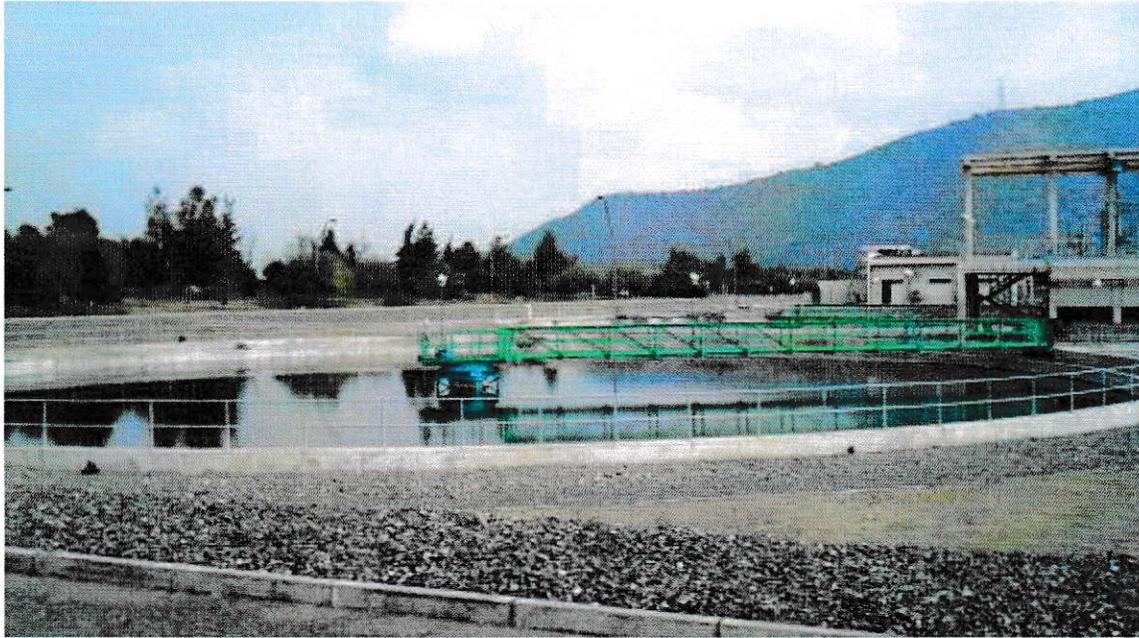


Figura 8: Clarificador Secundario en PTAS El Trebal

1.3.1.4 Desinfección

Se efectúa mediante la adición de gas cloro en una cámara de contacto que garantiza el proceso de desinfección. De todos los desinfectantes químicos este es el más utilizado debido a que es altamente tóxico para una gran cantidad de microorganismos, es altamente soluble en agua, tiene una aptitud desodorizante. Este proceso se efectúa para reducir la carga de patógenos en el agua para cumplir con la normativa de descarga a ríos.



Figura 9: Desinfección, estanques de cloración en PTAS El Treal.

1.3.1.5 Salida

El agua tratada sale de la planta en calidad de riego y se vacía en ríos (Mapocho principalmente) el que llega finalmente al río Maipo.

1.3.2 Línea de Lodos

1.3.2.1 Espesamiento de lodos

Se realiza en un estanque que cuenta con un raspador de lodos, el cual lleva los lodos hacia la cámara de succión de los mismos para posteriormente ser impulsados hacia el estanque de mezcla. En este proceso los lodos se les elimina un 5% de humedad.

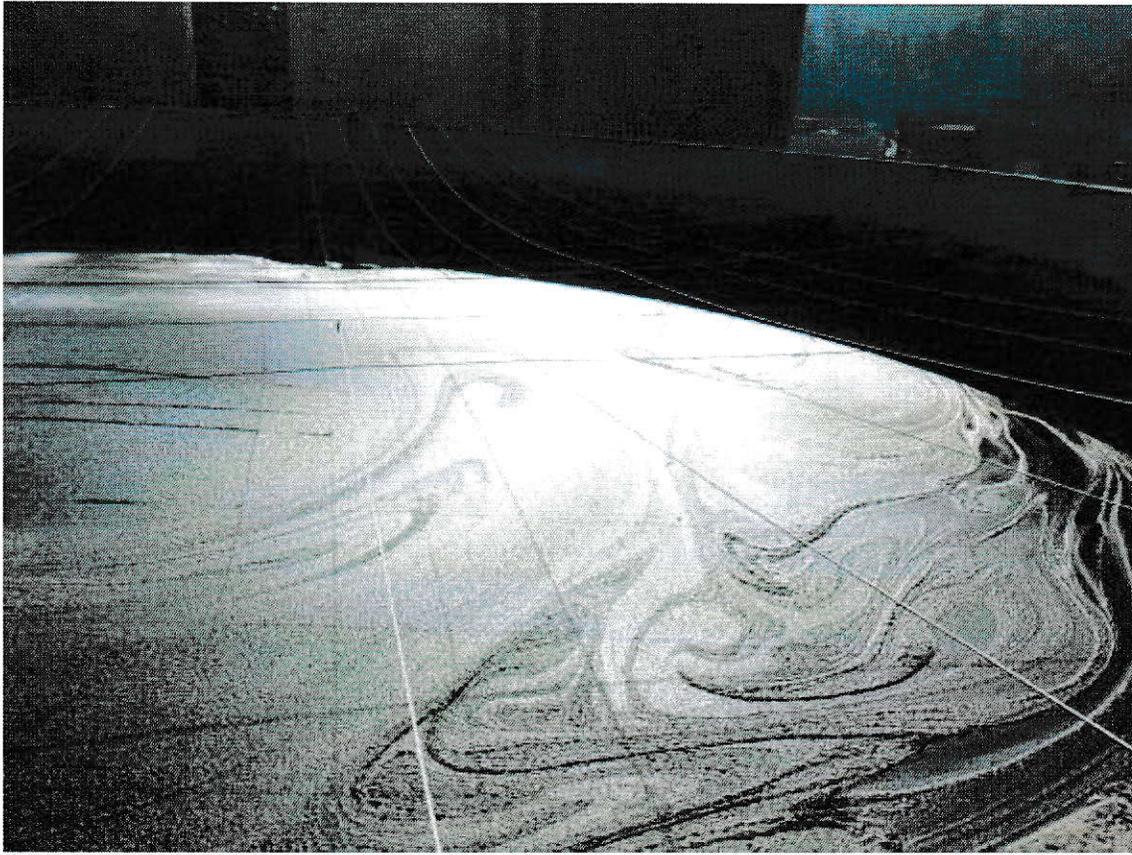


Figura 10: Espesadores de lodos en PTAS El Trebal.

1.3.2.2 Digestión anaeróbica

Se lleva a cabo por bacterias de digestión en reactores que operan a temperaturas entre 35-50°C durante alrededor de 21 días. En esta etapa, producto de la

fermentación de los microorganismos involucrados, se produce metano, este se va almacenando en gasómetros. Cuando los gasómetros llegan a su máximo nivel, el metano se combustiona para así liberar a la atmósfera dióxido de carbono. El metano a su vez, sirve también para calentar los mismos digestores. Acá se logra la estabilización final de los lodos.

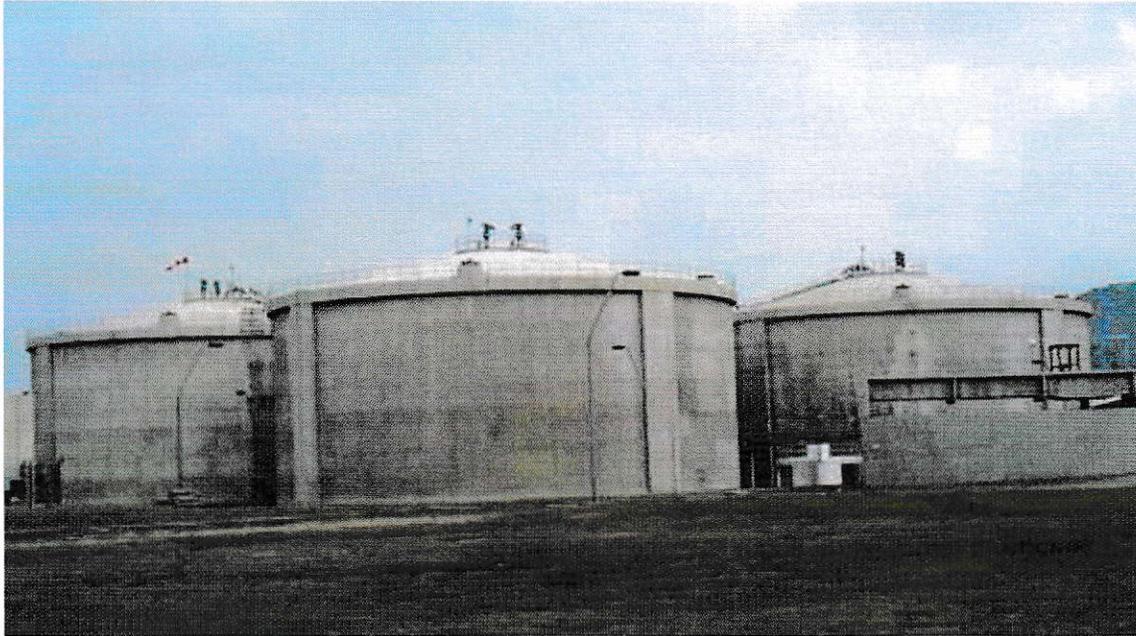


Figura 11: Digestores en PTAS El Trebal.

1.3.2.3 Deshidratación de lodos

A partir de este proceso es necesario secar los lodos de manera de reducir su cantidad de agua, y por consecuencia, su volumen. En esta etapa los lodos se conducen a diferentes estanques de almacenamiento, desde donde se conducen a centrifugas que permiten un material de entre 5 y 25% de materia sólida, entre 75 y 95% de humedad



Figura 12: Centrifugación en PTAS El Trebal.

1.3.2.4 Secado

En esta etapa los lodos provenientes de la etapa de secado o deshidratación mecánica se depositan en canchas de secado, o grandes áreas de terreno en pilas de material que van entre los 0,8 a 1m de altura, logrando lodos con entre un 60 y 65% de materia seca. Este secado puede realizarse mediante la acción de la luz y radiación solar, llamado Secado Solar, la cual puede entregar lodos secos entre 7 a 20 días, dependiendo de las condiciones climáticas y de la cantidad de volteos que se le realice al material de manera de aumentar su área de exposición directa, o mediante un sistema llamado biosecado, en el cual los lodos provenientes de la etapa 3 son mezclados con lodos secos y/o material estructurante, tales como astillas de madera o cuezcocos de duraznos, con la intención de agregar porosidad a las pilas de material, y

añadir material bioquímico que agregará reacciones con una consecuente liberación de calor, contribuyendo así al secado.



Figura 13: Cancha de secado de lodos en PTAS El Trebal.

1.3.3 Transporte Disposición

En esta última etapa los lodos o biosólidos son trasladados, comúnmente mediante camiones específicamente adaptados para el propósito hasta algún sitio de disposición final o temporal, llamadas monofill o monorelleno.



Figura 14: Camiones de traslado en PTAS El Trebal.

En la figura 15, se muestran las etapas del proceso de tratamiento de aguas servidas y la generación de olores en cada una de ellas.

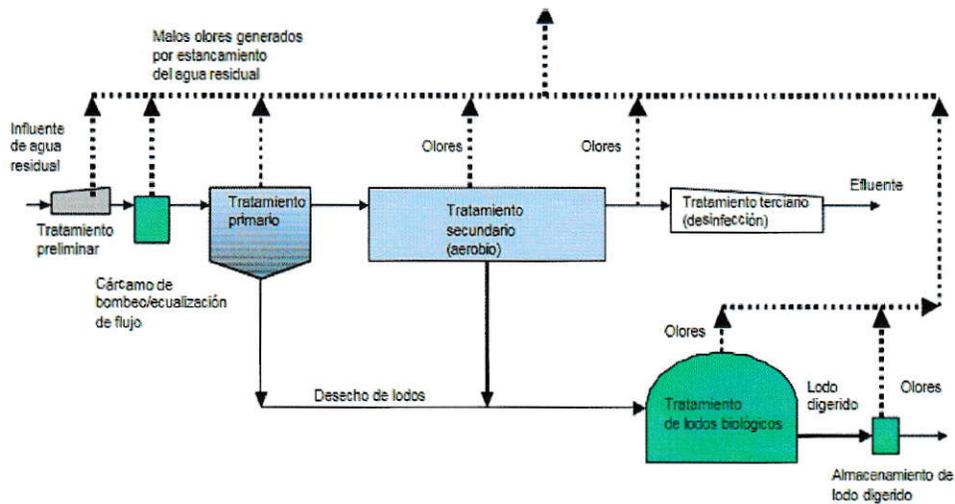


Figura 15: Proceso del tratamiento de aguas y liberación de olor (Morgan, 2002).

1.4 Compuestos Odorantes del Proceso

Los compuestos volátiles responsables de los malos olores en plantas de tratamiento de aguas servidas son resultado de la descomposición microbiológica de la materia orgánica contenida en el agua residual. Muchos de los compuestos responsables de los malos olores son perceptibles a muy bajas concentraciones. Carlson y Leiser (1966) clasificaron los malos olores según las siguientes categorías:

- a) Gases inorgánicos que incluyen al sulfuro de hidrógeno (H_2S) y al amoníaco (NH_3).
- b) Los ácidos como el acético, láctico y butírico
- c) Los altamente tóxicos como el indole, skatole, fenoles y mercaptanos
- d) Las aminas como la cadaverina y la putrescina.

Los biosólidos, por su origen y características tienen la potencialidad de emitir compuestos odorantes a la atmósfera (Mahamud et al., 1996; EPA, 2000). Si analizamos los principales gases odorantes liberados por los lodos o biosólidos encontramos los derivados del azufre, como el dimetil sulfuro (CH_3SCH_3) y el dimetil disulfuro (CH_3SSCH_3), los derivados del nitrógeno como el amoníaco (NH_3) y las aminas ($R-N-R$), y los derivados de los compuestos orgánicos, como los ácidos orgánicos ($R-COOH$).

El H_2S es el constituyente más característico de los gases producidos en los sistemas anaeróbicos y uno de los principales compuestos responsables de la generación de malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales (Carlson y Leiser, 1966; Metcalf y Eddy, 1991; Cho et al., 1992; Allen y Phatak, 1993; Fdz-Polanco et al., 1996; Martínez y Zamorano, 1996).

En la Tabla 1, es posible encontrar las principales causas de olores en cada uno de los diferentes procesos del tratamiento de las aguas servidas.

Tabla 1: Principales causas de olor en cada una de las etapas de una PTAS.

Línea de Procesos	Etapas	Causas de generación de olor
Línea de Aguas	1. Recepción	Flujo turbulento en los cauces de aguas (altas velocidades)
	2. Tratamiento preliminar	Aireación de las aguas por el paso de rejillas
	3. Tratamiento primario	Remoción de lodos
	4. Tratamiento secundario	Aireación de las aguas y Remoción de lodos
	5. Desinfección	Aireación de las aguas
Línea de Lodos	1. Espesado	Volatilización desde la superficie
	2. Digestión anaeróbica	Volatilización desde la superficie
	3. Deshidratación mecánica	Volatilización desde la superficie
	4. Secado	Volatilización desde la superficie en las Canchas de secado
	5. Disposición	Carga de camiones

1.5 Olores

Se entenderá por olor a la interpretación del cerebro a los químicos presentes en el aire que respiramos a través de los receptores sensoriales de la nariz al entrar en contacto con un elemento o compuesto presente en el aire (NCh 3190, 2010).

Los gases odorantes, o gases que producen olor, pueden causar problemas a la salud, provocando cambios en el estado de ánimo, desordenes del sueño, dolores de cabeza

y problemas respiratorios, afectando claramente el bienestar de la población (ATSDR, 2007). Pero aquí hay que diferenciar dos conceptos importantes, “percepción” y “molestia”, ya que el primero tiene que ver con una mínima concentración del olor en el aire siendo casi natural al olfato de la mayoría de las personas, en cambio molestia, provoca los síntomas mencionados anteriormente, los cuales afectan el modo de vida cotidiano.

Los olores son característicos según el tipo de fuente emisora, entre las cuales podemos encontrar: mataderos, fundiciones, vertederos, plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales, agroindustria, pesqueras, industria química, entre otras (ECOTEC, 2013).

1.5.1 Olfato

El olfato es el sentido encargado de detectar y procesar los olores. Técnicamente es un quimiorreceptor que es estimulado por las partículas aromáticas u odoríferas que son solubilizadas en la secreción acuosa que recubren los cilios, o extremos de cada una de las células olfativas, para luego entrar en contacto con las numerosas terminaciones nerviosas que se encuentran en la nariz.

1.5.2 Percepción de Olor

La percepción de los olores por los humanos puede ser evaluada a través de 5 características cuantificables: concentración, intensidad, calidad de olor, tono hedónico, detectabilidad o umbral del olor.

1.5.3 Concentración de Olor

La concentración es definida como el número de unidades de olor europeas en un metro cúbico de aire en condiciones normales (UNE-EN 13725, 2004), mientras que las unidades de olor europeas se definen a partir del número de veces que es necesario diluir un gas para que sea percibido por el 50% de las personas que conforman un panel de olor, es decir, de personas debidamente entrenadas para el fin.

1.5.4 Intensidad de Olor

La intensidad de olor corresponde a la medida de la sensación de olor. Es la fuerza con que se percibe la molestia del olor (Olores, 2008)

1.5.5 Calidad de Olor

Por calidad de olor se entiende a la identificación de un olor, como característica diferenciadora de otros, como por ejemplo los términos: frutal, a pescado, a podrido, etc. La *calidad de un olor* es caracterizada mediante un método conocido como escalado multidimensional o perfilado. En este método, el olor es definido por el grado de similitud a un conjunto de olores de referencia o el grado por el que se corresponde con una escala de varios términos descriptivos. El resultado de estos tests da lo que se llama el perfil del olor (Olores, 2008).

1.5.6 Tono hedónico

El tono hedónico se refiere a la sensación que puede causar un olor, la cual puede ser tanto de agrado como de desagrado, lo cual puede variar entre las personas dependiendo de sus experiencias emocionales (Olores, 2008).

1.5.7 Umbral de Olor

El umbral del olor se refiere a la concentración mínima de un gas que produce una sensación olfativa, y se define a la concentración del gas en que el 50% de un grupo de panelistas de olores detecta dicho olor, mientras que el umbral de reconocimiento se refiere a la concentración mínima de gas en que el 50% de un grupo de panelistas de olores es capaz de reconocer el olor del mismo (UNE-EN 13725, 2004).

1.6 Métodos de Medición de Olores

El resultado de la cuantificación en las emisiones de olor se realiza principalmente por dos metodologías, por métodos fisicoquímicos (analíticos), como son las narices electrónicas, tubos colorimétricos, cromatografía de gases, entre otros y por métodos sensoriales, olfatometría, inspecciones de campo, psicometría, etc.

1.6.1 Métodos Analíticos

a. Cromatografía de Gases

El Cromatógrafo de gases acoplado con un detector de masas (CG/MS), se considera generalmente como un dispositivo de laboratorio de ahí su limitado

uso para análisis en campo. Aun así, existen algunas unidades portátiles para medidas en campo. El CG/MS puede ser usado tanto para identificar como para medir la concentración de un gas.

Este método se realiza tomando una muestra gaseosa en el lugar de la emisión, la que es llevada a un laboratorio para su análisis. Luego estas muestras de aire muy pequeñas se inyectan en una corriente de gas portador (nitrógeno o helio) que pasa a través de la columna de GC/MS. La columna adsorbe y desorbe los compuestos químicos en el aire a diferentes velocidades para separarlos. Después de la separación, el gas portador junto con los compuestos químicos separados pasa por el detector. La señal de salida del detector identifica el compuesto químico y la concentración de este en la muestra (Skoog, 1994).

Tiene la ventaja de caracterizar los diferentes compuestos químicos provenientes de fuentes conocidas que producen olores molestos y determina su concentración real. Sin embargo su mayor debilidad radica en que los olores son una mezcla de compuestos cuyo comportamiento no necesariamente es lineal y el análisis de cada uno por separado puede no representar la molestia real de la población afectada.

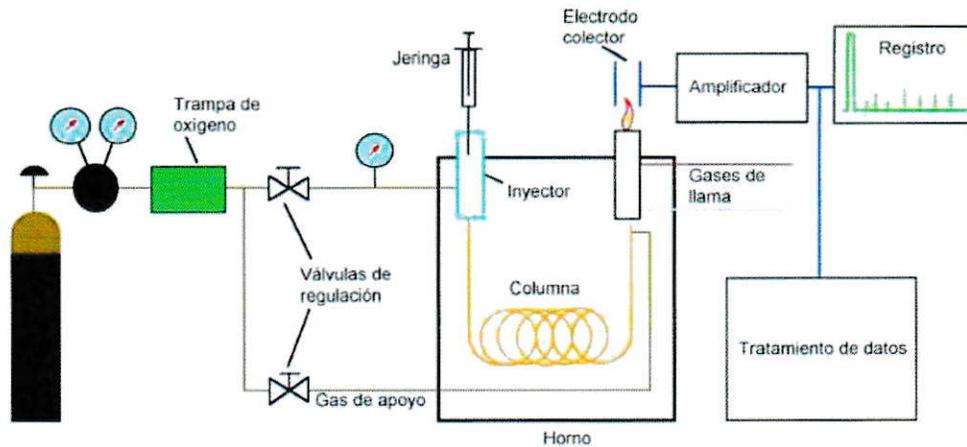


Figura 16: Esquema de funcionamiento de la cromatografía de gases.

b. Narices electrónicas:

Dispositivos en los cuales una serie de sensores responden a diferentes componentes de una mezcla de olores, obteniendo lo que se llama comúnmente como "huella de olor". Estos dispositivos poseen una serie de sensores de óxidos de metal, y conjuntamente con un software son capaces de reconocer la secuencia de las señales en los sensores.

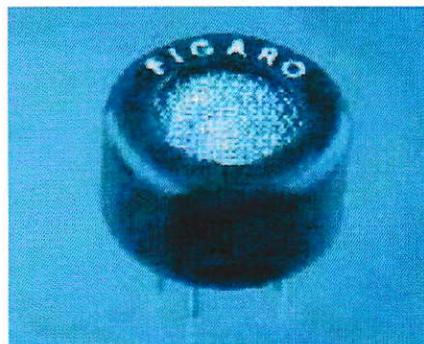


Figura 17: Filtros de narices electrónicas

El principio de funcionamiento es el siguiente: la serie de sensores se utilizan para medir un gas específico, o mezcla de gases, y posteriormente la respuesta de los sensores se compara con anteriores mediciones de los sensores. Con esta tecnología es posible una rápida identificación de los gases sin la necesidad de pasar por un laboratorio, pero la compleja naturaleza de los olores y el hecho de que los componentes olorosos se encuentran en concentraciones de sólo unas cuantas partes por billón (ppb), es que este tipo de dispositivos no sirve para determinar concentraciones puntuales, sin embargo, el uso de las narices electrónicas se encuentra bastante difundido como sistema de monitoreo para el control de olores en diferentes países.

c. Tubos colorimétricos:

Consiste en tubos de vidrio sellados, que al momento de ser utilizados se le rompen sus extremos y se acopla a una bomba de mano, con lo cual es posible hacer pasar un volumen conocido de aire oloroso determinado. El olor reacciona con el contenido interior del tubo lo que provoca que cambie de color. Luego en el laboratorio, el tubo es analizado mediante técnicas colorimétricas para luego ser comparado con escalas de concentración/color específicas para cada contaminante (Olores, 2008).



Figura 18: Tubos colorimétricos

1.6.2 Métodos Sensoriales

Los métodos sensoriales utilizan la capacidad del hombre para detectar y clasificar olores. Esto es posible a que el sistema olfativo es capaz de entregar resultados confiables y significativos. Además este tipo de metodología de cuantificación de olor incluye el grado de molestia de cada uno de los olores determinados. La principal desventaja es que no son específicos para olores determinados, ni especifican las especies químicas causantes del olor.

a. Psicometría:

La psicometría es el estudio de la situación en un área donde las quejas por olores en una comunidad de personas es frecuente y se puede abordar mediante un análisis psicométrico. Ésta, es una herramienta eficaz que nos permite hacer una evaluación de un problema grave de olores. El análisis psicométrico consiste en la evaluación de las molestias causadas a los ciudadanos mediante el reparto de cuestionarios en el entorno de la población

afectada. El análisis estadístico de las respuestas proporcionadas por los ciudadanos es un punto de partida importante para realizar un estudio de olores ya que nos puede ayudar a localizar las zonas donde este problema se agudiza.

La evaluación psicométrica es un instrumento muy eficaz usado ampliamente en muchos países (R. Cervinka et al., 2004, E. Gallmann et al., 2004). Algunos investigadores identifican la molestia de los vecinos en cada zona usando entrevistas personales basadas en cuestionarios estandarizados (VDI 3883, 2015).

b. Inspecciones de campo

Esta metodología consiste en registrar los olores que son inmediatamente reconocibles bajo condiciones reales de campo, con la idea principal de estimar el grado de molestia en un área determinada mediante el uso de las capacidades olfatorias de un grupo de personas, o panel de especialistas de olores, compuesto por personas entrenadas y “calibradas” para ello. Para esto, se suele dividir el área de estudio en cuadrantes más pequeños mediante la técnica del mallado. En los puntos de corte de la malla se sitúa una persona y simplemente huele el aire a su alrededor (VDI 3940, 2006). Esta persona, gracias a su entrenamiento, es capaz de estimar la presencia, intensidad, y tono hedónico. Este tipo de mediciones es efectivo cuando lo que se quiere estudiar es la presencia de emisiones fugitivas que ocasionen quejas en una cierta comunidad.

La diferencia fundamental entre las inspecciones de campo y la olfatometría tradicional, es que en las primeras los miembros del panel se desplazan hasta el lugar donde se pretende medir los olores para medirlos "in situ", mientras que en la segunda, los panelistas se desplazan a un laboratorio y evalúan las muestras tomadas en bolsas especiales usando un olfatómetro. Por lo que se puede decir que en las inspecciones de campo se mide el olor en inmisión, y en la olfatometría se mide el olor en emisión.

El uso de inspecciones de campo es una herramienta que puede emplearse para el control en línea de actividades molestas o para la verificación del cumplimiento de los estándares de calidad ambiental en los perímetros de las instalaciones emisoras de olores, o bien en las propias comunidades afectadas.

c. Olfatometría de Campo

Son inspecciones de campo que estiman el grado de molestia en una determinada área. Se realiza con un instrumento portátil organoléptico, el cual permite detectar el límite de dilución (número de diluciones necesarias para hacer los olores ambientales no detectables) de olores. Estos instrumentos se le facilitan a un grupo de personas entrenadas en su manejo, para detectar malos olores en el sitio de monitoreo mediante el uso de las capacidades olfatorias de un grupo de personas o panel especialmente entrenadas y calibradas. Sus fortalezas se basan en tener resultados instantáneos de la zona monitoreada y el contacto *in situ* con la población afectada (Olores, 2008). Considera algunas variables meteorológicas como viento, nubosidad, sensación térmica y precipitaciones. Su principal desventaja radica en ser un método

subjetivo, que depende directamente de la percepción sensorial de cada panelista. Con este método los olores de las fuentes emisoras en estudio se puedan confundir con olores provenientes de sectores aledaños a la zona monitoreada.

d. Olfatometría dinámica

Se realiza tomando una muestra en el lugar de la emisión, la que es llevada a un laboratorio de olfatometría dinámica donde un panel compuesto por un grupo de personas entrenadas debe detectar el olor. Para ello se define como una unidad de olor cuando el 50% de los panelista logra percibir el olor. La cantidad de veces que se diluyó la muestra con aire puro, indica la cantidad de unidades de olor que contiene la muestra (UNE-EN 13725, 2004). Dentro de sus ventajas esta la mayor precisión de sus análisis y resultados. Además permite mediante un modelo matemático de dispersión, modelar el alcance de la pluma de olor, considerando variables meteorológicas y topográficas de la zona en estudio para poder ver su alcance e impacto. Esta técnica puede ser utilizada para muestras puntuales o para monitoreos continuos con el uso de narices electrónicas que permiten tener un total control de las emisiones de un olor en particular, ya que la nariz es calibrada para reconocerlo. Su mayor desventaja radica en ser un método que tiene costos económicos considerables, que la hacen poco accesible para pequeñas instalaciones.

1.7 Planteamiento del caso de Estudio

La Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal, corresponde a una de las 3 grandes Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) de Santiago planteadas por el Plan de Saneamiento de las Aguas Servidas del Gran Santiago. Se localiza en la comuna de Padre Hurtado, Región Metropolitana, Santiago.

Esta planta trata $6,6 \text{ m}^3$ de aguas servidas por segundo, proceso en el cual se generan diversos subproductos de ésta, tales como lodos y biogás, como también algunos efectos indeseados, tales como olores. Esta emanación de olores producto de sus procesos, es posible relacionarla con las variables meteorológicas y zona de impacto.

Dado lo anterior, en este seminario de título se abordará el caso de estudio de la planta de tratamiento de aguas servidas El Trebal mediante la adaptación de una metodología sensorial. A partir de este estudio, se relacionarán la influencia de las variables meteorológicas con los olores emitidos en la PTAS en la zona y además evaluar la aplicabilidad de la metodología.

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo General

Diagnosticar el comportamiento de olores en el sector de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal mediante metodología de monitoreo continuo de olores.

1.8.2 Objetivos Específicos

1. Proponer y desarrollar metodología para monitoreo de olores, el cual incluya variables meteorológicas y de proceso en las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.
2. Aplicar el método desarrollado mediante una campaña piloto en los alrededores de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal.
3. Relacionar episodios de olores con variables meteorológicas y de procesos en El Trebal, a partir de la campaña piloto realizada.
4. Evaluar la aplicabilidad del método desarrollado y su respectivo aporte a la gestión ambiental de la generación de olores de la PTAS El Trebal.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Periodo de Estudio

El periodo de estudio se realiza en época de otoño entre los días 01 de Junio y el 12 de Junio de 2010, ambas fechas inclusive. Se realiza en periodo otoño-invierno debido a que en esta época del año, se presentan la mayor cantidad de episodios de olor en la zona (CENMA, 2009). La campaña consta de un monitoreo en jornadas de mañana (7:30-15:00hrs), tarde (15:00-22:30) y noche (22:30-7:30hrs) durante las 24hrs del día.

2.2 Reconocimiento de la zona de estudio

Para realizar la campaña de monitoreo, se hace un reconocimiento de la zona en que se encuentra la PTAS EL Trebal. Se determinan las variable meteorológicas, relieve, asentamientos humanos, fuentes de olor y distancias para la determinación de los puntos de monitoreo que se realizarán.

2.2.1 Relieve

Por el norte y oeste se encuentra con cerros de altura máxima de 677msnm, en tanto al este y sur está el río Mapocho (EMOS, 1996).

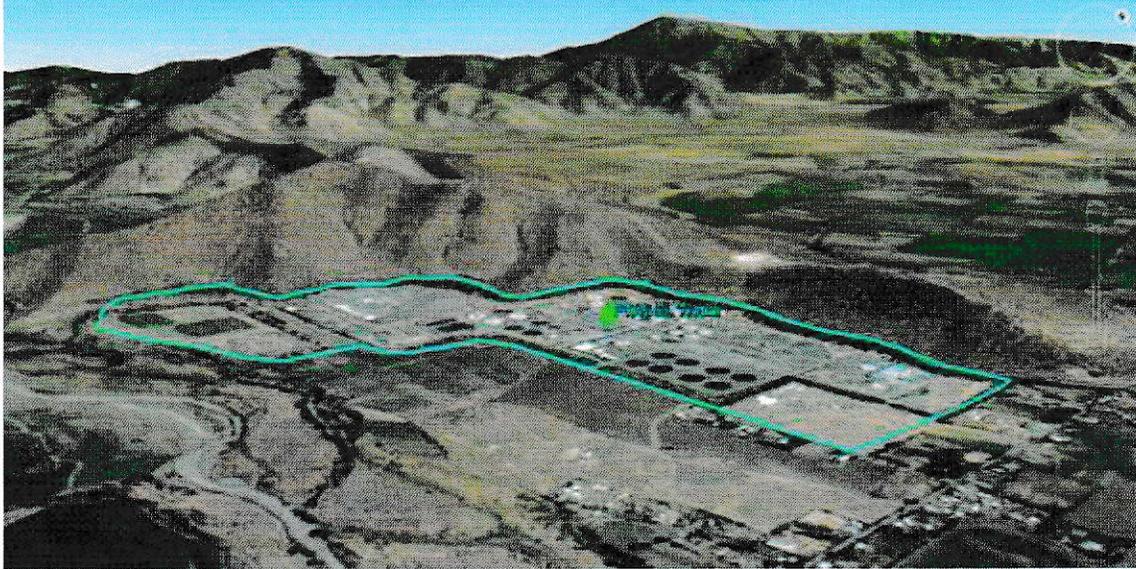


Figura 19: Emplazamiento de la PTAS El Trebal.

2.2.2 Comunidades

Cercano a la PTAS El Trebal, se encuentran 5 comunidades: Comunidad “El Maitén”, a una distancia de 2,3 km hacia el norte de la PTAS; Comunidad “La Primavera”, a 0,9 km hacia el sur; Comunidad “La Esperanza” a 0,7km de distancia hacia el sur-oeste y la Comunidad “El Trebal” a 50 metros de distancia hacia el sur y sur-este de la PTAS.

Las distancias medidas fueron consideradas desde el perímetro más cercano entre la PTAS El Trebal hasta el perímetro de las comunidades en cuestión.



Figura 20: Comunidades cercanas a PTAS El Trebal.

2.2.3 Condiciones Meteorológicas

La zona presenta un clima mediterráneo semiárido con estacionalidad térmica moderada.

El periodo de estudio se realiza en estación otoñal, la cual se caracteriza por ser fría y húmedos, con heladas ocasionales con temperaturas menores a 0°C por lo general en las madrugadas. (Fernandez y col, 2002).

Los datos son recopilados por la estación meteorológica ubicada al interior de la PTAS El Trebal, la que realiza mediciones cada 15 minutos. La figura 21 muestra que la tendencia del viento es predominantemente NNO, N y NNE, además de una velocidad promedio en periodo de monitoreo de 0,9m/s.

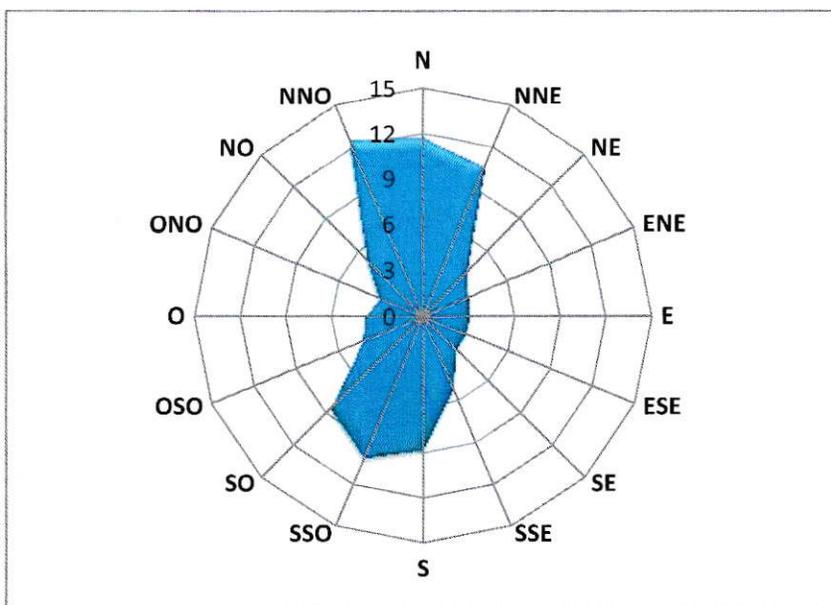


Figura 21: Rosa de vientos en el periodo de estudio.

2.2.4 Fuentes y Notas de Olor

Luego de estudiar la zona se identifican las fuentes de donde provienen los olores, a estas fuentes se les asocia una “nota” de olor, la que corresponde al tipo de olor o “a que huele”.

Las fuentes internas provienen de la PTAS El Trebal, que son específicas y definidas por cada uno de los procesos. Por otra parte, se identifican las principales fuentes de olor externas de la zona de estudiada.

Las fuentes identificadas en el sector de El Trebal se les asignan un código para facilitar la recopilación de los resultados.

En la Tabla 2, se muestran los códigos asignados a las fuentes identificadas en la PTAS El Trebal.

Tabla 2: Fuentes de Olores PTAS El Trebal.

Fuente de Olores PTAS	Código
Entrada de aguas	10
Clarificadores primarios	20
Estanques de aireación	30
Clarificadores secundarios	40
Cloración	50
Centrifuga	60
Espesadores de Lodos	70
Digestores	80
Almacén de Lodo Digerido	90
Cancha de Secado	100
Monorelleno	110

A estas fuentes de olor provenientes desde la PTAS se asocian las notas de olor, las cuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Notas de olor asociadas a la PTAS El Trebal.

Notas El Trebal	Código
Agua Cruda	1
Agua Tratada	2
Lodos en Tratamiento	3
Lodos Centrifugados	4
Lodos en proceso de secado	5
Lodos en Monofill	6
Lodos Biosecado	7
Lodo Encalado	8

Por otra parte, a las notas externas a la PTAS identificadas en el sector de El Trebal, se asignan códigos distintos, siguiendo el correlativo de las fuentes internas de la PTAS, esto con el fin de evitar confusiones en la recopilación de resultados.

En la Tabla 4, se muestran las fuentes externas identificadas y sus respectivos códigos.

Tabla 4: Fuentes de olores externos en sector El Trebal.

Fuente de Olores Externos	Código
Planta distinta al Trebal	130
Zanjón	140
Viñas	150
Zona Agrícola	160
Quema	170
Santiago Poniente	180
Canal de Regadío	190
Chimenea	200
Emisario	210
Planta Elevadora	220
Colector	230
Fábrica de Cecinas	240
Establo	250
Relleno Sanitario	260
Lechería	270
Chanchería	280
Camión de Basura	290
Otros	300

Las notas de olor asociadas a las fuentes externas, se muestran en la Tabla 5 con sus respectivos códigos.

Tabla 5: Notas de olor asociadas a fuentes externas a la PTAS El Trebal.

Notas de Olores Externos	Código		Código
Guano	9	Agua Estancada	20
Fermentado Viñas	10	Solvente Orgánico	21
Azufre	11	Cosecha	22
Abono	12	Gas	23
Humo	13	Comida	24
Metálico (fierro)	14	Pintura	25
Desagüe	15	Soldadura	26
Basura	16	Descomposición Orgánica	27
Embutidos	17	Percolado	28
Grasa Cocida	18	Agua Cruda Otros	29
Ahumado	19	Agua Servidas Otros	30
		Otros	31

2.3 Campaña de Monitoreo

2.3.1 Selección de panelistas

Las personas seleccionadas para realizar el monitoreo de olores se les llama "Panelista" los cuales cumplen con condiciones para realizar este tipo de trabajo. Se contó con un equipo de 6 personas con experiencia, los cuales fueron proporcionados por el CENMA. Estas personas cuentan con características definidas en la norma VDI 3940, 2006, las cuales se señalan a continuación:

- Tener entre 18 y 50 años.
- Pueden ser hombre o mujeres, ya que el olfato no se diferencia por el tipo de género.
- No sufrir de rinitis alérgica, ya que puede incurrir en errores de resultados.
- No fumadores en el horario de medición.
- Poseer un poder de concentración debido a la cantidad de tiempo que duran las mediciones.

Para la elección de los panelistas, estos fueron sometidos a 3 pruebas: opción triangular, reconocimiento y por último calibración. Además los panelistas una vez seleccionados, son entrenados con los olores de cada una de las fuentes de emisión de la PTAS El Trebal, para que puedan asimilar las notas de olor características de la Planta.



Figura 23: Panelista realizando las pruebas.

2.3.1.1 Opción triangular

En esta prueba se presentan tres muestras, de las cuales dos no poseen olor y una de ellas posee un olor diluido. El panelista deberá identificar la muestra olorosa, esto permitirá saber si el panelista puede establecer cuando está en presencia de un olor. Las respuestas se anotan en la planilla para puntuar.

Tabla 7: Planilla usada para opción triangular.

Muestra	Tipo
1	Olorosa
2	Sin olor
3	Sin olor

2.3.1.2 Reconocimiento

En el test de reconocimiento, se presentan muestras con diferentes tipos de olor. El panelista deberá identificar a que huele cada muestra. Esta prueba permite saber si el

panelista puede diferenciar e identificar distintos tipos de olor. Las respuestas se anotan en la planilla para puntuar.

Tabla 8: Planilla con ejemplos de olor de las muestras usadas para la prueba.

Número de muestra	A que huele....
1	Frutilla
2	Vainilla
3	Chocolate
4	Alcohol
5	Tierra

2.3.1.3 Calibración

En el test de calibración, se le entregan varias muestras de n-butanol, pero en diferentes concentraciones. El panelista deberá ordenar las muestras de menor a mayor. Este test de calibración, permite saber si el panelista es capaz de establecer diferentes intensidades de olor.

Las concentraciones de n-butanol utilizadas corresponderán a 0 ppm (sin olor), 500 ppm (un poco molesto), 1000 ppm (molesto) y 2500 ppm (muy molesto) (Zhang, Q., et al., 2002). Las respuestas se anotan en la planilla para puntuar.

Tabla 9: Planilla con los porcentajes de olor de las distintas muestras.

Muestra	Concentración (ppm)
1	0
2	500
3	1000
4	2500

2.3.2 Puntos de Monitoreo

La selección de los puntos de monitoreo se realizan teniendo en consideración las comunidades cercanas, las variables meteorológicas y las fuentes de emisión de olor internas de la PTAS, como las externas a ella.

Dado lo anterior, se consideran 12 puntos para la campaña de monitoreo, los cuales son distribuidos por zona, tomando como punto de referencia la PTAS El Trebal, dividiendo el área de estudio en zona norte, zona centro y zona sur.

La Tabla 10 muestra los puntos de monitoreo, la zona en que se encuentra y la ubicación con respecto a la PTAS.

Tabla 10: Puntos de monitoreo, zona, ubicación y cantidad de mediciones efectuadas.

Puntos de monitoreo	Sector	Ubicación respecto PTAS	Nº de Mediciones
RSSP	Norte	NNE	43
Central de Gas		NE	48
Cancha de fútbol	Centro	ENE	24
Cruce PTAS		E	36
Copa de agua		ESE	25
Final camino		SE	28
Fosas		SSE	43
Portería PTAS		OSO	38
Rotonda Trebal	Sur	SO	47
Las Violetas		SO	31
Puente Mapocho		SSO	28
Camino a Valparaíso		S	24

Los puntos de monitoreo se muestran en la Figura 24, como también las comunidades aledañas y fuentes de olores externos en su distribución espacial y cercanía en que se encuentran unas de otras.

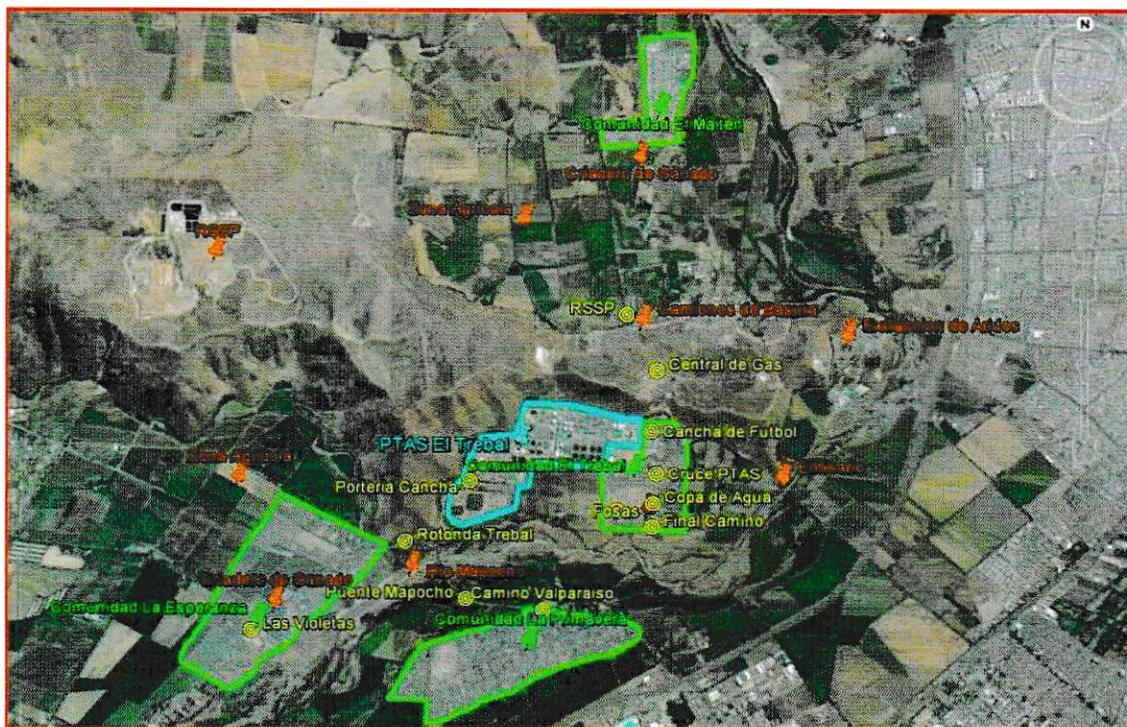


Figura 24: Zona de estudio, puntos de monitoreo, comunidades y fuentes externas.

2.3.3 Monitoreo

Luego de haber estudiado la zona, identificar las comunidades cercanas, las fuentes de emisión de olor, las condiciones meteorológicas y la ubicación de los puntos, se procede a monitorear mediante una metodología en que combina registros continuos de olores y un monitoreo sensorial en terreno mediante el ajuste de las normativas VDI 3940, 2006 y GOAA, 1998.

El monitoreo continuo de olores se lleva a cabo en rutas realizadas en turnos rotativos divididos en noche, mañana y tarde, en los cuales se midió una cantidad promedio de 34 puntos diarios, de los cuales al menos se monitoreaba una vez cada punto en los turnos establecido.

Para realizar la medición, el panelista llega al punto de monitoreo y en su planilla de control de registros comienza a anotar los datos. Primero se anota la fecha y hora de llegada al lugar. Luego se posiciona en dirección desde donde viene el viento y se dispone a monitorear por 10 minutos cronometrados. En el caso de percibir algún olor el panelista inicia un conteo cronometrado del tiempo, el cual finaliza al momento exacto en que la nota de olor deja de ser percibida por éste. Cada vez que perciba la nota, continúa el conteo de tiempo.

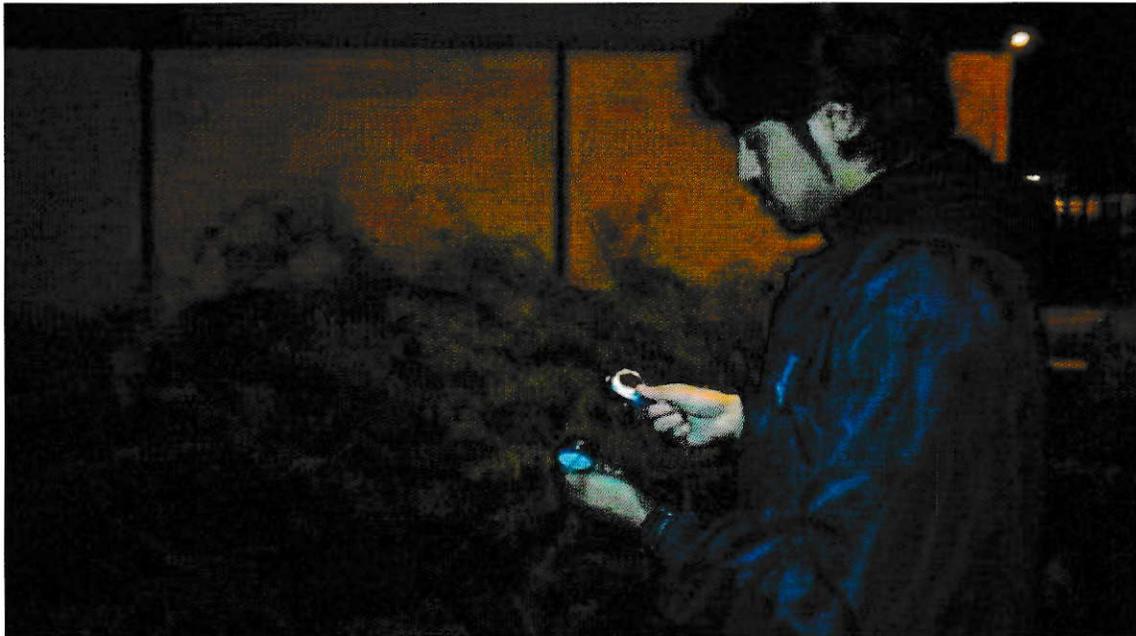


Figura 25: Panelista realizando la medición de olores.

Finalmente el panelista anota "in-situ" sus resultados en la planilla de control de registros proporcionada. En ella se ingresan los datos de intensidad de olor, fuente de donde se origina, nota de olor y tiempo en minutos percibido por el panelista.



Figura 26: Panelista registrando en la planilla de control los datos medidos.

Este proceso se realiza en cada punto de monitoreo a lo largo de la ruta de monitoreo. La medición se realiza por lo menos una vez por cada una de las jornadas (Noche, Mañana y Tarde). Luego estos datos se ingresan en una planilla digital para realizar la estadística.

MONITOREO CONTROL PUNTOS PTAS EL TREBAL

TURNO NOCHE				
Número	Fecha	Día	Hora Inicio	Hora Término

Punto	Puntos en perímetro	Zona Norte		Zona Central		
		RSSP	Central de Gas	Cancha de Fútbol	Cruce PTAS	Copa de Agua
Secuencia						
Hora						
Nivel de olor	0: sin olor 1: Muy débil 2: Débil 3: Medio 4: Fuerte 5: Muy fuerte					
Origen punto						
Nota de olor El Trebal						
Resistencia olor						

Punto	Puntos en perímetro	Zona Central		Zona Sur			
		Foxes	Portería Cancha	Rotonda Trebal	Las Violetas	Puerto Napoche	Camino Valparaíso
Secuencia							
Hora							
Nivel de olor	0: sin olor 1: Muy débil 2: Débil 3: Medio 4: Fuerte 5: Muy fuerte						
Origen punto							
Nota de olor El Trebal							
Resistencia olor							

OTRAS NOTAS DE OLOR

Punto	Puntos en perímetro	Zona Norte		Zona Central		
		RSSP	Central de Gas	Cancha de Fútbol	Cruce PTAS	Copa de Agua

Punto	Puntos en perímetro	Zona Central		Zona Sur			
		Foxes	Portería Cancha	Rotonda Trebal	Las Violetas	Puerto Napoche	Camino Valparaíso

Figura 27: Planilla de control de registros modificado de CENMA.

2.3.4 Análisis de datos

Con respecto a los datos meteorológicos, estos son tomados desde una base de datos que recoge los datos de velocidad y dirección del viento de la Planta El Trebal. Estos mediante el software Microsoft Excel se crean rosas de viento y gráficos para ilustrar los resultados obtenidos y compararlos con las mediciones de olor en terreno.

Para el análisis de los resultados de olor, son incorporados en una planilla en el software Microsoft Excel para realizar la estadística. Para esta compilación de

resultados del monitoreo de olores, se determinó el porcentaje de tiempo de olor para cada sector, se determina el porcentaje de peak de tiempo de olor y la intensidad de olor promedio.

Para el cálculo del Porcentaje del Tiempo de Olor, se tiene que:

$$\% \text{ Tiempo de Olor} = (\text{Tiempo de Olor (min)} * 100) / \text{Tiempo medido (min)}$$

En la Tabla 11 se muestra como se determinan los porcentajes de olor, peak e intensidad.

Tabla 11: Determinación de mediciones de los datos

Medición	Determinación
% Tiempo de Olor Total	Tiempo de olor, del total de veces muestreado, asociado a la fuente con respecto al tiempo total medido (expresado en %)
% Peak Tiempo de Olor	Tiempo de olor máximo muestreado asociado a la fuente con respecto al tiempo total medido en esa muestra (en %)
Intensidad Olor Promedio	Es el promedio de intensidad en todas las mediciones, en una escala de referencia entre 0 y 5.

Se realizan análisis comparativos entre las datos registrados por el monitoreo continuo de olores y las variables meteorológicas, relación entre los episodios de olor y los turnos, relación con la zona de impacto y relación de la fuente de olores de la PTAS El Trebal con la superficie del proceso.

3 RESULTADOS

3.1 Medición de olores.

La campaña de monitoreo se realizó entre los días 01 y 12 de Junio del año 2010, en donde se midió diariamente un promedio de 345 minutos, en la zona, lo cual corresponde a 5,75 horas y un 24% de los minutos que tiene un día. En tanto, el olor percibido corresponde a 436,6 minutos, lo que en porcentaje con respecto al tiempo medido es un 10%.

El promedio de olor percibido diariamente es de 36,4 minutos, en donde predomina la presencia de la PTAS en las notas percibidas, con diferencias que fluctúan entre los 0,2 y 31,3 minutos. Además el día 10 de Junio es el único que se presenta una mayor percepción de notas externas sobre las notas provenientes de la PTAS. Esto se aprecia en la Tabla 12.

Tabla 12: Tiempo de medición y percepción de olores en campaña de monitoreo.

Fecha (dd/mm/aaaa)	Tiempo medido (min)	Tiempo de olor PTAS (min)	Tiempo de olor Externas (min)
01-06-2010	430	32,5	25,0
02-06-2010	480	35,5	21,0
03-06-2010	240	45,1	13,8
04-06-2010	360	18,0	14,0
05-06-2010	250	9,3	6,8
06-06-2010	280	7,1	5,7
07-06-2010	430	45,6	17,8
08-06-2010	380	23,5	19,2
09-06-2010	470	35,0	21,7
10-06-2010	310	6,4	6,6
11-06-2010	280	10,4	3,4
12-06-2010	240	7,3	6,2
Total	4150	275,4	161,2

A partir de los resultados recopilados en la campaña de monitoreo es posible calcular el porcentaje de tiempo de olor percibido para cada uno de los días. Se observa en la Figura 28, que el día con mayor porcentaje de olor percibido es el 03 de Junio con un 24,5%, mientras que el menor es el día 10 de Junio con un 4,2%. Estas diferencias se pueden explicar por la cantidad de tiempo de monitoreo con respecto al tiempo de percepción de olores que se encuentra en la zona determinada.

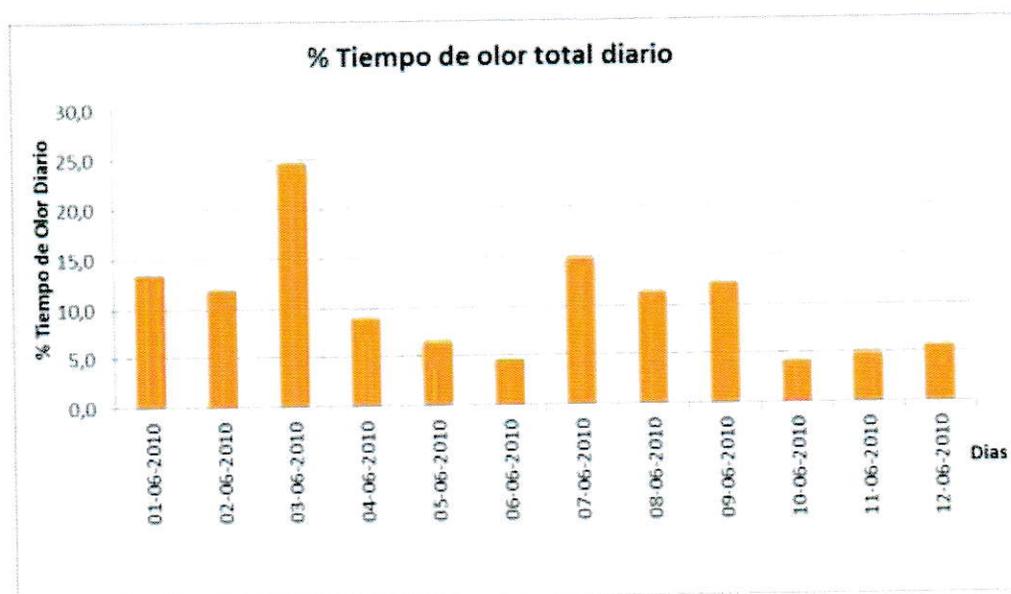


Figura 28: Porcentaje de tiempo de olor diario.

Si se analiza el porcentaje del tiempo total en El Trebal, tenemos que un 6,63% del tiempo estudiado de emitieron notas de olor atribuibles a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, un 89,48% del tiempo total medido no existe presencia de olor, y un 3,88% existe presencia de otras notas de olor, no atribuibles a las actividades de la Planta, como se muestra en la Figura 29.

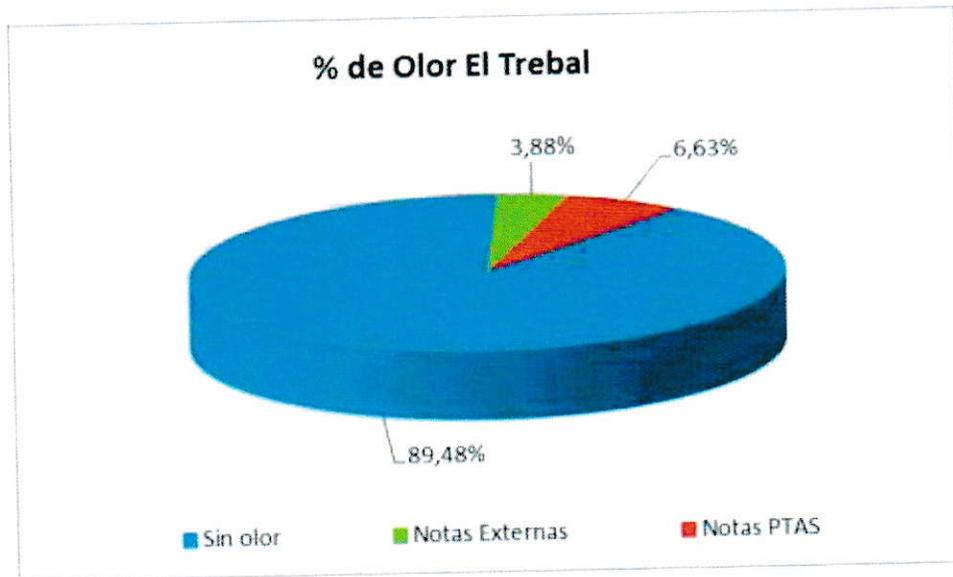


Figura 29: Distribución de la percepción de olor y tiempo sin olor.

Al analizar de forma específica las notas externas y las notas provenientes a la PTAS El Trebal, se puede indicar lo siguiente:

En cuanto a las notas externas se identifican 8 diferentes notas de olor, de las cuales se identifican tres principales notas: descomposición orgánica con un 28%, humo con un 25% y agua cruda con un 19%. Esto se puede apreciar en la Figura 30, que muestra los porcentajes de tiempo en que fueron percibidas las notas externas a la PTAS.

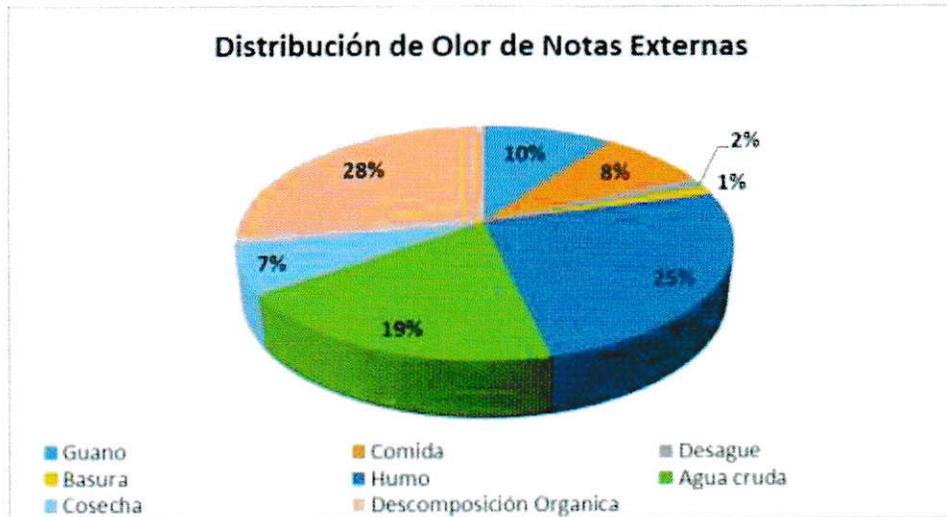


Figura 30: Porcentaje de tiempo de olor de notas externas a la PTAS El Trebal.

En cuanto a las notas provenientes de la PTAS El Trebal, se identifican que un 4,18% corresponde a aguas crudas, o aguas sin tratar, que su principal fuente es la unidad de Entrada de Aguas y Clarificación primaria; un 4,64% corresponde a aguas tratadas que sus fuentes son Clarificación secundaria y Estanques de aireación; un 25,41% corresponde a Lodo Monofill que su fuente es el Mono relleno; un 1,03% corresponde a Lodos del proceso de Centrifugado y con un 64,75% corresponde a Lodos de Biosecado dispuestos en la Cancha de secado.

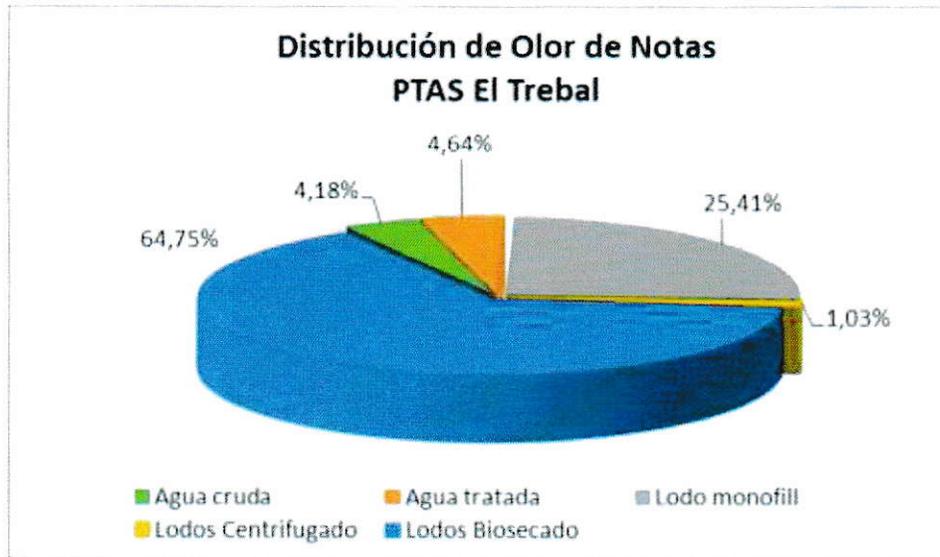


Figura 31: Porcentaje de tiempo de olor de notas de la PTAS El Trebal.

3.2 Monitoreo continuo de olores y variables meteorológicas.

Las variables meteorológicas estudiadas para este trabajo, son las de velocidad, dirección del viento y temperatura, las cuales fueron provistas por la estación meteorológica instalada y perteneciente a la PTAS El Trebal.

Los datos completos de velocidad y dirección del viento se encuentran en el Anexo N°5.

3.2.1 Dirección del viento

Se genera una rosa de vientos que permita mostrar gráficamente la dirección y frecuencia predominante de los vientos durante el período de estudio. En éste podemos ver que se tienen 2 vientos predominantes, uno provenientes desde el NNO y el otro en la desde la dirección SSO.

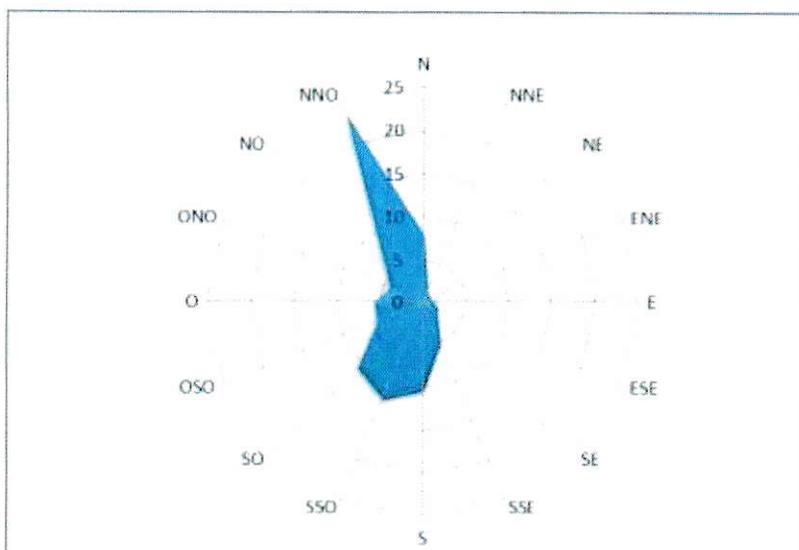


Figura 32: Rosa de vientos para el periodo de estudio en la PTAS El Trebal.

Los puntos que se encuentran en la dirección principal desde donde viene el viento son los correspondientes a los de “Relleno Sanitario Santiago Poniente” y el punto “Fosas”. En estos se registraron 3 mediciones de un total de 10 mediciones, registrando un tiempo total de 9,9 minutos de notas provenientes de la PTAS.

Tabla 13: Tiempo de medición y percepción de olores en campaña de monitoreo.

Punto	Día	Tiempo medido (min)	Tiempo de olor (min)	% Tiempo de olor total	Intensidad	Foco	Nota
RSSP	01-06-2010	40	5,2	12,9	2	100	7
Fosas	02-06-2010	40	2,8	7,1	2	60	4
Fosas	06-06-2010	20	1,9	9,6	2	40	2

Para la comprensión de los fenómenos en cada una de las jornadas establecidas en la campaña de muestreo (noche (22:30-7:30), mañana (7:30-15:00) y tarde(15:00-22:30)), es que se estudiarán las rosas de vientos separadas para cada uno de los horarios o jornadas estudiadas.

En la Figura 33 correspondiente a los vientos de la jornada de la mañana, es posible observar los mismos 2 peaks que para la medición total del estudio, siguiendo la misma tendencia.

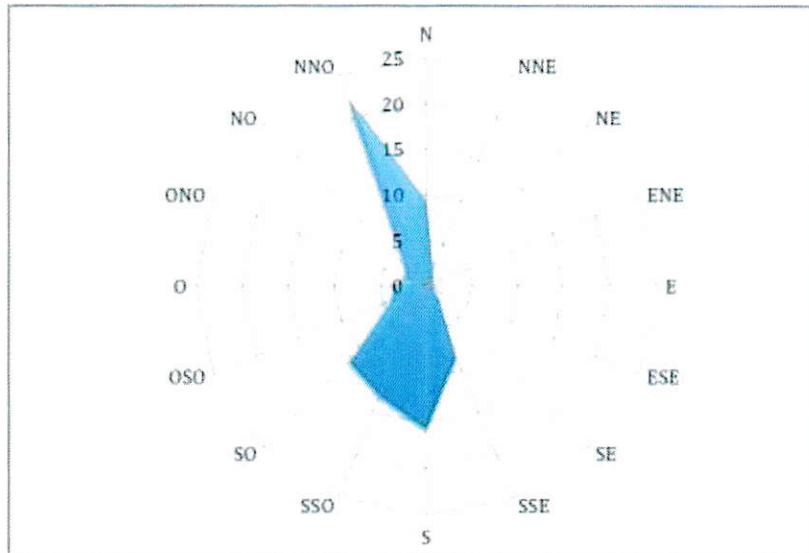


Figura 33: Rosa de vientos de la jornada mañana (7:30-15:00) en la PTAS El Trenal.

Los puntos de monitoreo que se encuentran en la dirección desde donde sopla el viento son: Fosas, Relleno Sanitario Santiago Poniente y Central de Gas con un total de tiempo de medición de 1050 minutos correspondientes a 105 mediciones, sin embargo, en los puntos señalados, no se evidencian percepción de olor en el momento de la medición.

En la Figura 34 correspondiente a la jornada de tarde, es posible observar los 2 peaks correspondiente a la Rosa de Vientos de todo el período de estudio, pero con frecuencias distintas, ya que predominantemente los vientos tienen dirección desde el SSO, SO y NNO.

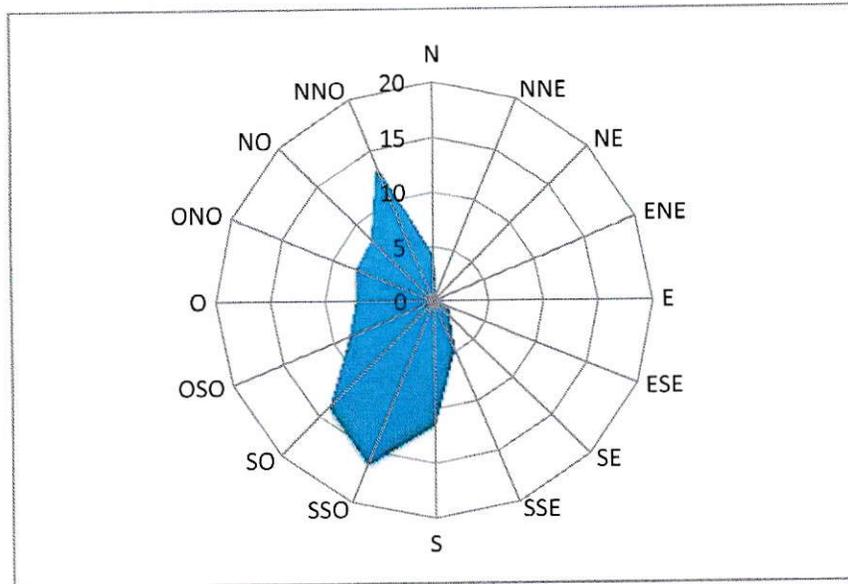


Figura 34: Rosa de vientos de la jornada tarde (15:00-22:30) en la PTAS El Trebal.

En esta dirección, los puntos de monitoreo son: Fosas, Relleno Sanitario Santiago Poniente y Central de Gas. En estos puntos se registraron 6 episodios de olor provenientes de la PTAS con un total de 18,7 minutos correspondiente al 4,1% del tiempo total de medición en esos puntos durante la jornada de tarde.

Tabla 14: Tiempo de medición y percepción de olores en jornada tarde.

Punto	Día	Tiempo medido (min)	Tiempo de olor (min)	% Tiempo de olor	Intensidad	Foco	Nota
RSSP	01-06-2010	20	5,2	25,8	2	100	7
Central de gas	01-06-2010	20	4,7	23,3	2	40	2
Central de gas	02-06-2010	10	3,2	31,8	2	10	1
Fosas	06-06-2010	10	1,9	19,2	2	40	2
Central de gas	08-06-2010	10	1,1	10,5	2	10	1
Central de gas	09-06-2010	20	2,7	13,4	1	40	2

En la Figura 35, correspondiente a los vientos de la jornada de la noche, es posible observar los mismo 2 peaks que en la Rosa de Vientos de todo el período de estudio. Sin embargo, los vientos en la noche muestran un peak en la dirección NNO, mientras que la segunda componente SSO. Todo esto indica que predominantemente, durante la noche el viento sopla desde el NNO, y que cuando sopla en otras direcciones, lo hace en las direcciones comprendidas entre el SSO y el SO.

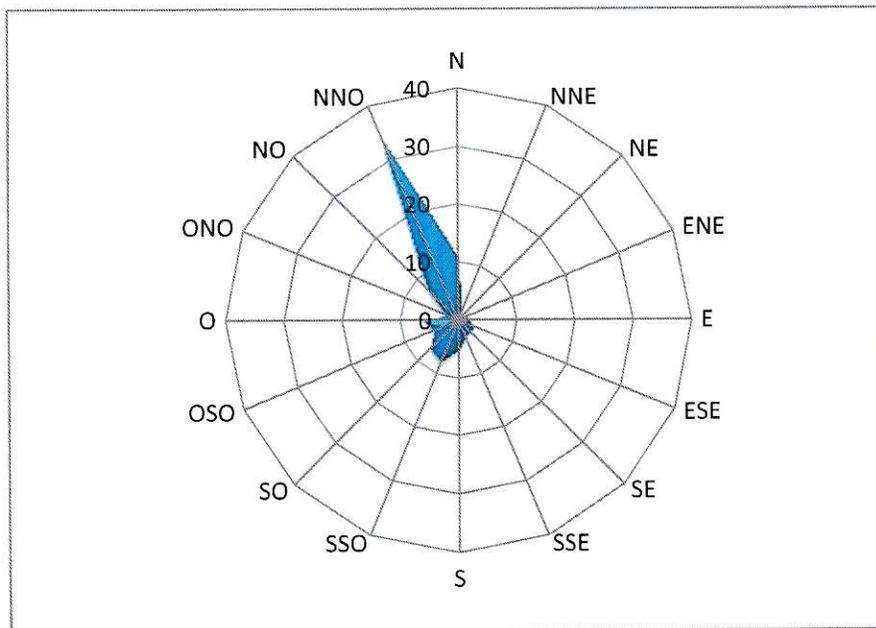


Figura 35: Rosa de vientos para la jornada noche (22:30-7:30) en la PTAS El Trebal.

El punto de monitoreo en la dirección desde donde viene el viento corresponde a "Fosas", en él se registra un episodio de olor de 2,8 minutos proveniente de la PTAS El Trebal siendo un 2,8% del tiempo medido durante la jornada noche en ese punto.

Tabla 15: Tiempo de medición y percepción de olores en jornada noche.

Punto	Día	Tiempo medido (min)	Tiempo de olor (min)	% Tiempo de olor	Intensidad	Foco	Nota
Fosas	02-06-2010	20	2,8	14,2	2	60	4

3.2.2 Velocidad del Viento

En la campaña de monitoreo la velocidad del viento oscila entre los 0,3m/s y los 2,7m/s. la mayor velocidad se registra en la jornada de noche para el día 08 de Junio, mientras que las menores velocidades se registran para el día 02 de Junio.

Tabla 16: Velocidad del viento en jornadas Noche, Mañana y Tarde.

Fecha	Noche (m/s)	Mañana (m/s)	Tarde (m/s)
01-06-2010	0,5	1,3	2,6
02-06-2010	0,3	0,3	0,3
03-06-2010	0,3	0,5	0,4
04-06-2010	1,1	1,0	0,3
05-06-2010	1,7	0,8	0,3
06-06-2010	0,8	1,0	0,9
07-06-2010	0,5	1,1	0,3
08-06-2010	2,7	1,7	1,4
09-06-2010	1,7	0,4	0,7
10-06-2010	2,0	0,9	1,5
11-06-2010	0,5	0,7	0,8
12-06-2010	0,3	1,0	0,3
Promedio	1,0	0,9	0,8

El promedio de velocidad del viento para la campaña de monitoreo es de 0,9m/s sin variar en más de 0,1m/s entre la mayor y menor velocidad promedio.

Al analizar la velocidad del viento con respecto a los registros de episodios de olor provenientes desde la PTAS y desde el exterior de esta, se recopilan los siguientes resultados:

Los episodios provenientes de fuentes externas a la PTAS tienen su mayor tiempo de percepción el día 01 de Junio con 25 minutos de emisión correspondientes a notas de humo, descomposición orgánica y agua cruda cuando se presenta una velocidad promedio de 1,4m/s.

En cuanto a los episodios provenientes de la PTAS se identifican los mayores tiempos de percepción de olor para los días 03 y 07 de Junio con 45,1 y 45,6 minutos respectivamente con velocidades promedio de 0,4m/s y 0,6m/s en que las fuentes de emisión son Clarificadores secundarios (agua tratada), Cancha de secado (lodos biosecado) y Mono relleno (lodos monofill).

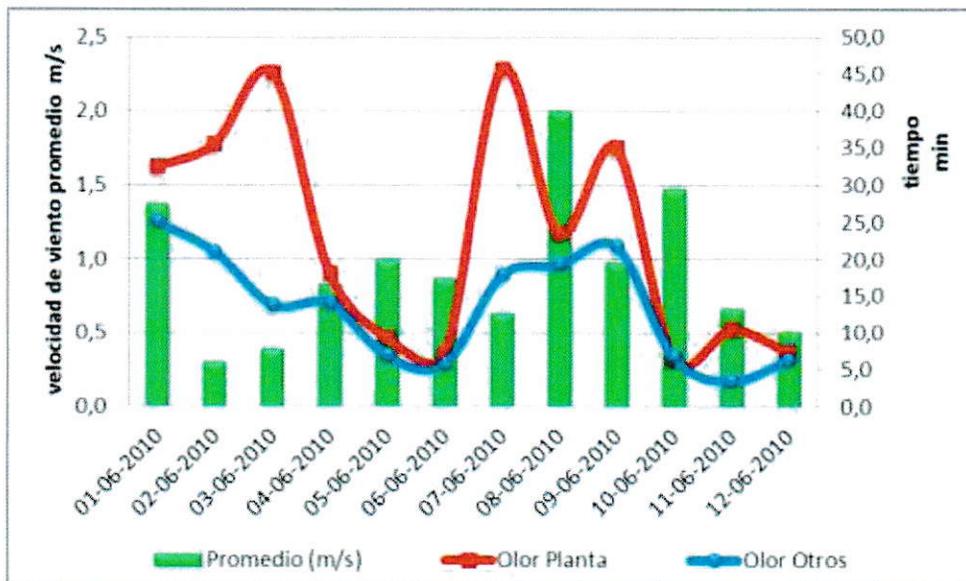


Figura 36: Velocidad del viento con respecto a las notas de olor en el estudio.

3.2.3 Temperatura

La temperatura para la campaña de monitoreo tiene una amplitud térmica promedio de 12°C, la temperatura mínima registrada fue en los días 05, 06 y 07 de Junio con 2°C y la temperatura máxima se registró el día 05 de Junio con 21°C.

Tabla 17: Condiciones de temperatura y humedad con respecto a registro de olores en la campaña de monitoreo.

Fecha	T° min °C	T° max °C	Humedad	Condición	Olor Planta (min)	Olor Otros (min)	T° prom °C
01-06-2010	5	15	85%	Parcial	32,5	26,9	10
02-06-2010	8	10	84%	Neblina	35,5	17,6	9
03-06-2010	6	14	78%	Neblina	45,1	21,7	10
04-06-2010	3	18	77%	Neblina	18,0	16,1	10,5
05-06-2010	2	21	68%	Soleado	9,3	7,9	11,5
06-06-2010	2	20	71%	Bruma	7,1	8,5	11
07-06-2010	2	19	69%	Neblina	45,6	10,9	10,5
08-06-2010	3	22	65%	Parcial	23,5	12,1	12,5
09-06-2010	9	13	79%	Bruma	35,0	10,3	11
10-06-2010	6	11	78%	Nublado	6,4	13,5	8,5
11-06-2010	4	16	76%	Parcial	10,4	11,1	10
12-06-2010	4	16	72%	Nublado	7,3	4,7	10

Con respecto a los episodios de olor,

3.3 Relación episodios de olor y Jornadas

3.3.1 Jornada Noche

La jornada noche se realiza entre las 22:30 y las 7:30 del día siguiente. Los resultados se analizan con respecto a la percepción de olores provenientes de la PTAS El Trebal.

A lo largo del monitoreo, se aprecia que el porcentaje de tiempo de olor para esta jornada están por debajo del 10% con un promedio de 5,3% por día. No obstante, la

intensidad alcanza un máximo de 4, lo cual es catalogado como un olor de intensidad fuerte, esto ocurre para el día 10 de Junio.

Además se encuentra que el peak de porcentaje de olor medido en los 10 minutos de muestreo es un 100% en el día 04 de Junio, siendo que el promedio en la campaña de monitoreo corresponde a un 42% en esta jornada.

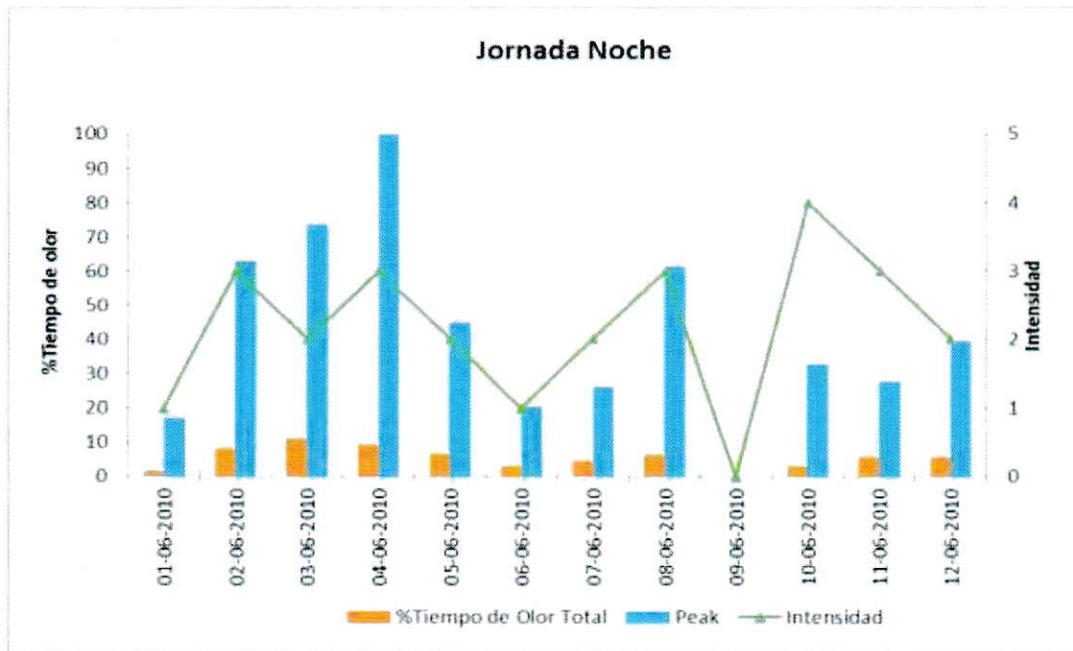


Figura 37: Comportamiento en la percepción de olor durante la jornada noche de los olores percibidos de la PTAS El Trebal.

Los hechos señalados anteriormente se atribuyen para ambos días al punto de monitoreo "Portería Cancha", punto que se encuentra ubicado entre las áreas de Mono relleno y Cancha de secado. La nota percibida corresponde a lodos monofill

provenientes del Mono relleno para ambos casos, como se muestra en la Tabla a continuación.

Tabla 18: Tiempo de medición y percepción de olores en punto "Portería Cancha" durante jornada de Noche.

Día	Tiempo medido	Tiempo de olor	% Tiempo de olor	Intensidad	Foco	Nota
04-06-2010	10	10	100	3	110	6
10-06-2010	10	3,3	33	4	110	6

3.3.2 Jornada Mañana

La jornada de mañana se extiende entre las 7:30 a las 15:00 horas. Los resultados se analizan con respecto a la percepción de olores provenientes de la PTAS El Trebal.

Durante esta jornada se observa que de los 12 días de mediciones, en 3 de ellos (05, 10 y 11 de Junio) no se perciben notas de olor, mientras que el día 03 de Junio no se realizan mediciones para esta jornada.

En cuanto a los peak de olor, el día 07 de Junio se presenta el mayor con 70,7% en los 10 minutos de medición. Además el porcentaje de tiempo de olor promedio para los 12 días de muestreo es un 3,1% del tiempo total de medición para esta jornada.

La intensidad mayor que se registra es de 4, correspondiente a una intensidad fuerte para el día 07 de Junio.

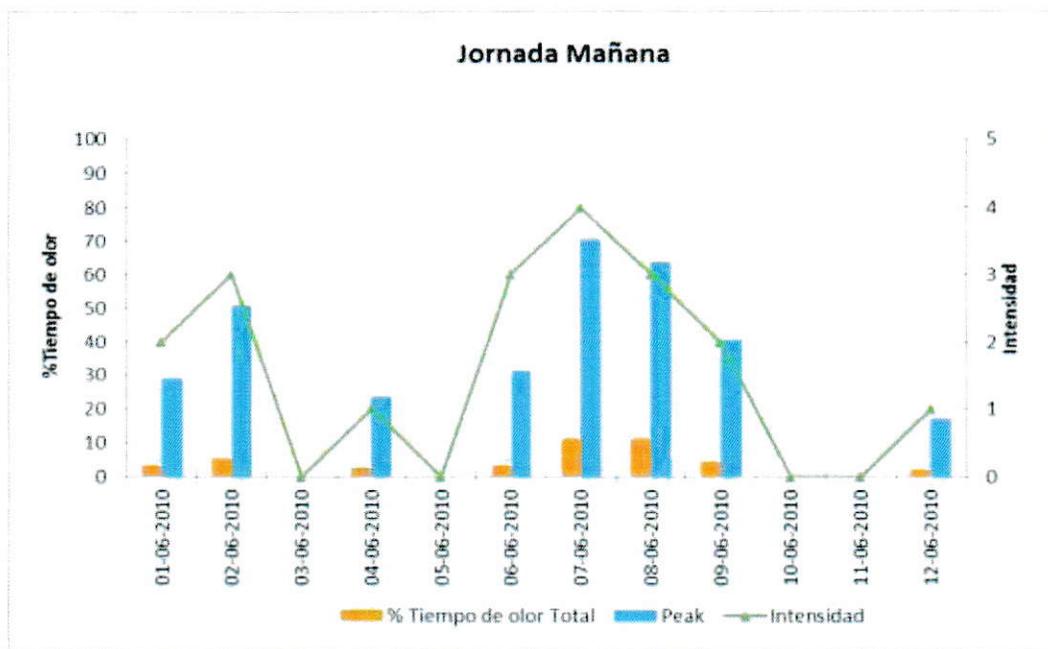


Figura 38: Comportamiento en la percepción de olor durante la jornada mañana de los olores percibidos de la PTAS El Trebal.

Los episodios de olor con mayores tiempos se presentaron en el punto “Portería Planta”, registrándose eventos para los días 07 y 08 de Junio. La nota de olor identificada para estos días es de lodos biosecado provenientes de la cancha de secado.

Tabla 19: Tiempo de medición y percepción de olores en punto “Portería Cancha durante jornada de Mañana.

Día	Tiempo medido	Tiempo de olor	% Tiempo de olor	Intensidad	Foco	Nota
07-06-2010	10	7,1	71	4	100	7
08-06-2010	10	6,4	64	3	100	7

3.3.3 Jornada Tarde

La jornada de mañana se extiende entre las 15:00 y las 22:30 horas. Los resultados se analizan con respecto a la percepción de olores provenientes de la PTAS El Trebal.

Para los días 02, 03 y 09 de Junio se evidencian peak de 100% de olor, los cuales provienen de notas de lodos biosecado y lodos monofill de la cancha de secado y el mono relleno respectivamente. Las intensidades máximas es de 3, catalogada como "media" para 7 días de medición y "baja" para los días restantes. El porcentaje de olor promedio percibido para los 12 días de monitoreo es de un 10% con un total de 163 minutos de olor percibido proveniente de la PTAS.

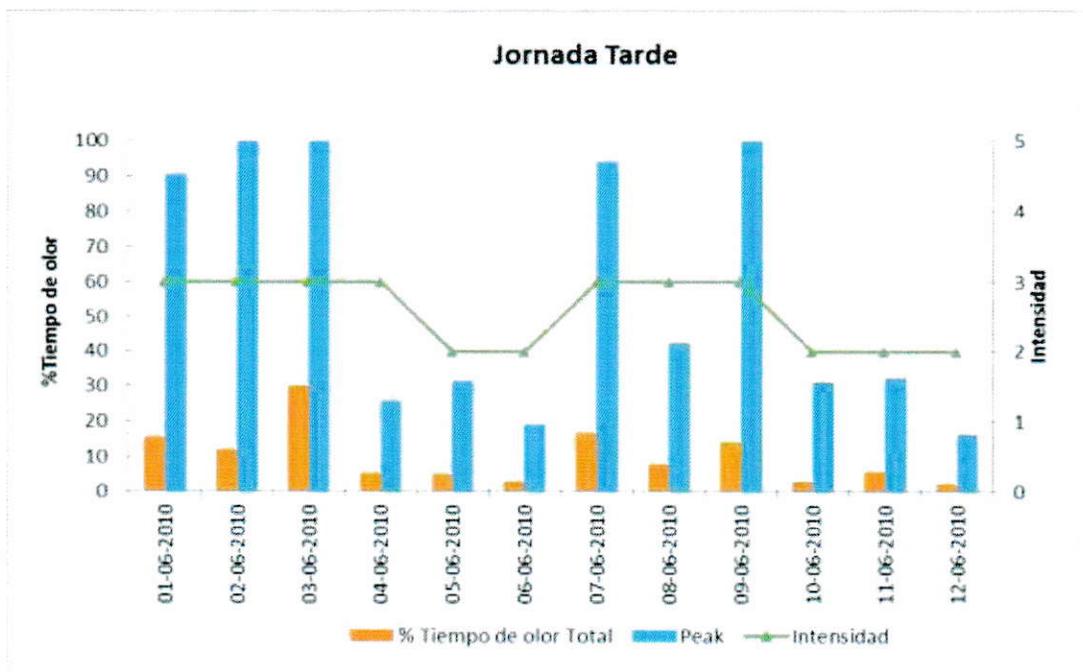


Figura 39: Comportamiento en la percepción de olor durante la jornada tarde de los olores percibidos de la PTAS El Trebal.

Los episodios de olor ocurridos durante la jornada de tarde se debe principalmente al punto “Portería Cancha”, en el cual se muestreó por 150 minutos, de los cuales se percibió olor en 89,5 minutos correspondientes al 51% del tiempo medido en esta jornada. esto se aprecia en la Figura 40, en donde se muestra el porcentaje de tiempo de olor y la intensidad de la nota percibida para cada uno de los días en jornada de tarde.

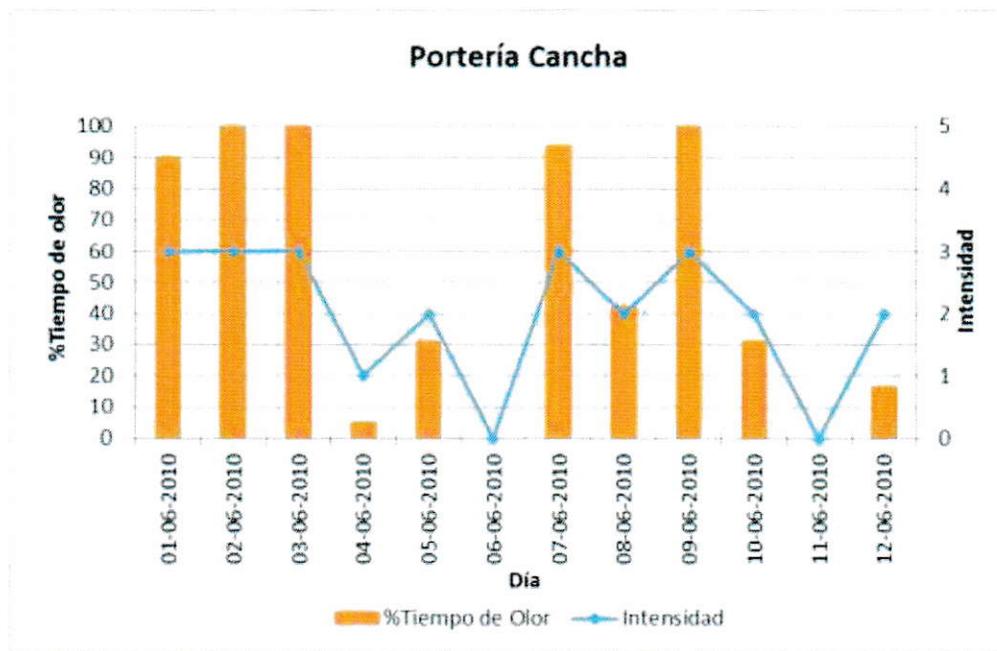


Figura 40: Comportamiento en la percepción de olor durante la jornada tarde en punto “Portería Cancha” de los olores percibidos de la PTAS El Trebal.

3.4 Relación episodios de olor y zona de impacto

Al momento de estudiar qué porcentaje de los tiempos de olor total corresponden a cada una de las zonas determinadas, se tiene que un 19% de los olores se dan en la

zona norte, un 48% de los olores se dan en la zona centro, y un 33% de los olores se dan en la zona sur.

El tiempo de olor percibido por zona, es directamente proporcional a la cantidad de tiempo medido en total y los porcentajes de tiempo de olor por zona tienen en promedio un 6%, además los porcentajes de tiempo de olor para cada zona con respecto al tiempo total de medición en la campaña de muestreo es de un 2,3% promedio.

Las fuentes principales de olores con origen en la PTAS en la zona norte son: entrada de aguas, clarificador secundario y cancha de secado; en la zona centro se les suma centrifuga y Mono relleno, mientras que en la zona sur se identifican clarificadores secundarios, cancha de secado y Mono relleno.

Tabla 20: Tiempo de medición y percepción de olores en punto "Portería Cancha" durante jornada de mañana.

Zona	Puntos	Tiempo	Tiempo Olor (min)	%Tiempo de Olor por Zona	%Tiempo Olor Total	Fuente
Norte	2	740	24,10	3,26	0,58	10-40-100
Centro	6	2080	175,38	8,43	4,23	10-40-60-100-110
Sur	4	1330	75,92	5,71	1,83	40-100-110

3.4.1 Zona Norte

Al revisar el porcentaje del tiempo de olor en la zona norte por día con respecto a la intensidad de olor, se tiene que el día 03 de junio, se presenta un máximo peak de intensidad de olor; mientras que entre los días 10 y 12 de Junio se ven los menores peaks, además se considera que para 6 días de muestreo, no se percibieron notas provenientes de la PTAS.

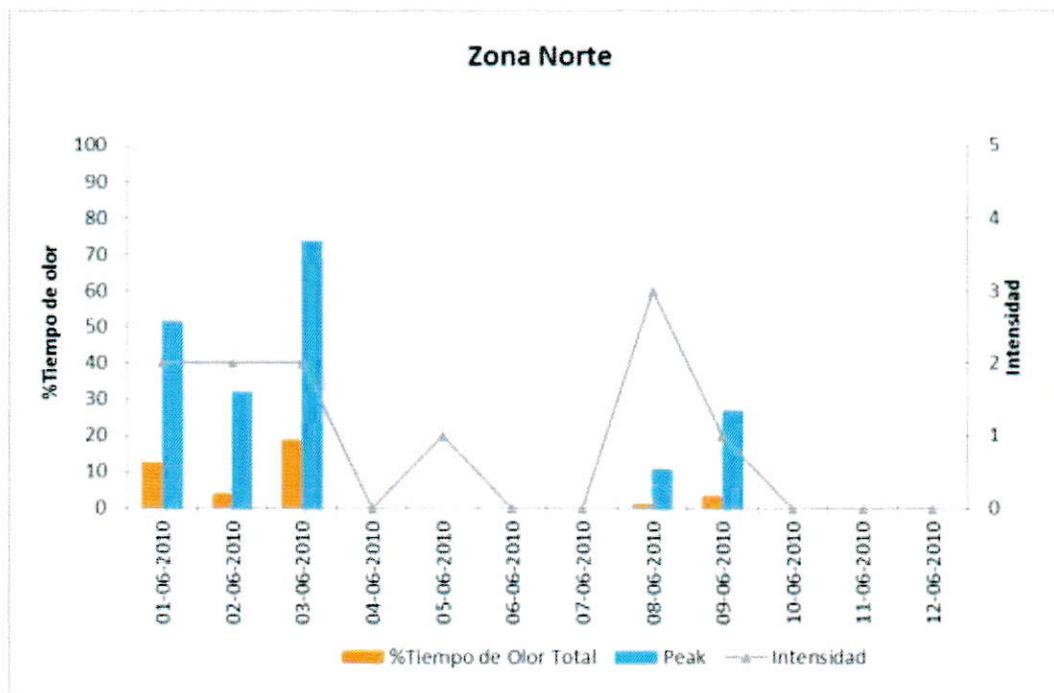


Figura 41: Porcentaje tiempo de olor, peak de olor e intensidad de olor Zona Norte.

3.4.2 Zona Centro

Al revisar el porcentaje del tiempo de olor en la zona centro por día con respecto a la intensidad de olor, se tiene que hay 6 días con máximos peaks de olor de un 100%, además de que todos los días poseen significativos porcentajes de porcentajes de

tiempos de olor con un promedio de 7,8% diario con 175,4 minutos de olor percibido proveniente de la PTAS de un total de 2080 minutos de muestreo en esta zona e intensidades de 4 catalogada como fuerte para los días 07 y 10 de Junio.

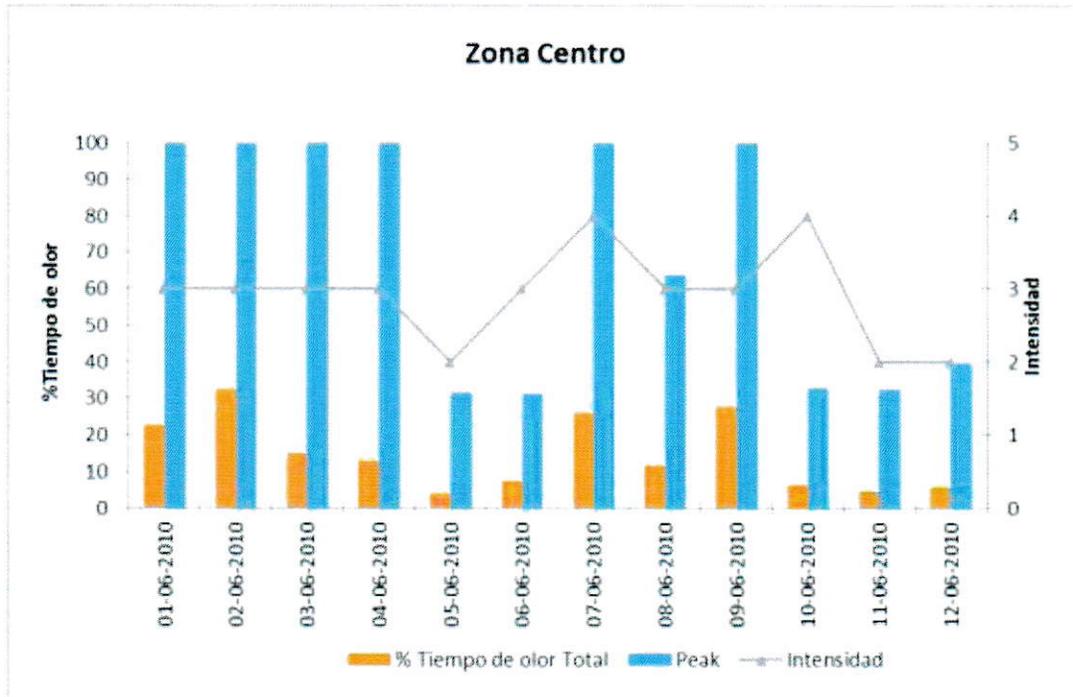


Figura 42: Porcentaje tiempo de olor, peak de olor e intensidad de olor Zona Centro.

3.4.3 Zona Sur

Al revisar el porcentaje del tiempo de olor en la zona sur por día con respecto a la intensidad de olor, se tiene que el día 03 de Junio, se presenta un máximo peak de olor, debido a un alto porcentaje de tiempo de olor y a una intensidad media de olor, seguido por los días 07 y 08 de Junio; mientras que el día 09 de Junio se evidencia el menor peak.

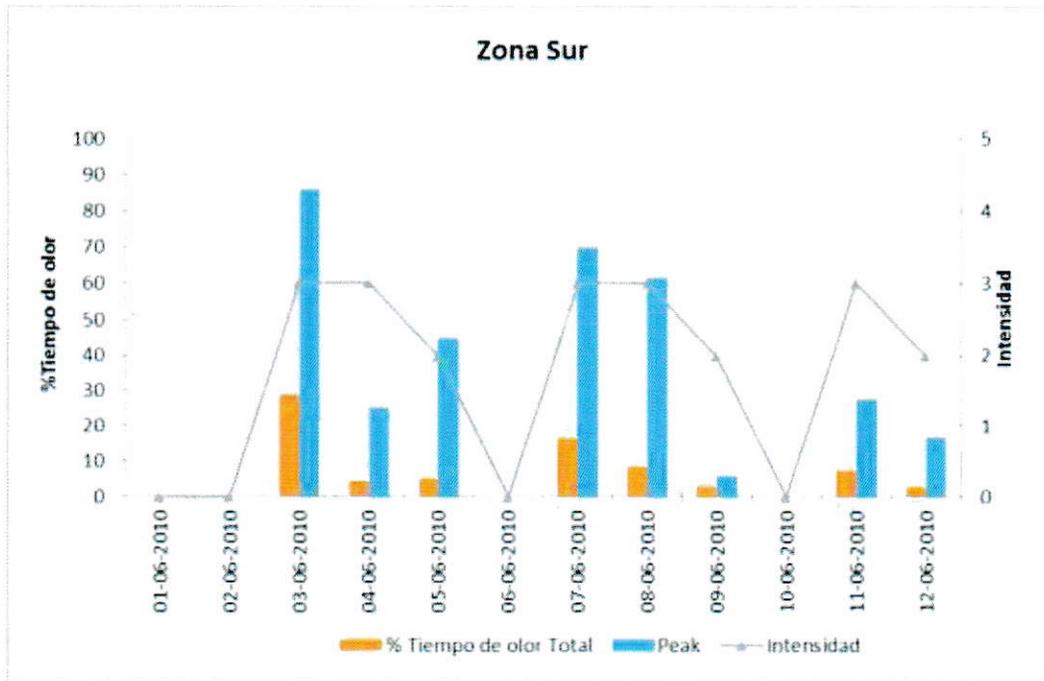


Figura 43: Porcentaje tiempo de olor, peak de olor e intensidad de olor Zona Sur.

3.5 Mayores episodios de olor

3.5.1 Portería Cancha

Este punto se encuentra en el centro del camino público que pasa entre la Cancha de secado y el Mono relleno, por lo que la percepción de olor se encuentra rodeada por estas dos fuentes.

El tiempo de monitoreo promedio para los puntos de la campaña es de 345,8 minutos donde se destaca el punto Portería Cancha por tener la mayor cantidad de tiempo percibido durante el monitoreo con 158,77 minutos correspondientes a un 51,22% de los minutos de muestreo en el punto.

Las fuentes percibidas desde la PTAS se identificaron como Cancha de secado y Mono relleno con notas a lodos biosecado y lodos monofill.

Tabla 21: Resultados de tiempos de olor por punto de muestreo.

Punto	Tiempo	Tiempo Olor (min)	%Tiempo de Olor por Pto	%Tiempo Olor Total	Foco
Cruce RSSP	370	5,15	1,39	0,12	100
Central de gas	370	18,95	5,12	0,46	10-40-100
Cancha de Futbol	340	7,27	0,21	0,18	10
Cruce Trebal	380	0,00	0,00	0,00	-
Copa de agua	350	1,37	0,39	0,03	110
Final camino	350	3,23	0,92	0,08	110
Fosas	350	4,75	1,36	0,11	40-60
Portería Cancha	310	158,77	51,22	3,83	100-110
Rotonda	320	42,35	13,23	1,02	100-110
Las Violetas	330	12,23	3,71	0,29	100

En la jornada donde se registró la mayor cantidad de minutos de percepción fue durante la tarde con 89,5 minutos correspondiendo a un 28,9% del tiempo monitoreado en ese punto.

La fuente principal de percepción de la PTAS fue la Cancha de secado con nota de olor a lodos biosecado, lo cual es consistente con el análisis de viento ya que la ubicación de la fuente se encuentra al NNO del sector de muestreo desde donde es predominante el viento con una velocidad promedio de 0,4m/s en la jornada de tarde, lo cual evidencia poca dispersión, ya que el punto se encuentra a 100m de la fuente emisora, esto concuerda con los 6 de peak de olor de 100% generados durante la campaña y con intensidades de 4 para los días 07 y 10 de Junio.

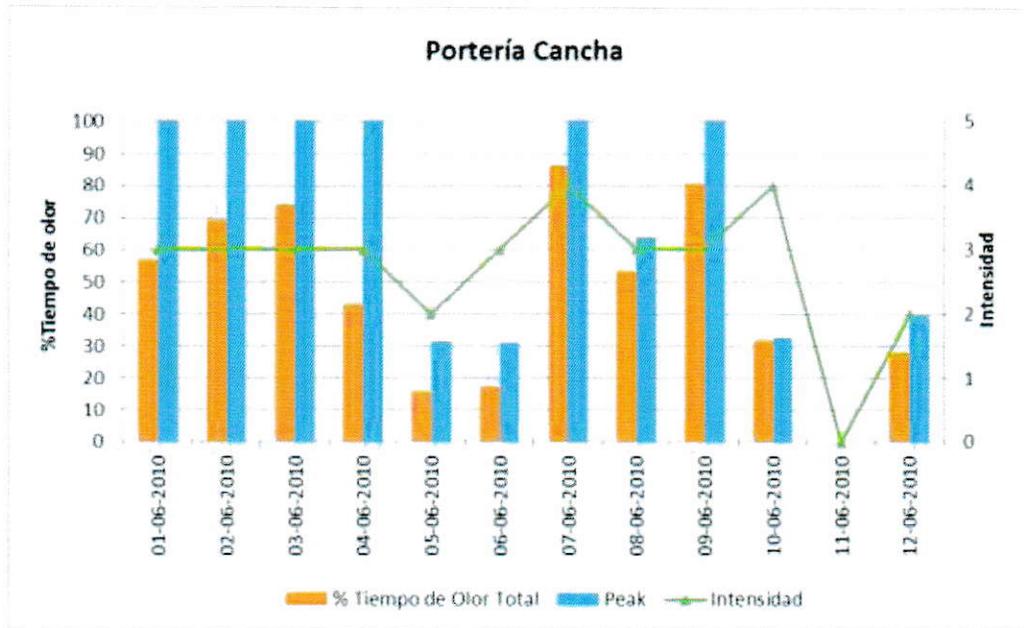


Figura 44: Resultado de los 12 días de monitoreo en punto Portería Cancha.

3.5.2 03 de Junio

El día 03 de Junio es en el que se realizaron la menor cantidad de mediciones con un total de 240 minutos correspondiente al 5,7% del tiempo de estudio. No obstante lo anterior, se registró una medición de 45,1 minutos de tiempo de olor lo cual es 18,8% del tiempo monitoreado en ese día. Cabe destacar que en este día no se realizaron mediciones para la jornada de mañana.

Tabla 22: Resultados totales del día 03 de Junio de 2010.

Día	Tiempo medido(min)	Tiempo de olor (min)	% Tiempo de olor total	Intensidad	Foco	Nota
03-06-2010	240	45,1	18,8	3	40-100-110	2-6-7

Para las jornadas noche y tarde, se midieron las dos por igual con 120 minutos cada una, sin embargo, la jornada de tarde se registró un total de 32,9 minutos de percepción de olor proveniente de la PTAS correspondiente a un 29,9% del tiempo de medición de la jornada, mientras que en la noche con 12,1 minutos correspondiente a un 11% de tiempo de olor.

Tabla 23: Resultados por jornada del día 03 de Junio de 2010.

Jornada	Tiempo medido min	Tiempo de olor min	% Tiempo de olor	Peak	Intensidad	Foco	Nota
Noche	120	12,1	11,0	73,7	2	40-110	2-7
Mañana	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
Tarde	120	32,9	29,9	100,0	3	100	7

En tanto en las zonas, se percibe una mayor cantidad de tiempo de olor en la Zona Sur con 22,93 minutos correspondiente a un 28,67% del tiempo de olor total muestreado en esa zona, sin embargo, el peak de olor se generó en la zona centro con un 100% de percepción e intensidad media.

Tabla 24: Resultados por zona del día 03 de Junio de 2010.

Zona	Tiempo medido	Tiempo de olor	% Tiempo de olor total	Peak % Tiempo de olor	Intensidad
Norte	40	7,37	18,42	73,67	2
Centro	120	14,77	12,31	100	3
Sur	80	22,93	28,67	85,67	3

Las fuentes principales de percepción de la PTAS fueron los Clarificadores secundarios, la Cancha de secado y el Mono relleno, percibido en los puntos Central de gas, Portería Cancha, Las Violetas, Rotonda Trebal y Puente Mapocho, lo cual es

consistente con el análisis de viento ya que la ubicación de los puntos muestreados se ubican al sur de la PTAS y durante la jornada de tarde los vientos predominantes fueron desde el NNO 0,4m/s en la jornada de tarde.

3.6 Relación fuente con área emisora

A continuación se presentan los episodios de olor de la PTAS y su relación con la superficie de emisión que tiene cada una de las fuentes de donde proviene la nota de olor de la PTAS.

La Cancha de secado de Lodos y el Mono relleno presentan las mayores superficies posibles de emisión, las cuales corresponde a las notas de lodos biosecado y lodos monofill respectivamente. En cuanto a la nota de agua tratada, proviene de los procesos de clarificación secundaria y primaria y estanques de aireación. Además están las notas de agua cruda provenientes de la entrada de aguas y la nota de lodos centrifugados que provienen del proceso de centrifugación, siendo estos últimos procesos lo que tienen la menor superficie de emisión.

El porcentaje de olor total es determinado según la cantidad de minutos que fue percibida una nota cuyo origen sea de la PTAS. El resultado para este porcentaje indica que la mayor cantidad de minutos de olor percibido fue para los lodos biosecado y lodos monofill, mientras que las menores fue para agua cruda y lodos centrifugados.

Se identifica que existe una relación directamente proporcional entre los minutos de percepción de olor de la PTAS con respecto a la superficie de emisión de las distintas áreas de donde proviene la nota.

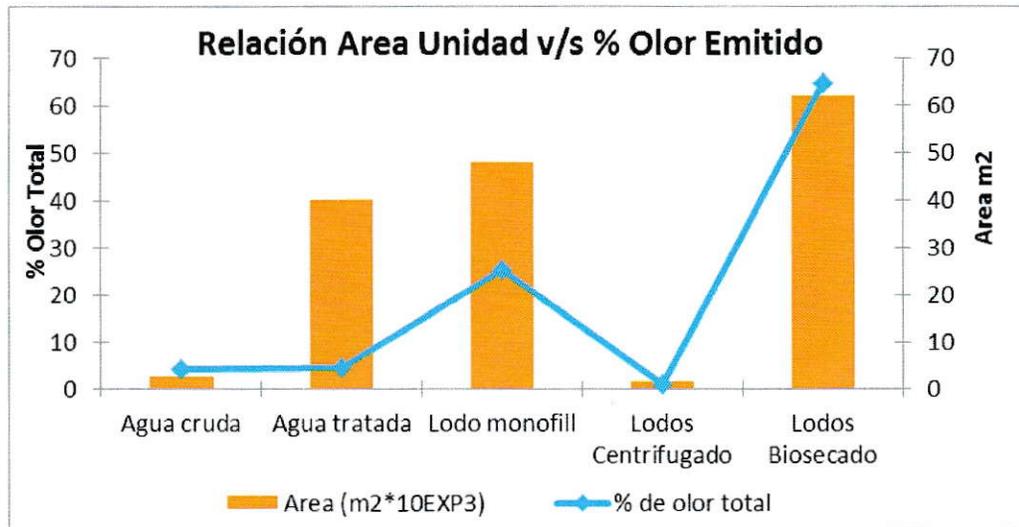


Figura 45: Relación de la superficie de la fuente emisora con relación al % de olor total.

4 DISCUSIÓN

4.1 Medición de olores

Del total de 4150 minutos de muestreo, se obtuvo que un 6,63% de las notas de olor se atribuyen a la PTAS, estas se identifican mediante la experiencia y calibración del panelista con los olores de cada una de las notas de los procesos de la PTAS. Por otra parte, se identifica un 3,88% de notas atribuibles a fuentes externas, las cuales son identificadas mediante la experiencia cotidiana de la asimilación de olores.

La medición de olores identificó una variedad de notas de olor externa a la PTAS que se generan principalmente por uso agrícola o residencial. Esta variabilidad de notas externas puede provocar errores de muestreo debido a que pueden ocurrir efectos apantallantes o sinérgicos que cambian la esencia del olor y lo transforman en otro. Las fuentes externas fueron identificadas cuando se caracterizó la zona, describiéndola como un área rural por lo que el sistema de calefacción generalmente es por leña (seca o húmeda), existe crianza de ganados, canales de regadío y plantaciones agrícolas, lo que coincide con los resultados obtenidos para las notas externas con mayor registro de percepción, correspondientes a humo, descomposición orgánica y agua cruda con un total general de 161,2 minutos de percepción.

En cuanto a las notas provenientes de la PTAS, las fuentes de olor principales son Clarificadores secundario, Cancha de Secado y Mono relleno, las cuales alcanzan intensidades fuertes de olor con peak de 100%, lo que corresponde a la percepción de

olor durante los 10 minutos de muestreos. Además se identifica que para el día 03 de Junio hay 24,5% de tiempo de olor percibido.

4.2 Monitoreo continuo de olores y variables meteorológicas

Las variables meteorológicas inciden directamente en la percepción de olor, debido a las características del ambiente, será el comportamiento del olor en el sector a partir de su fuente emisora.

En cuanto a la velocidad del viento, se caracterizan por fluctuar entre 0,3m/s y 2,7m/s, lo cual ayuda o perjudica, ya que el viento si es de baja magnitud, habrá menos dispersión del olor y se encontrará en una concentración alta con una mayor intensidad y cercano a la fuente emisión, en tanto si tenemos una velocidad de viento de alta magnitud, la dispersión de la pluma de olor se disipará de mejor forma a bajas concentraciones e intensidades, pero el olor puede viajar una mayor distancia y afectar a comunidades que se encuentren alejadas a la fuente emisora.

Con respecto a la dirección del viento, esta es predominante desde el NNO y el SSO, lo que indica que los puntos que se encuentren ubicados en el Este, serán los más afectados. El estudio de vientos de una zona para emplazar una industria que emita olores, es fundamental, ya que se puede determinar cuales son las zonas más afectadas. Los puntos más afectados por la dirección del viento fueron las Fosas, Relleno Sanitario Santiago Poniente y Central de Gas debido a que se encontraban en la dirección desde donde proviene el viento.

La temperatura se pudo observar sólo para un tiempo específico correspondiente al periodo otoñal y durante 12 días. En el tiempo de la campaña de monitoreo se pudo apreciar que a bajas temperaturas disminuyeran la emisión de olor y a medida que aumenta, también lo hace el olor y su intensidad.

4.3 Relación episodios de olor y Jornadas

Las distintas jornadas en que se dividió la campaña de muestreo consisten en que presentan distintas características con respecto a las variables meteorológicas, trabajos en PTAS y actividades de la comunidad.

La jornada de tarde muestra que es la donde hay una mayor cantidad de minutos de muestreo con 1420 minutos y una emisión de olor de 163 minutos. Luego la jornada de Noche con 71,2 minutos de percepción y la jornada de mañana con 41,2 minutos de percepción.

Esta separación en jornadas permite evaluar el comportamiento de los olores con las distintas variables meteorológicas que se presentan característicamente en cada una de las jornadas, dependiendo de la temperatura, lluvia, nubosidad, humedad, viento en velocidad y dirección.

4.4 Relación episodios de olor y zona de impacto

Al analizar las variables de Porcentaje de tiempo de olor e intensidad para cada una de las zonas en las 3 diferentes jornadas del día tenemos que:

En la jornada de la mañana, la zona menos afectada es la Zona Norte, la que reporta valores de porcentaje de tiempo de olor e intensidad iguales a 0; mientras que la zona más afectada es la Zona Centro, con intensidades que alcanzan el índice 4, aunque porcentajes de tiempo de olor que bordean el 10%.

En la jornada de la tarde, la zona menos afectada es la Zona Norte, con intensidades que sólo alcanzan el nivel en tres diferentes días, y porcentajes de tiempos de olor menores al 25%; mientras que la zona más afectada es la Zona Centro, con la mitad de los días de estudio con intensidades promedio de 3, y con porcentajes de tiempos de olor cercanos al 20%.

En la jornada de la noche, la zona menos afectada es la Zona Norte, la cual presenta un solo día con porcentaje de tiempo de olor, y aunque éste sea cercano al 75%, posee una intensidad relativamente baja (2); mientras que la zona más afectada es la Zona Centro, la cual indica 7 días con presencia de porcentajes de tiempos de olor, pero aunque éstos sean bajos, se presentan con altos promedios de índices de intensidad (hasta 4).

4.5 Mayores episodios de olor

En cuanto al punto Portería Planta, se encuentra en sus resultados una gran cantidad de episodios de olor, esto puede ser provocado por la cercanía de la elección del punto con la Cancha de secado y el Mono relleno con una distancia promedio de 100m, lo que provoca una constante percepción del panelista, ya que se encuentra in-situ del lugar de emisión. Esto puede provocar un alza en los resultados obtenidos en este punto y en la zona centro a la cual correspondía este punto.

Con respecto al día 03 de Junio, correspondiente a un día jueves el alto porcentaje de tiempo de olor registrado asciende debido a que durante la jornada de mañana, no se realizó muestreo en la zona de estudio, por lo que la cantidad de tiempo de monitoreo bajo 240 minutos, cuando el promedio es de 345,8 minutos, una diferencia de 105,8 minutos correspondientes a 10,6 puntos de control. La mayoría de los episodios de olor se generaron durante la jornada de tarde donde los vientos predominantes son desde el NNO, afectando los puntos que se encuentran al Sur de la PTAS a un radio promedio de 400m. La cantidad de episodios ocurridos durante la jornada tarde, se puede deber a trabajos de volteo de las pilas de lodos biosecado en la Cancha de secado provocando una mayor emisión de partículas y olores al ambiente.

4.6 Relación fuente con área emisora

El análisis nos permite evidenciar que la superficie de las fuentes de olor que se encuentran en contacto directo con el medio ambiente tienen una mayor generación de

episodios de olor y entre mayor sea la superficie de contacto mayor el registro del episodio de olor.

4.7 Discusiones Generales

Los resultados de la campaña de monitoreo se pueden ver afectados por los trabajos de la PTAS, ya que se generan volteos de las pilas de lodos, cambios de caudal, cantidad de materia orgánica que trae el agua, mantención de los procesos, humedad del lodo, químicos usados, materia orgánica para generar el biosecado, cambios de turnos y contingencias que puedan acontecer, todo lo anterior puede ocasionar un aumento o disminución en la generación de olores.

La metodología empleada permite tener una variabilidad amplia de resultados, pudiendo muestrear durante las 24 horas del día, sin embargo carece de amplitud de resultados ya que los tiempos de traslados, cambios de jornadas laborales, contingencias, etc., disminuyen el tiempo efectivo de monitoreo, por lo tanto, se debe evaluar tener un método alternativo y complementario para evaluar de manera eficaz la zona.

Con respecto a la medición de sólo un panelista por turno, sería un gran aporte en cuanto a la robustez del monitoreo el que se pudiera contar con más de un panelista por turno, permitiendo así la comparación de percepciones ante una misma situación, aún cuando los panelistas son personas escogidas, testeadas y calibradas específicamente para esta labor.

5 CONCLUSIÓN

A partir de la campaña de monitoreo es posible estudiar una zona específica alrededor de una potencial fuente emisora de olores molestos que puede impactar directamente en las comunidades cercanas y lejanas, en la flora y fauna del sector.

Además al realizar este tipo de campañas de monitoreo es posible determinar la línea de base de la zona de estudio, lo cual serviría de ayuda para determinar las fuentes locales ya existentes antes de colocar una potencial fuente de emisión de olores molestos. Es fundamental complementar estas campañas con estudios de geografía y meteorología en donde se consideren las velocidades del viento, temperatura, dirección del viento, demografía, actividad industrial, actividades rurales, zonas agrícolas, topografía, etc., para conocer la zona, ya que de esa forma será posible disminuir y/o mitigar ciertos impactos que se pueden producir por la actividad.

Al realizar este tipo de muestreo permite visualizar el nivel de impacto y el alcance que puede tener una fuente emisora sobre el entorno. Además es posible identificar otras posibles fuentes emisoras que pueden ser relevantes dentro del sector del estudio.

La elección, capacitación y entrenamiento del panelista es fundamental para obtener resultados contundentes. La experiencia que logre el panelista será fundamental para la identificación de los episodios de olor y reconocimiento del origen del olor para la pronta gestión de olores que se pueda hacer al respecto.

En cuanto a la metodología ocupada correspondiente a la adaptación de la norma VDI 3940 y la GOAA para realizar un método de monitoreo continuo de olores basado en inspecciones de campo, funciona de manera óptima para el estudio de las fuentes emisoras de olor y como impactan en las zonas de comunidades aledañas o lejanas, ya que el método permite tener una mejor calidad de la información basado en la cantidad de mediciones que se pueden realizar en un día, teniendo una mayor frecuencia de monitoreo y variabilidad de horarios, debido a que consiste en un muestreo de 24 horas, lo que aumenta la representatividad de los resultados en la zona de estudio.

Este monitoreo ha sido de gran utilidad ya que controla las operaciones diarias de la Planta; registra episodios de olor o eventos específicos de una manera confiable y creíble, basada en la percepción de personas; determina las condiciones actuales de funcionamiento, lo que permitiría aplicar nuevas medidas tecnológicas a los procesos si es que así fuese necesario; determina fuentes específicas de olores, gracias a las notas de olor; y verifica posibles quejas por parte de los vecinos a la Planta.

Con respecto al porcentaje del tiempo de olores en El Trebal, se tiene que un 89,48% del tiempo del estudio no se presentaron olores, un 3,88% son atribuibles a notas externas y que un 6,63% del tiempo presentó olores atribuibles a las actividades propias de la planta de los procesos Clarificación secundaria, Cancha de secado y Mono relleno, entre otros.

Con respecto a los resultados de la campaña de monitoreo de olores, se tiene que la Zona Norte, que contiene a los puntos de monitoreo de RSSP y Central de gas, resulta

ser la zona menos afectada por los olores provenientes de El Trebal. Esto se puede deber en gran parte por los marcados vientos desde el NNO de la zona y la distancia que se encuentran de la PTAS.

La Zona Centro, que comprende los puntos de monitoreo de: Cancha de futbol, Cruce PTAS, Copa de agua, Fosas, Portería planta y Final camino, resulta muy afectada por el tema de los olores en cuanto a la fuerte intensidad de ellos (nivel 4= fuerte), debido a que el punto Portería Planta se encuentra entre los procesos de emisión de olor que tienen la mayor superficie.

La Zona Sur, que comprende los puntos de Rotonda Trebal, Las Violetas, Puente Mapocho, y Camino Valparaíso, resulta ser afectada también debido a sus altos porcentajes de tiempos de olores durante la jornada de la tarde principalmente, aunque a intensidades de olor suaves y medias (niveles 2 y 3).

Es recomendable que para un estudio acabado de la zona, se realicen monitoreos complementarios para disminuir las debilidades de la metodología ocupada en este estudio como sería la olfatometría dinámica apoyada de un modelo de dispersión de olor permitiendo modelar el alcance de la pluma de olor permitiendo ver su alcance e impacto y así, generar un sistema general de gestión de olores implementando las ventajas y fortalezas de cada uno de los métodos. Por otra parte, para disminuir estos impactos en el lugar de medición, es recomendable implementar medidas de mitigación de olores como son las barreras verdes, lavadores de gases y químicos, que son capaces de disminuir el efecto negativo del olor y poder disminuir el impacto en el medio ambiente.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Allen E.R. and Phatak S. (1993) "Control of organosulfur compound emissions using biofiltration. Methyl mercaptan" Proceedings of the 86th Air and Waste Management Association Annual Meeting and Exhibition, Denver, Colorado, June 13-18.
- Assessment of Odour Annoyance, y parte 2, Effects and Assessment of Odours. Determination of Annoyance Parameters by Questioning Repeated Brief Questioning of Neighbour Panellists) 2015.
- Bay Area Air Quality Management District), California, USA. 2001. Rules and Regulations.
- Caimanque, D. Estrategias para la gestión de olores en Chile 2014-2017, Ministerio del Medio Ambiente, 2013
- Carlson D.A. and Leiser C.P. (1966) "Soil beds for the control of sewage odors" Journal WPCF, May, pp. 829-840
- Chávez F, J. Garcés e Y. Lesty, 2014, Gestión de olores: Centro de Gestión Integral de Biosólidos – El Rital, Seminario Internacional de Olores en el Medio Ambiente, Santiago, Chile

- Chávez, F. 2011. Determinación del aporte de inmisión de olor generado por la operación del Centro de Gestión Integral de Biosólidos (CGIB) El Rotal, sobre el sector Rungue-Montenegro, en comparación con la línea base de fuentes emisoras. Memoria Ing. en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 68p.
- Cho, K.S., Hirai M. and Shoda M. (1991) "Removal of Dimethyl Disulfide by the peat seeded with night soil sludge" J. Ferment. Bioeng, Vol. 71, pp. 289-291
- Danish Environmental Protection Agency. 2002. Industrial Odour Control.
- Ecotec ingeniería Ltda, Estudio: Antecedentes para la regulación de olores en Chile, 2013
- Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A., Estudio de impacto ambiental de aguas servidas Santiago sur, 1996.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2000. Folleto informativo del manejo de biosólidos y residuos Control de olores en el manejo de biosólidos. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington DC. 22p.
- Fernandez M. y col. Sistema de gestión ambiental para una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Santiago de Chile, 2002.

- Fernández Polanco F., Martínez B., Olmedo F. y García del Valle J. (1996)
Control of volatile organic compound emissions using a compost biofilter
- Guideline on Odour in Ambient Air (GOAA). 1998. Determinations and assessment of odour in ambient air in Germany with background information and interpretation to the GOAA (Guideline on odour in ambient air).
- Ireland EPA (Environmental Protection Agency). 2001. Environmental Research – R&D Report Series No.14. Odour Impacts and Odour Emission Control Measures for Intensive Agriculture, Final Report.
- Japan MOE (Ministry of the Environment) 2005. Laws and Regulations - Control of Offensive Odor.
- King County Department of Natural Resources and Parks, Washington, USA. 2003. Odor Prevention Policy Recommendations – Regional Wastewater Services Plan Odor Control Strategy.
- Mahamud, M., A. Gutiérrez y H. Sastre, 1996. Biosólidos Generados en la Depuración de Aguas (I): Planteamiento del Problema. Ingeniería del Agua. 3(2):47-62.

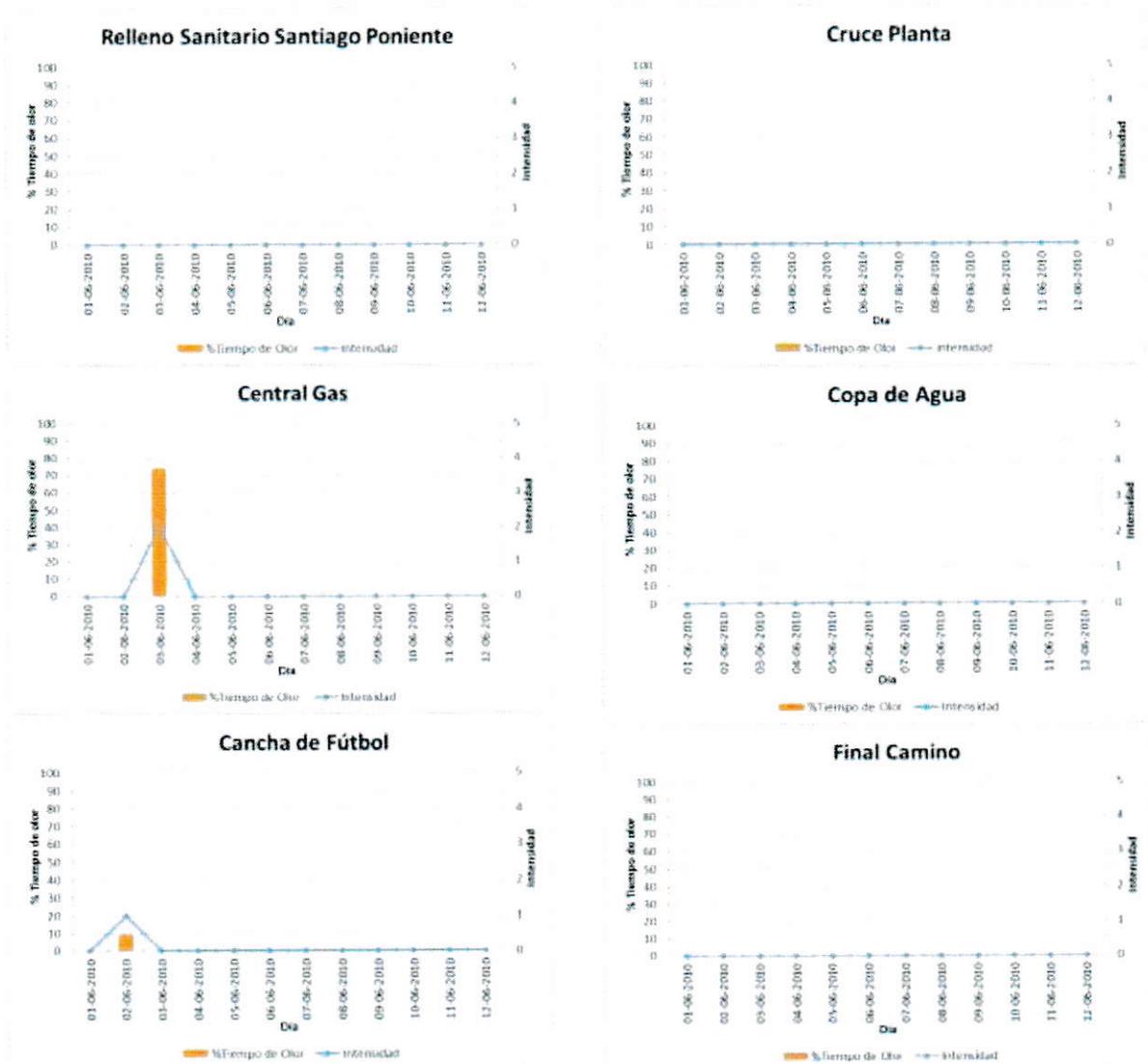
- Mahin, T. Massachusetts Department of Environmental Protection. 2001. Comparison of Different Approaches Used to Regulate Odours Around the World. Presented at 1st IWA International Conference on Odour and VOCs. March 2001. Sydney, Australia.
- Manitoba Conservation, Canada. 2005. Ambient Air Quality Criteria Table.
- Martínez C.P. y Zamorano J.P. (1996) "Experiencia práctica sobre el tratamiento anaerobio y control de olores en efluentes de levadura" Memorias del IV Seminario-Taller Latinoamericano sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales, Bucaramanga, Colombia, noviembre 19-22
- Metcalf and Eddy, Inc. (1991) "Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse" Third edition, McGraw Hill
- Morgan, Juan Manuel, Sergio Revah Moiseev, Adalberto Noyola Robles, Malos olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: su control a través de procesos biotecnológicos, Universitaria, Coyoacan, México D.F., 2008
- New Zealand Ministry of the Environment. 2002. Review of Odour Management in New Zealand – Air Quality Technical Report No.24.
- Norma NCh 3190. Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica. 2010. Chile.

- NSW EPA (New South Wales Environmental Protection Authority, Australia). 2001a. Technical Notes – Draft Policy: Assessment and Management of Odour from Stationary Sources in NSW. January 2001.
- Olores.org, Portal de Gestión de Olores, Olores y Técnicas, Octubre, 2008.
- Ontario Ministry of the Environment, Canada. 1996. Guideline D-2 – Compatibility between Sewage Treatment and Sensitive Land Use.
- Osterberg, D., Melvin. S. Iowa State University and the University of Iowa Study Group. 2002.
- Park, Sang Jin. Woosong University, Korea. 2003. The Regulation and Measurement of Odor in Korea.
- Queensland EPA (Environmental Protection Agency) Parks and Wildlife Service. 2004. Ecoaccess – Guideline – Odour Impact Assessment from Developments.
- Ramila J, Rojas S, Alternativas de uso y disposición de biosólidos y su impacto en las tarifas de agua, Facultad de Ingeniería, Universidad de Chile, 2008
- UNE-EN 13725, Calidad del Aire, Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica, Madrid, 2004.

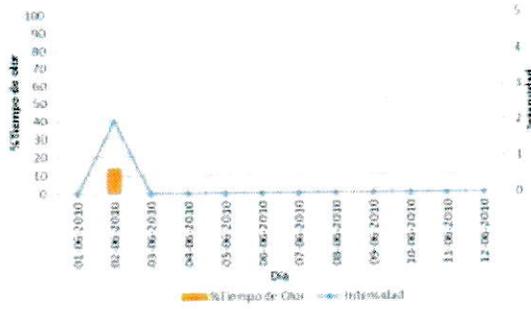
- Schaubberger, G., Piringer, M., Petz, E. Separation Distance to Avoid Odour Nuisance due to Livestock Calculated by the Austrian Odour Dispersion Model (AODM). Agriculture, 2001.
- Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). Análisis Instrumental. McGraw-Hill. 84-481-0191-X.
- South Australia EPA (Environmental Protection Agency). 2003. EPA Guidelines – Odour Assessment Using Odour Source Modelling.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 3940 Part 1. 2006. Determination of Odorant in Ambient Air by Field Inspections. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf-Germany.
- VDI 3883 parte 1, Effects and Assessment of Odours sychometric
- Western Australia EPA (Environmental Protection Authority), Australia. 2002. Guidance for the Assessment of Environmental Factors – Assessment of Odour Impacts from New Proposals.
- Zhang, Q., et al., “Correlation between odour intensity assessed by human assessors and odour concentration measured with olfactometers”, 2002.

7 ANEXOS

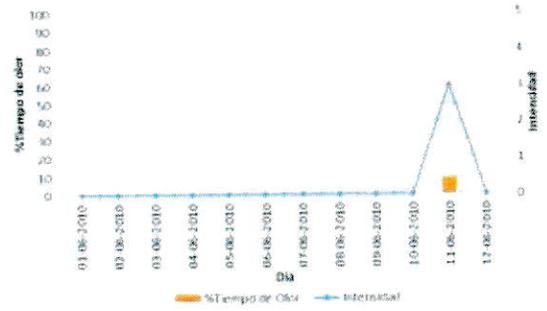
Anexo N°1: Resultados de Intensidad y Porcentaje de Tiempo de Olor medidos en la Jornada Noche de olores de PTAS para cada uno de los puntos de monitoreo.



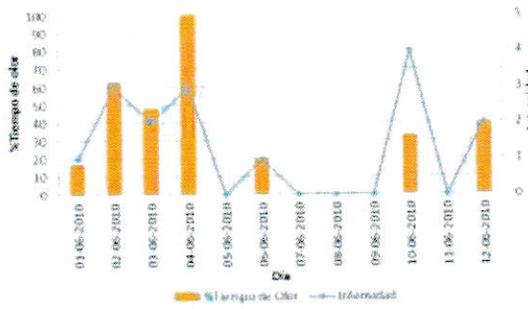
Fosas



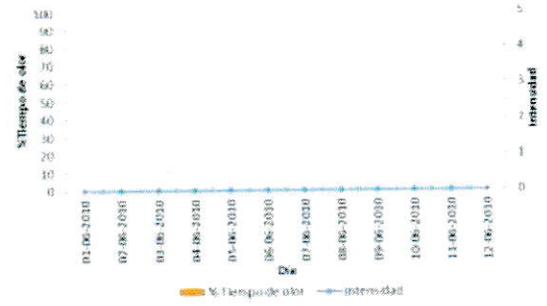
Puente Mapocho



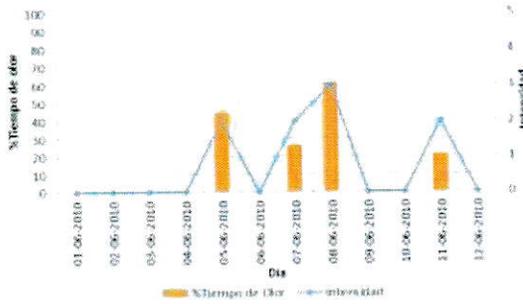
Portería Cancha



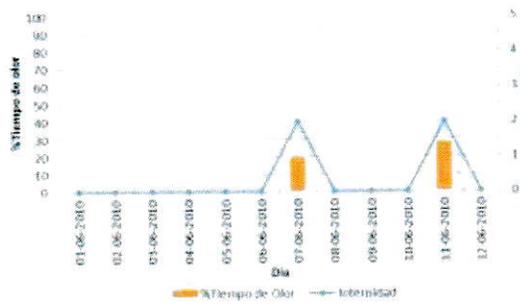
Camino Valparaíso



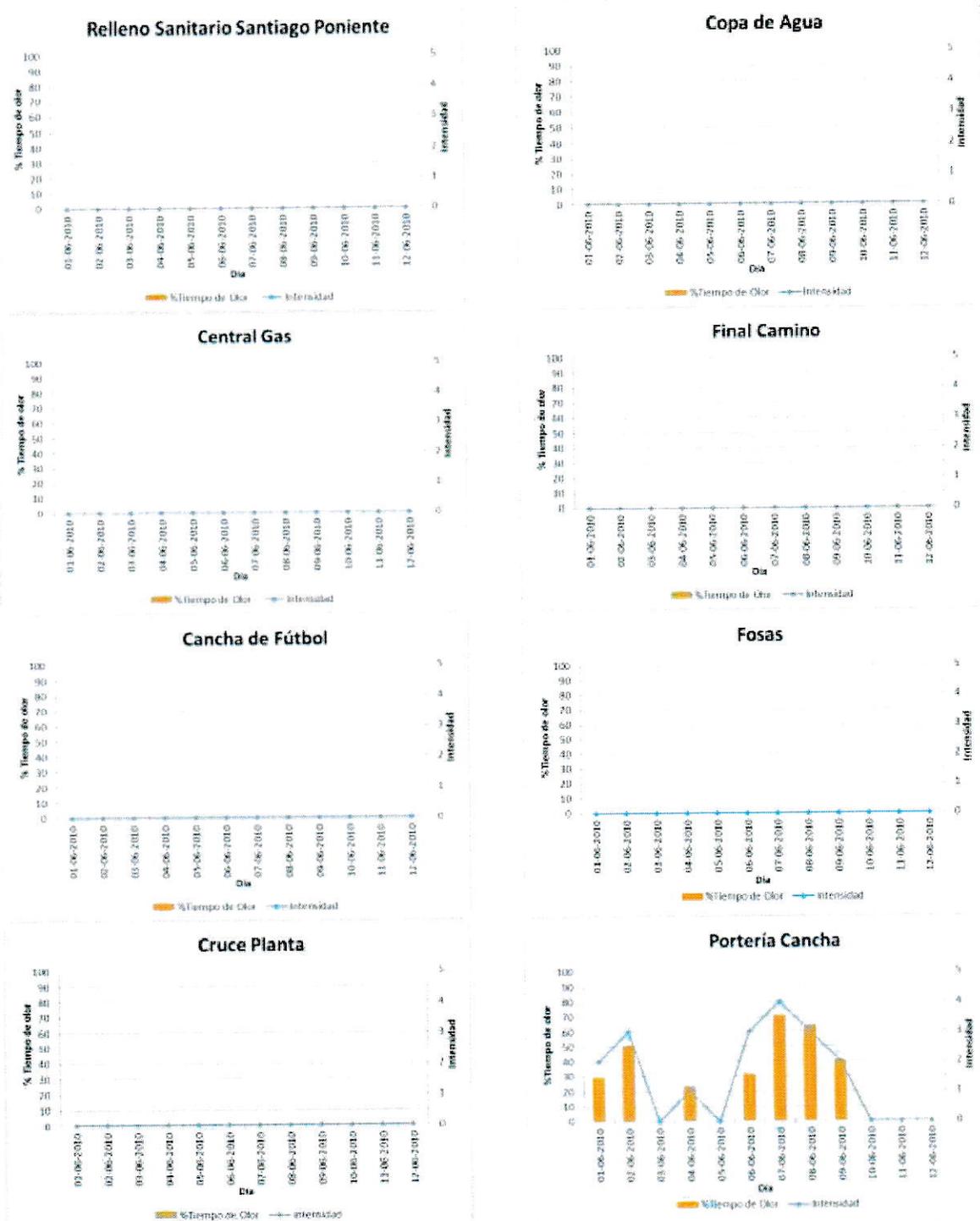
Rotonda Trebal



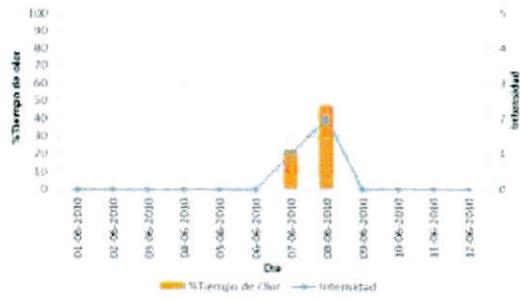
Las Violetas



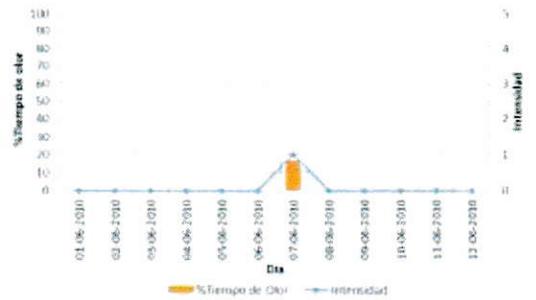
Anexo N°2: Resultados de Intensidad y Porcentaje de Tiempo de Olor medidos en la Jornada Mañana de olores de PTAS para cada uno de los puntos de monitoreo.



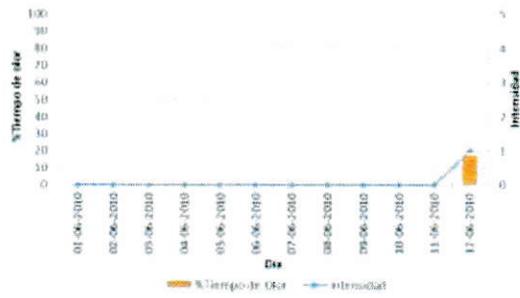
Rotonda Trebal



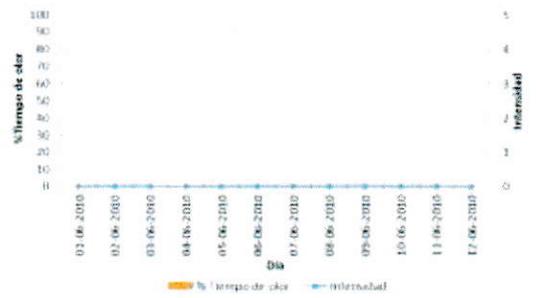
Puente Mapocho



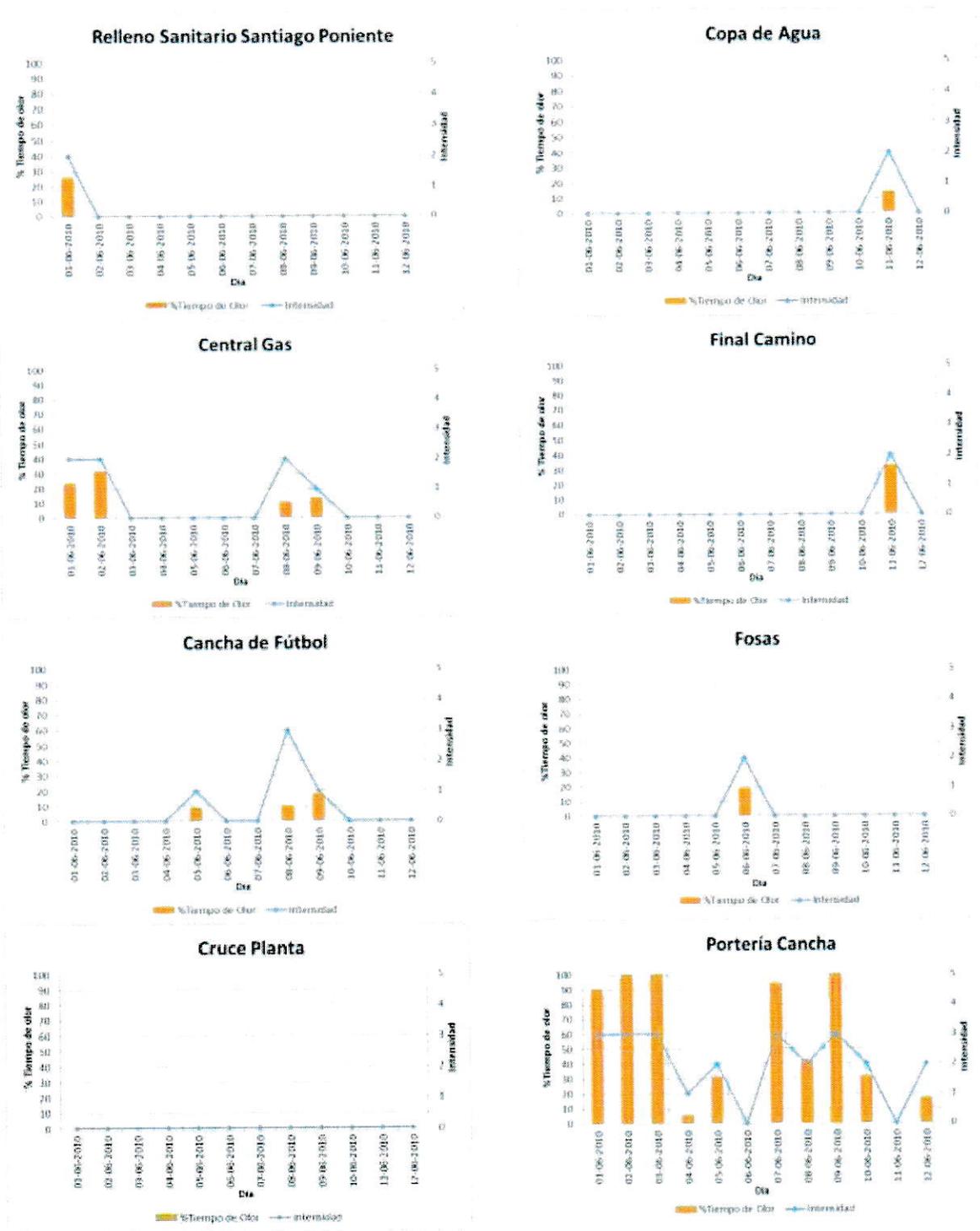
Las Violetas



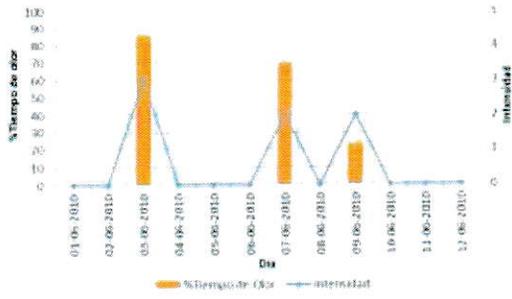
Camino Valparaíso



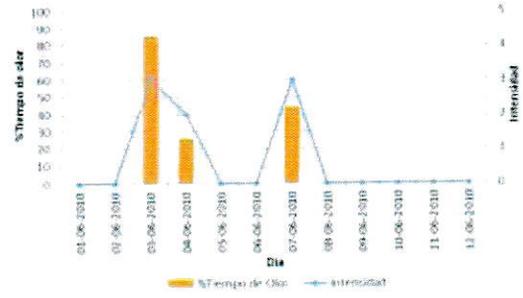
Anexo N°3: Resultados de Intensidad y Porcentaje de Tiempo de Olor medidos en la Jornada Tarde de olores de PTAS para cada uno de los puntos de monitoreo.



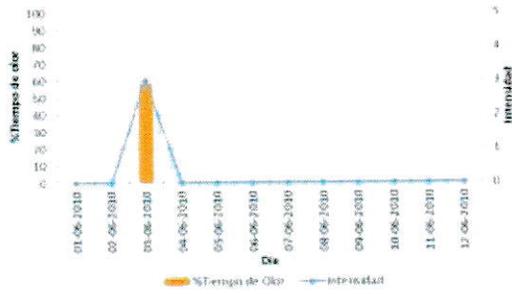
Rotonda Trebal



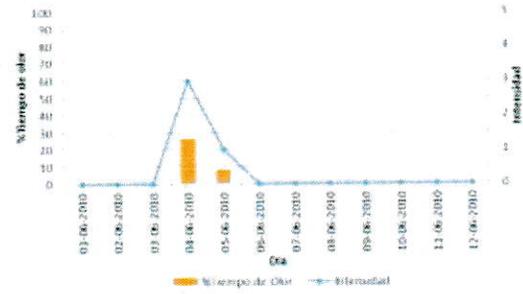
Puente Mapocho



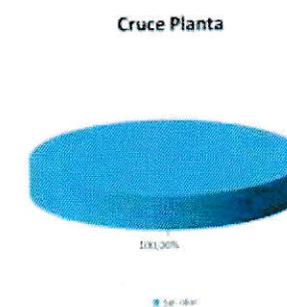
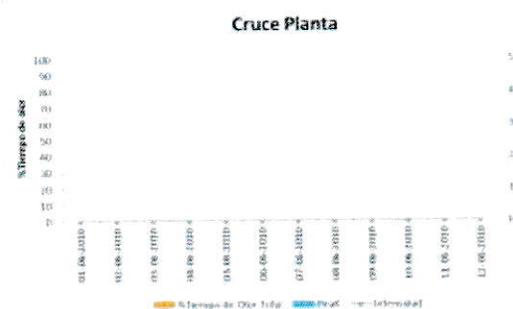
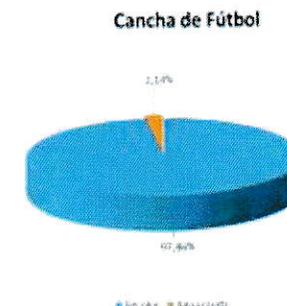
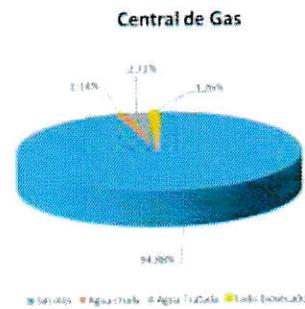
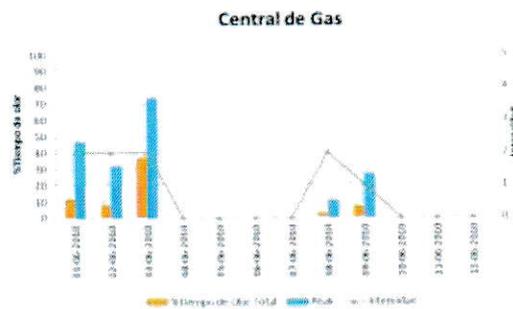
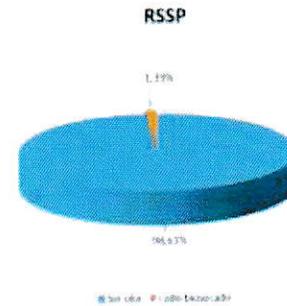
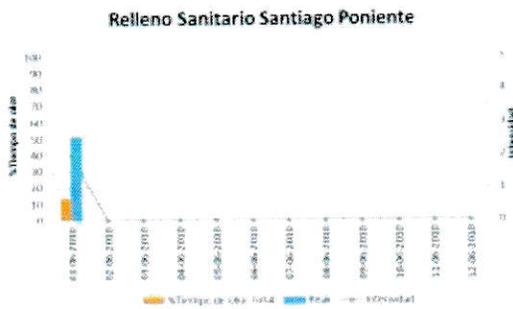
Las Violetas

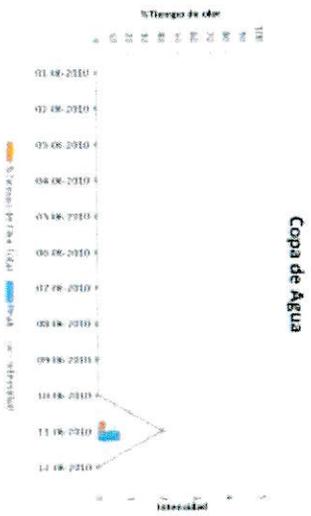


Camino Valparíso

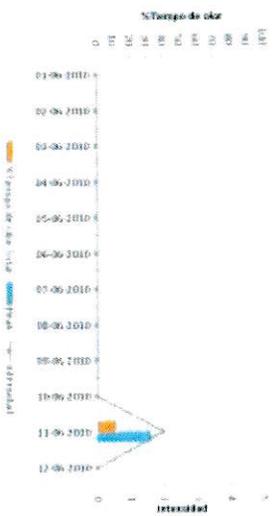


Anexo N°4: Resultados de Intensidad, Porcentaje de Tiempo y Peak de Olor medidos en la Jornada Noche, Mañana y Tarde de olores de PTAS para cada uno de los puntos de monitoreo.

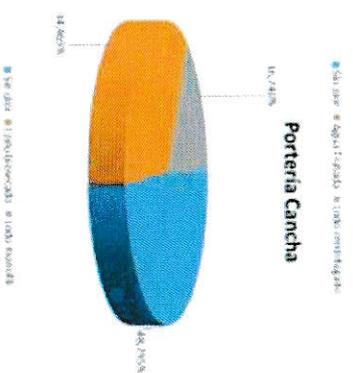
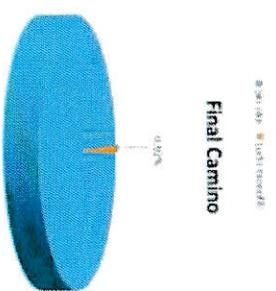
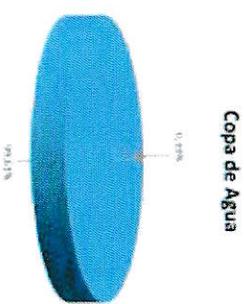
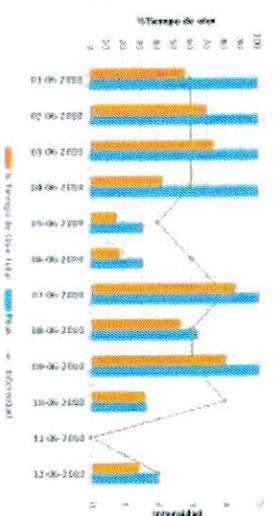
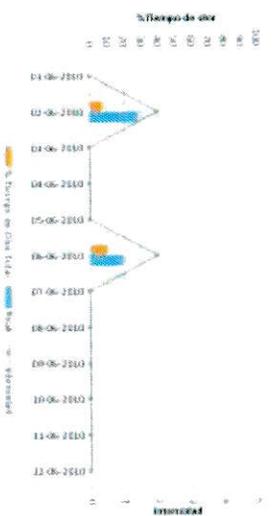


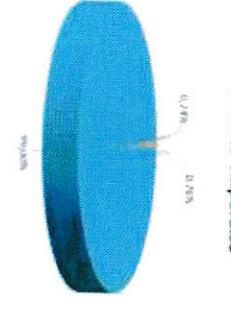
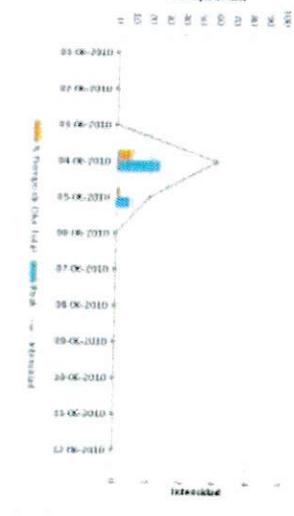
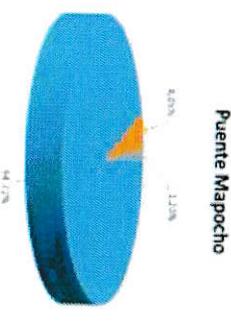
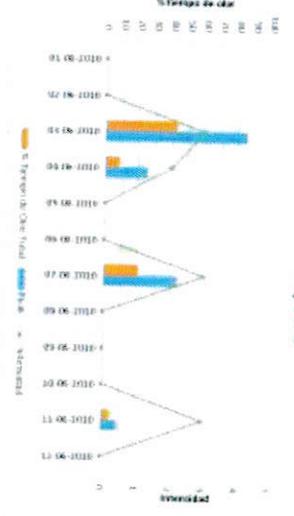
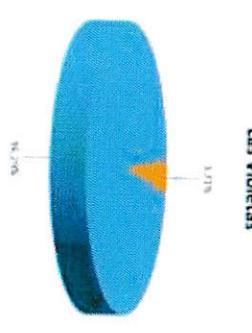
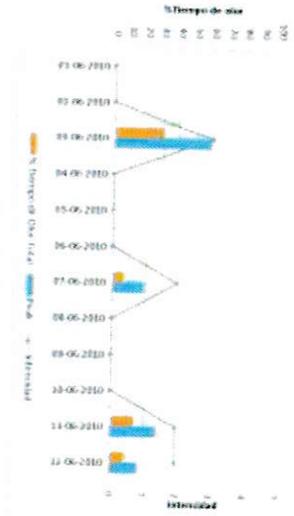
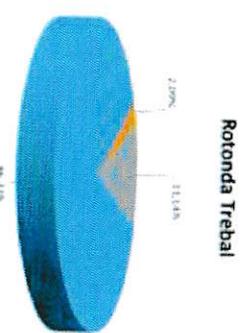
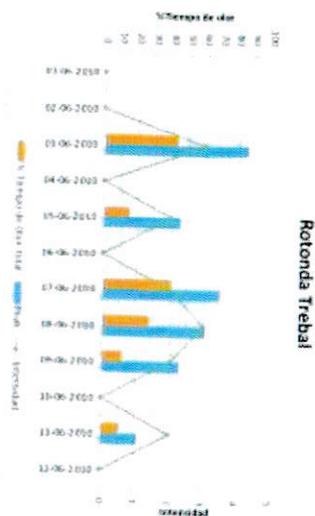


Final Camino



Fosas





Anexo N°5: Datos de velocidad y dirección del viento para el periodo de estudio en PTAS El Trebal.

Fecha (m/d/aa)	Hora	Dirección (grados)	Velocidad (m/s)
6/1/10	7:30	80.8	0.3
6/1/10	7:45	211	0.3
6/1/10	8:00	158.9	0.3
6/1/10	8:15	242	0.3
6/1/10	8:30	262.2	0.3
6/1/10	8:45	173.2	0.3
6/1/10	9:00	163.5	0.3
6/1/10	9:15	194.8	0.3
6/1/10	9:30	188.8	0.3
6/1/10	9:45	199.2	0.3
6/1/10	10:00	215.4	0.3
6/1/10	10:15	183.1	0.3
6/1/10	10:30	190.5	2.1
6/1/10	10:45	177.7	0.3
6/1/10	11:00	188.4	0.3
6/1/10	11:15	188.3	2
6/1/10	11:30	197.3	0.8
6/1/10	11:45	186.4	0.3
6/1/10	12:00	196.4	0.8
6/1/10	12:15	193	4.3
6/1/10	12:30	166.6	0.3
6/1/10	12:45	186.1	3.5
6/1/10	13:00	154.6	0.8
6/1/10	13:15	166.5	3
6/1/10	13:30	198.8	1.9
6/1/10	13:45	153.8	0.3
6/1/10	14:00	156.5	3.6
6/1/10	14:15	186.1	1.4
6/1/10	14:30	170.4	3.2
6/1/10	14:45	197.9	2.6
6/2/10	7:30	336.2	0.3
6/2/10	7:45	342.8	0.3
6/2/10	8:00	21	0.3
6/2/10	8:15	84.2	0.3
6/2/10	8:30	1.8	0.3

6/2/10	8:45	190.6	0.3
6/2/10	9:00	121.8	0.3
6/2/10	9:15	195.9	0.3
6/2/10	9:30	215.9	0.3
6/2/10	9:45	179.6	0.3
6/2/10	10:00	196.1	0.3
6/2/10	10:15	192.7	0.3
6/2/10	10:30	203.3	0.3
6/2/10	10:45	193.2	0.3
6/2/10	11:00	187.6	0.3
6/2/10	11:15	201.2	0.3
6/2/10	11:30	162.5	0.3
6/2/10	11:45	126.2	0.3
6/2/10	12:00	150.1	0.3
6/2/10	12:15	182.4	0.3
6/2/10	12:30	156.7	0.3
6/2/10	12:45	287.9	0.3
6/2/10	13:00	190.4	0.3
6/2/10	13:15	246.8	0.3
6/2/10	13:30	248.7	0.3
6/2/10	13:45	196	0.3
6/2/10	14:00	216.9	0.3
6/2/10	14:15	192	0.3
6/2/10	14:30	215.3	0.3
6/2/10	14:45	209.6	0.3
6/3/10	7:30	279.7	0.3
6/3/10	7:45	27.4	0.3
6/3/10	8:00	31.9	0.3
6/3/10	8:15	52.3	0.3
6/3/10	8:30	165.6	0.3
6/3/10	8:45	35.5	0.3
6/3/10	9:00	350.3	0.3
6/3/10	9:15	334.2	1.5
6/3/10	9:30	338.9	0.3
6/3/10	9:45	5.2	0.3
6/3/10	10:00	26.1	0.3
6/3/10	10:15	101.6	0.3

6/3/10	10:30	161	0.3
6/3/10	10:45	202.2	0.3
6/3/10	11:00	196.6	0.3
6/3/10	11:15	242	0.3
6/3/10	11:30	201.8	0.3
6/3/10	11:45	234.3	0.3
6/3/10	12:00	263.6	0.3
6/3/10	12:15	156.7	1.2
6/3/10	12:30	188.1	0.3
6/3/10	12:45	222.8	0.3
6/3/10	13:00	215	0.3
6/3/10	13:15	195	0.5
6/3/10	13:30	183.4	0.6
6/3/10	13:45	188.7	1.4
6/3/10	14:00	186.6	0.3
6/3/10	14:15	177.5	0.3
6/3/10	14:30	217	2.7
6/3/10	14:45	234.5	0.4
6/4/10	7:30	16	2.4
6/4/10	7:45	43.8	2.2
6/4/10	8:00	36.5	2
6/4/10	8:15	72	0.3
6/4/10	8:30	-0.3	0.3
6/4/10	8:45	352.6	2
6/4/10	9:00	334.9	0.5
6/4/10	9:15	17.7	2.9
6/4/10	9:30	54.7	0.3
6/4/10	9:45	12	0.3
6/4/10	10:00	9.3	0.3
6/4/10	10:15	4.1	2.4
6/4/10	10:30	0.5	0.3
6/4/10	10:45	23.3	2.9
6/4/10	11:00	9.4	2.7
6/4/10	11:15	344.9	1.4
6/4/10	11:30	342	3
6/4/10	11:45	342.4	1.1
6/4/10	12:00	16.6	0.3
6/4/10	12:15	24.4	0.3
6/4/10	12:30	94.1	0.3
6/4/10	12:45	221	0.3
6/4/10	13:00	217.4	0.3
6/4/10	13:15	275.5	0.3

6/4/10	13:30	243.6	0.3
6/4/10	13:45	213.8	0.3
6/4/10	14:00	234.2	0.3
6/4/10	14:15	326.7	0.3
6/4/10	14:30	241	0.3
6/4/10	14:45	179.2	0.3
6/5/10	7:30	46.2	2.6
6/5/10	7:45	16.5	2.1
6/5/10	8:00	348.5	0.3
6/5/10	8:15	345.5	0.3
6/5/10	8:30	2.1	0.3
6/5/10	8:45	10.7	2
6/5/10	9:00	324.2	1
6/5/10	9:15	6.8	0.3
6/5/10	9:30	340.4	3.2
6/5/10	9:45	353.2	0.3
6/5/10	10:00	23.9	0.3
6/5/10	10:15	263.3	0.3
6/5/10	10:30	333.5	0.3
6/5/10	10:45	302.3	0.3
6/5/10	11:00	353.4	0.3
6/5/10	11:15	256.5	0.3
6/5/10	11:30	288.5	0.3
6/5/10	11:45	1.1	2.4
6/5/10	12:00	6.3	2.6
6/5/10	12:15	354.4	2
6/5/10	12:30	15.5	1.1
6/5/10	12:45	16.1	0.3
6/5/10	13:00	170.1	0.3
6/5/10	13:15	175.6	0.3
6/5/10	13:30	142	0.3
6/5/10	13:45	218.4	0.3
6/5/10	14:00	206.6	0.3
6/5/10	14:15	166.4	0.3
6/5/10	14:30	186	0.4
6/5/10	14:45	186.2	0.3
6/6/10	7:30	270.8	0.3
6/6/10	7:45	110.3	0.3
6/6/10	8:00	344.5	0.3
6/6/10	8:15	351.6	0.3
6/6/10	8:30	53.3	0.3
6/6/10	8:45	337.2	0.3

6/6/10	9:00	33.1	0.3
6/6/10	9:15	16.5	2.9
6/6/10	9:30	16.1	0.3
6/6/10	9:45	274.2	0.3
6/6/10	10:00	207.4	0.3
6/6/10	10:15	338.2	0.3
6/6/10	10:30	15.3	2.6
6/6/10	10:45	52.3	2.6
6/6/10	11:00	65.4	0.3
6/6/10	11:15	147.9	0.3
6/6/10	11:30	176.5	0.3
6/6/10	11:45	172.1	0.3
6/6/10	12:00	166.9	0.3
6/6/10	12:15	159.4	1.3
6/6/10	12:30	178	0.3
6/6/10	12:45	168.2	2.4
6/6/10	13:00	161.3	0.3
6/6/10	13:15	226.3	0.3
6/6/10	13:30	229.3	0.4
6/6/10	13:45	182.3	0.5
6/6/10	14:00	193.6	0.3
6/6/10	14:15	189.7	2
6/6/10	14:30	165.9	1.3
6/6/10	14:45	222	3.9
6/7/10	7:30	216	0.3
6/7/10	7:45	33	0.3
6/7/10	8:00	25.4	0.5
6/7/10	8:15	348.3	2.9
6/7/10	8:30	-0.2	2.7
6/7/10	8:45	344	2.3
6/7/10	9:00	347.8	2.6
6/7/10	9:15	340.2	0.4
6/7/10	9:30	337.5	0.3
6/7/10	9:45	30.5	0.3
6/7/10	10:00	28.8	0.3
6/7/10	10:15	327.8	0.3
6/7/10	10:30	348.5	2.6
6/7/10	10:45	1	3
6/7/10	11:00	361.8	2.2
6/7/10	11:15	9.3	3.7
6/7/10	11:30	5.1	3
6/7/10	11:45	39.7	2.8

6/7/10	12:00	53.9	0.3
6/7/10	12:15	5.8	0.3
6/7/10	12:30	8.8	0.3
6/7/10	12:45	352.8	0.3
6/7/10	13:00	361.9	0.3
6/7/10	13:15	42	0.3
6/7/10	13:30	226.6	0.3
6/7/10	13:45	187.7	0.3
6/7/10	14:00	90.3	0.3
6/7/10	14:15	161	0.3
6/7/10	14:30	146.7	0.3
6/7/10	14:45	236.9	0.3
6/8/10	7:30	9.4	3.9
6/8/10	7:45	21.2	3.9
6/8/10	8:00	348	4.5
6/8/10	8:15	1	4.2
6/8/10	8:30	28.1	3.4
6/8/10	8:45	22.1	3
6/8/10	9:00	344.2	2.8
6/8/10	9:15	5.3	2.9
6/8/10	9:30	26.1	3.7
6/8/10	9:45	31.5	3.8
6/8/10	10:00	20.5	4.3
6/8/10	10:15	23.7	1.8
6/8/10	10:30	12.7	2
6/8/10	10:45	343.3	1.2
6/8/10	11:00	337.5	0.3
6/8/10	11:15	20.5	0.3
6/8/10	11:30	32.6	0.3
6/8/10	11:45	347.6	0.3
6/8/10	12:00	226	0.3
6/8/10	12:15	61.9	0.3
6/8/10	12:30	282.8	0.3
6/8/10	12:45	163.6	0.3
6/8/10	13:00	238.4	1.3
6/8/10	13:15	233.4	0.3
6/8/10	13:30	216.7	0.7
6/8/10	13:45	207.2	1.6
6/8/10	14:00	216.3	2
6/8/10	14:15	273.2	0.3
6/8/10	14:30	200.3	0.8
6/8/10	14:45	188.4	0.3

6/9/10	7:30	205.1	0.3
6/9/10	7:45	171.4	0.3
6/9/10	8:00	204.2	0.3
6/9/10	8:15	188.5	0.3
6/9/10	8:30	232	0.3
6/9/10	8:45	235.2	0.3
6/9/10	9:00	201.8	0.3
6/9/10	9:15	166.3	0.3
6/9/10	9:30	228	0.3
6/9/10	9:45	258.6	0.3
6/9/10	10:00	170.7	0.3
6/9/10	10:15	189.2	0.3
6/9/10	10:30	223.6	0.3
6/9/10	10:45	152.9	0.3
6/9/10	11:00	167.9	0.3
6/9/10	11:15	141.2	0.3
6/9/10	11:30	316.6	0.3
6/9/10	11:45	184.8	0.3
6/9/10	12:00	61.3	0.3
6/9/10	12:15	87.8	2.4
6/9/10	12:30	15.8	0.3
6/9/10	12:45	102	0.3
6/9/10	13:00	43.9	0.3
6/9/10	13:15	161.5	0.3
6/9/10	13:30	126.3	0.3
6/9/10	13:45	100	0.3
6/9/10	14:00	175.7	0.4
6/9/10	14:15	202.5	0.3
6/9/10	14:30	139.1	0.3
6/9/10	14:45	170.1	0.3
6/10/10	7:30	30.7	0.3
6/10/10	7:45	330.3	0.3
6/10/10	8:00	12.7	0.3
6/10/10	8:15	335.2	3.1
6/10/10	8:30	331.7	2.7
6/10/10	8:45	345	1.3
6/10/10	9:00	352.4	3.4
6/10/10	9:15	340.9	2.9
6/10/10	9:30	29.6	2.1
6/10/10	9:45	317.2	2.6
6/10/10	10:00	338.5	0.5
6/10/10	10:15	332.2	0.3

6/10/10	10:30	196.3	0.6
6/10/10	10:45	130.6	0.3
6/10/10	11:00	157.9	0.3
6/10/10	11:15	152.8	0.3
6/10/10	11:30	146.1	0.3
6/10/10	11:45	145.2	0.3
6/10/10	12:00	148.8	0.3
6/10/10	12:15	170.4	0.3
6/10/10	12:30	199.2	0.3
6/10/10	12:45	235.3	0.3
6/10/10	13:00	193.9	0.3
6/10/10	13:15	183.1	0.3
6/10/10	13:30	186.9	0.3
6/10/10	13:45	221.5	0.3
6/10/10	14:00	187.1	0.3
6/10/10	14:15	170.2	0.3
6/10/10	14:30	189.5	0.3
6/10/10	14:45	166	0.3
6/11/10	7:30	235.2	0.3
6/11/10	7:45	294.3	0.3
6/11/10	8:00	311	0.3
6/11/10	8:15	11	0.3
6/11/10	8:30	348.2	0.3
6/11/10	8:45	65.1	0.3
6/11/10	9:00	21.7	0.3
6/11/10	9:15	216.1	0.3
6/11/10	9:30	78.8	0.3
6/11/10	9:45	8.4	0.3
6/11/10	10:00	154.1	0.3
6/11/10	10:15	347	0.3
6/11/10	10:30	350.2	0.3
6/11/10	10:45	162.1	0.3
6/11/10	11:00	174.2	0.3
6/11/10	11:15	182.3	0.3
6/11/10	11:30	128.5	0.3
6/11/10	11:45	174.2	0.3
6/11/10	12:00	186.2	0.3
6/11/10	12:15	206.8	0.3
6/11/10	12:30	207.8	0.3
6/11/10	12:45	207.1	0.3
6/11/10	13:00	207.7	0.3
6/11/10	13:15	214.6	0.3

6/11/10	13:30	210.5	0.3
6/11/10	13:45	187.1	2.6
6/11/10	14:00	218	2.2
6/11/10	14:15	196	0.7
6/11/10	14:30	201.2	3
6/11/10	14:45	192.8	3.1
6/12/10	7:30	1.6	0.3
6/12/10	7:45	350.7	3.5
6/12/10	8:00	67.5	1.7
6/12/10	8:15	-0.3	3.4
6/12/10	8:30	359	2.4
6/12/10	8:45	16.1	2.2
6/12/10	9:00	19.8	2.5
6/12/10	9:15	-0.1	2.1
6/12/10	9:30	18.9	3
6/12/10	9:45	21.3	0.3
6/12/10	10:00	349.7	1
6/12/10	10:15	344.9	0.3
6/12/10	10:30	324.2	0.3
6/12/10	10:45	20.4	0.3
6/12/10	11:00	28.8	0.3
6/12/10	11:15	25.8	0.3
6/12/10	11:30	26	1.5
6/12/10	11:45	17.4	0.3
6/12/10	12:00	172.4	0.3
6/12/10	12:15	176.3	0.3
6/12/10	12:30	180	0.3
6/12/10	12:45	42.6	0.3
6/12/10	13:00	318.9	0.3
6/12/10	13:15	352.6	0.3
6/12/10	13:30	349.1	0.3
6/12/10	13:45	346	0.3
6/12/10	14:00	328	0.3
6/12/10	14:15	26.3	0.3
6/12/10	14:30	18.2	0.3
6/12/10	14:45	342.1	0.3



Anexo N°6: Estrategias para la gestión de olores en Chile 2014-2017 (Caimanque, Ministerio del Medio Ambiente, 2013)

	Acciones Pilar 1 Fortalecimiento Marco Regulatorio	2014	2015	2016	2017
A	Elaboración Reglamento Control y Prevención de Olores <u>Responsable:</u> MMA en colaboración de Comité Operativo, Comité Operativo Ampliado ²³ y ciudadanía.	- Publicación de Anteproyecto - Periodo Consulta Pública - Elaboración Proyecto Definitivo	- Publicación en el Diario Oficial - Capacitación permanente Reglamento	- Cumplimiento de Medidas - Capacitación permanente Reglamento	
B	Homologación de normas técnicas de medición de olores <u>Responsable:</u> MMA quien lo solicita al Instituto Nacional de Normalización (INN)	- Homologar a NCh: Metodología sobre "Efectos y cuantificación de olores"	- Homologar a NCh: Metodología de "Muestreo" y "Paneles en terreno"	- A determinar según necesidades de acciones anteriores.	
C	Incorporar la componente olores en la localización territorial <u>Responsable:</u> MMA en colaboración con Mesa Técnica ²⁴ .	- Conformar mesa técnica - Ejecución Estudio "Análisis de fuentes generadoras de olor y distancia de la población"	- Elaboración Guía de Criterios de localización de fuentes ²⁵	Iniciar la incorporación de la componente olores en la localización territorial	
D.1	Potenciar la evaluación de proyectos en el marco del SEIA ²⁶ <u>Responsable:</u> Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)	- Publicación de Guía Metodológica de Evaluación de Olores en el marco del S.E.I.A	- Capacitación permanente uso de la Guía.		

	Acciones Pilar 1 Fortalecimiento Marco Regulatorio	2014	2015	2016	2017
D.2	Potenciar Fiscalización <u>Responsable:</u> Organismos con competencia para fiscalización, según lo defina el futuro Reglamento para la prevención y control de olores.		- Elaboración Protocolo de Fiscalización del Reglamento	- Capacitación permanente uso del Protocolo	
D.3	Potenciar Ordenanza Ambiental Municipal <u>Responsable:</u> MMA en colaboración con Municipalidades con Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) y otras.	- Reuniones de trabajo para diagnóstico con Municipalidades	- Incorporación de Capítulo Olores a Guía Referencial de Ordenanza Ambiental Municipal.	- Capacitación permanente uso de Ordenanza	
E	Levantamiento de Información <u>Responsable:</u> MMA en colaboración con organismos competentes. *Respecto a centralizar información sobre denuncias, dependerá del órgano fiscalizador a definir en la elaboración del Reglamento.	- Generar un catastro de fuentes generadoras de olor.	- Generar un catastro centralizado de información sobre denuncias. - Mantener catastro de fuentes generadoras de olor a nivel nacional.	- Creación línea base sobre resultado de medición de olores y/o sustancias odoríficas - Mantener catastro de fuentes generadoras de olor a nivel nacional - Mantener catastro centralizado de información sobre denuncias.	- Mantener línea base sobre resultado de medición de olores y/o sustancias odoríficas - Mantener catastro de fuentes generadoras de olor a nivel nacional - Mantener catastro centralizado de información sobre denuncias.

Anexo N°7: Criterios de Calidad de olor a nivel internacional (ECOTEC, 2013)

ESTADO Ó CIUDAD-PAÍS	LÍMITE	TIEMPO	FRECUENCIA-%	USO DE SUELO	USO/REGULACIÓN	REFERENCIA
Pensilvania, USA	4 D/T	2 min	< 50 h/a	Residencial	Para diseño	Mahin (2001)
California, USA	4 D/T			Industrial con algunas residencias	Estándar	King County (2003)
San Diego USA	5 D/T	5 min	99,5%	Límite de la propiedad		Mahin (2001)
Iowa, USA	7 D/T			Zonal Residencial	Estándar recomendado	Osterberg and Melvin (2002)
Massachusetts, USA	5 D/T	1 hora		Límite de la propiedad	Guía	Mahin (2001)
Wyoming, USA	7 D/T					Osterberg and Melvin (2002)
Manitoba, Canadá	2 OU	2 pruebas no menos a 15 min		Zona Residencial	Guía	Manitoba Conservation (2005)
Manitoba, Canadá	7 OU	3 pruebas no menos a 15 min		Zona Industrial	Guía	Manitoba Conservation (2005)
Ontario, Canadá	1 OU/m3	10 min		Al receptor más sensible	Estándar propuesto	Mahin (2001)
Nueva Zelanda	1 OU/m3	1 hora	99,5%	Residencial	Guía	New Zealand Ministry for the Environment (2002)
Nueva Zelanda	2 OU/m3	1 hora	99,9%	Residencial	Guía	New Zealand Ministry for the Environment (2002)
Nueva Zelanda	5 OU/m3	1 hora	99,5%	Rural-industrial	Guía	New Zealand Ministry for the Environment (2002)
Nueva Gales del Sur, Australia	2 OU/m3	0.1-1 seg	99%	> 2000 personas	Para nuevos diseños	NSW EPA (2001a)
Nueva Gales del Sur, Australia	3 OU/m3	0.1-1 seg	99%	entre 500 y 2000 personas	Para nuevos diseños	NSW EPA (2001a)
Nueva Gales del Sur, Australia	4 OU/m3	0.1-1 seg	99%	entre 125 y 500 personas	Para nuevos diseños	NSW EPA (2001a)
Nueva Gales del Sur, Australia	5 OU/m3	0.1-1 seg	99%	entre 30 y 125 personas	Para nuevos diseños	NSW EPA (2001a)
Nueva Gales del Sur, Australia	6 OU/m3	0.1-1 seg	99%	entre 10 y 30 personas	Para nuevos diseños	NSW EPA (2001a)
Nueva Gales del Sur, Australia	7 OU/m3	0.1-1 seg	99%	< = a 2 personas	Para nuevos diseños	NSW EPA (2001a)
Queenland, Australia	2,5 OU/m3	1 hora	99,5%	Chimeneas bajas		Queensland EPA (2004)

Queenland, Australia	5 OU/m3	1 hora	99,5%	Chimeneas altas		Queensland EPA (2004)
Queenland, Australia	10 OU/m3	1 hora	99,5%			Queensland EPA (2004)
Australia del Sur, Australia	2 OU/m3	3 min	99,9%	> 2.000 personas	Guías para determinar distancias	South Australia EPA (2003)
Australia del Sur, Australia	4 OU/m3	3 min	99,9%	350 o más personas	Guías para determinar distancias	South Australia EPA (2003)
Australia del Sur, Australia	6 OU/m3	3 min	99,9%	60 o más personas	Guías para determinar distancias	South Australia EPA (2003)
Australia del Sur, Australia	8 OU/m3	3 min	99,9%	12 o más personas	Guías para determinar distancias	South Australia EPA (2003)
Australia del Sur, Australia	10 OU/m3	3 min	99,9%	< 12 personas	Guías para determinar distancias	South Australia EPA (2003)
Tasmania, Australia	1 OU/m3	3 min	99,9%			Mahin (2001)
Victoria, Australia	1 OU/m3	3 min	99,9%			NSW EPA (2001a)
Australia del Oeste, Australia	2 OU/m3	3 min	99,5%	Áreas sensibles	Usado para determinar distancias	Western Australia EPA (2002)
Australia del Oeste, Australia	4 OU/m3	3 min	99,9%	Áreas sensibles	Usado para determinar distancias	Western Australia EPA (2002)
Australia del Oeste, Australia	7 OU/m3	3 min	99,5%	Áreas sensibles	Usado para determinar distancias	Western Australia EPA (2002)
Austria	1 OU/m3		92%			Schauberger et al. (2001)
Austria	3 OU/m3		97%			Schauberger et al. (2001)
Dinamarca	5 OU/m3		99%	Áreas Residenciales		Mahin (2001)
Dinamarca	7 OU/m3		99%	Zonas Rurales		
Dinamarca	15 OU/m3		99%	Zonas Rurales dedicadas a ganadería		
Irlanda	1,5 OUe/m3	1 hora	98%		Para obtener permiso o revisión	Ireland EPA (2001)
Irlanda	3 OUe/m3	1 hora	98%		Para obtener permiso o revisión	Ireland EPA (2001)
Irlanda	6 OUe/m3	1 hora	98%		Para obtener permiso o revisión	Ireland EPA (2001)
UK	5 OU/m3		98%			Mahin (2001)

Holanda	0.5 y 5 OUE/m ³	1 hora	98%	Áreas Residenciales y en crecimiento	Usado para obtener permisos y comparado con modelación o nomogramas	InfoMil (2003)
Gales	5-10 Oue/m ³			Límite de la propiedad		Welsh Assembly (2005)
Hong Kong	5 OU	5 seg				Mahin (2001)
Corea	20 OU			Área Industrial		Mahin (2001)
Corea	15 OU			Otras Áreas		Park (2003)
Taiwán	50 OU					Mahin (2001)
Holanda	3 OU		98%	Zona Urbana con ganadería		
Holanda	14 OU		98%	Zona Ganadera		
Holanda	2 OU		98%	Zona Urbana sin ganadería		
Holanda	8 OU		98%	Fuera de la zona urbana		
Italia (Lombardía)	2 OU		98%	Zona Residencial		D.G.R. 15 2012
Italia (Lombardía)	3 OU		98%	Zona comercial	o una distancia de 500 metros a la vivienda más cercana	
Italia (Lombardía)	4 OU		98%	Zona industrial o rural	o una distancia de 500 metros a la vivienda más cercana	

Anexo N°8: Criterios de olor para compuestos químicos a nivel internacional

Jurisdiccion	Compuesto	Valor	Tiempo promedio	Comentarios	Referencia
Alberta (Canada)	Amoniaco	1,400 µg/m3	1h	Basado en la percepcion de olores	Alberta Environment 2004
	Sulfuro de Hidrogeno	14 µg/m3 (10 ppbv)	1h		
		4 µg/m3	24 min.		
Calidad del aire de la Bahía (California USA)	Sulfuro de Hidrogeno	60 ppb	3min.	Basado en emisiones por periodos de 24 h	Mahin, 2000, Mahin 2001, Osterberg and Melvin 2002
		30 ppb	60min.		
	Dioxido de azufre	500 ppb	3min.	Los barcos están exentos	Mahin, 2000, Mahin 2001, Osterberg and Melvin 2002
		250 ppb	60min.		
		50 ppb	24h		
California USA	Sulfuro de Hidrogeno	30 ppb	1h.	Basado en las molestias	Mahin, 2000, Mahin 2001, Osterberg and Melvin 2002
		8 ppb		Oficina de Riesgos de Salud Ambiental de California	
Connecticut (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	6.3 µg/m3			Mahin 2001, Mahin 2000
	Metil mercaptano	2.2 µg/m3			
Idaho (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	30 ppb	30min.		Mahin 2001
		10 ppb	24h.		
Illinois (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	10 ppb	8 hours		Osterberg and Melvin 2002

Minnesota (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	50 ppb	30min.		Mahin 2001, Osterberg and Melvin 2002
		30 ppb	30min.		
		60 ppb	1h.	agudo	
		7 ppb	3 meses	sub-cronico	
Missouri (USA)	Amoniaco	144 ppb			Mahin 2001, Osterberg and Melvin 2002
Nebraska (USA)	Azufre reducido Total	100 ppb	30min	Departamento de Calidad Ambiental Nebraska	
Nuevo Mexico	Sulfuro de Hidrogeno	30 – 100 ppb	30min		Mahin 2001
		10 ppb	1h		
New York State (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	10 ppb	1h		Mahin 2001, Osterberg and Melvin 2002
		0.7 ppb	1 año		
New York City (New York State, USA)	Sulfuro de Hidrogeno	1 ppb		Para plantas de tratamiento de aguas residuales	Mahin 2001, Mahin 2000
North Dakota (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	50 ppb	Instantaneo	Dos muestras tomadas al menos con 15 minutos de separación dentro de un período de 60 minutos -	

Pennsylvania (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	100 ppb	1 h		Mahin 2001, Osterberg and Melvin 2002
		5 ppb	24 h		
Texas (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	120 ppb	30 min.		Mahin 2001
		80 ppb	30 min.		
Washington (USA)	Sulfuro de Hidrogeno	3 - 7 ppb			Mahin 2000
Ontario, Canadá	Amoniaco	3600 µ/m3	24 h	Guía de instrucción para establecer límites	Ontario MOE, 2001
	Dimetil amina	1840 µ/m3	1 h	Criterio para calidad de aire	
	Disulfuro de dimetilo	40 µ/m3	30 min.	Guía de instrucción para establecer límites	
		40 µ/m3	1 h	Criterio para calidad de aire	
	Sulfuro de Dimetilo	30 µ/m3	30 min.	Guía de instrucción para establecer límites	
		30 µ/m3	1 h	Criterio para calidad de aire	
	Sulfuro de Hidrógeno	30 µ/m3	30 min.	Guía de instrucción para establecer límites	
		30 µ/m3	1 h	Criterio para calidad de aire	
	Mercaptano (como metilmercaptano total)	20 µ/m3	30 min.	Guía de instrucción para establecer límites	
		20 µ/m3	1 h	Criterio para calidad de aire	
	Azufre reducido Total	40 µ/m3	30 min.	Guía de instrucción para establecer límites	
		40 µ/m3	1 h	Criterio para calidad de aire	
	Trimetil amina	0.5 µ/m3	30 min.	Guía de instrucción para establecer límites	

		0.5 µ/m ³	1 h	Criterio para calidad de aire	
Nueva Gales del Sur, Australia	Dietil amina	0.02 ppm	3 min	Para fuentes puntuales y utilizando modelos de dispersión	NSW EPA 2001 a
	Dimetil amina	0.0094 ppm	3 min		
	Butil mercaptano	0.004 ppm	3 min		
	Metil amina	0.0042 ppm	3 min		
	Metil mercaptano	0.00042 ppm	3 min		
	Sulfuro de Hidrógeno	1.38 µ/m ³	0.1 - 1 segundo		
		2.07 µ/m ³	0.1 - 1 segundo		
		2.76 µ/m ³	0.1 - 1 segundo		
		3.45 µ/m ³	0.1 - 1 segundo		
		4.14 µ/m ³	0.1 - 1 segundo		
		4.83 µ/m ³	0.1 - 1 segundo		
Japón	Amoniaco	1-5 ppm		Rango máximo permisible en concentración	Japanese MOE, 2005
	Disulfuro de dimetilo	0.009-0.08 ppm			
	Sulfuro de Dimetilo	0.01-0.2			
	Sulfuro de Hidrogeno	0.02-0.2 ppm			
	Metil mercaptano	0.002-0.01			
	Trimetil amina	0.005-0.07			

Anexo N°9: Criterios de olor de límites de emisión a nivel internacional

Jurisdicción	Contaminante	Valor	Unidad	Fuente o proceso	Comentarios	Referencia
Calidad del Aire (California, EE.UU.)	olor	1.000	D/T	altura de descarga de Emisión <9m	Límite general para sustancias olorosas. Se toman muestras y se analizan	BAAQMD (Bay Area Air Quality Management District), California, USA. 2001. Rules and Regulations. http://www.baaqmd.gov/dst/regulations/index.asp .
		3.000	D/T	Altura de descarga entre 9 y 18 m		
		9.000	D/T	18-30 m		
		30.000	D/T	30 to 55 m		
		50.000	D/T	> 55 m		
	Sulfuro de Dimetilo	0.1	ppm	Tipo A Emisión puntual	Tipo A emisión puntual: un punto de emisión, que tiene geometría suficientemente regular de modo que tanto el volumen de flujo y concentraciones de contaminantes se puede medir y donde la naturaleza y extensión de los contaminantes del aire no cambian	

					sustancialmente entre un punto de muestreo y el punto de emisión (es decir, una chimenea) Tipo B emisión puntual: punto individual (por ejemplo, el respiradero del techo)	
		0.05	ppm	Tipo B Emisión puntual		
	Amoniaco	5.000	ppm	Tipo A		
		2.500	ppm	Tipo B		
	Mercaptanos calculados como metil mercaptanos	0.2	ppm	Tipo A		
		0.1	ppm	Tipo B		
	Compuestos fenolicos calculados como Fenol	5.0	ppm	Tipo A		
		2.5	ppm	Tipo B		
	Trimelamina	0.02	ppm	Tipo A		
		0.02	ppm	Tipo B		
	Dioxido de azufre	300	ppm	General	Los barcos y algunos tipos de industria se excluyen	
		2.000	ppm	Barcos	También el contenido de azufre del combustible líquido debe ser menor que o igual a 3,34% en peso	

		250	ppm	Planta de recuperación de azufre	Las plantas que emiten menos de 45 kg / día de SO2 están exentas	
		300	ppm	Planta de ácido sulfúrico		
		1000	ppm	Unidad de craqueo catalítico		
		400	ppm	Horno de calcinación de coque	O 113 kg / h, lo que sea más restrictivo	
		22	kg/hr	Plantas de fabricación de catalizadores		
		9.0	Kg		Por 9,0 toneladas ciruelas frescas	
		10.9	Kg		Por 9,0 toneladas duraznos frescos	
		13.6	Kg		Por 9 toneladas de peras frescas	
Dinamarca	olor	100	OU/m3	Política industrial del control de olor	Medido en la fuente	Danish Environmental Protection Agency. 2002. Industrial Odour Control. http://www.mst.dk/udgiv/publications/2002/87-7972-297-0/html/default_eng.htm .
Alemania	olor	500	OU/m3	para la producción de compost, para el secado de los residuos, para el secado de lodos		Germany. 2001. Technical Instruction on Air Quality Control – TA Luft http://www.havakalitesi.cevreorman.gov.tr/english/legislation/german.htm

Holanda	Amoniaco	5	mg/m3	Planta de tratamiento purines		InfoMil. Netherlands. 2003. Netherlands Emission Guidelines for Air. http://www.infomil.nl/aspx/get.aspx?xdl=/views/infomil/xdl/page&PosIdt=29288&ItmIdt=28598&SitIdt=111&VarIdt=46
	cloro	6	mg/m3	producción de cloro		
	Sulfuro de hidrogeno	10	mg/m3			
	Amoniaco	30	mg/m3	La producción de fertilizantes de nitrógeno		
		30-200	mg/m3			
		30	mg/m3	Planta de amoniaco		
Japon	Sulfuro de hidrogeno	C _{lm} = k C _m	mg/L	Estándar de efluentes líquidos en términos de concentración de productos químicos en los efluentes	k es una constante que depende del flujo volumétrico del efluente líquido y C _m es la norma máxima admisible seleccionada por la autoridad local	Japan MOE (Ministry of the Environment) 2005. Laws and Regulations - Control of Offensive Odor. http://www.env.go.jp/en/lar/regulation/odor.html .
	Metil mercaptano		mg/L			
	Dimetilo de sulfuro		mg/L			

	dimetilo de disulfuro		mg/L			
	amoníaco	0.108 He2 Cm	m3/h	norma de emisión en términos de flujo volumétrico de sustancias químicas individuales en las chimeneas	He es la altura efectiva de la chimenea calculada utilizando las ecuaciones especificadas y Cm es la norma de concentración máxima permisible seleccionada por la autoridad local	
	sulfuro de hidrógeno		m3/h			
	Trimetil amina		m3/h			
Korea	olor	1.000	OU	Fabricación de caucho y plástico, plantas curtiembres, incineradores de residuos industriales y refinerías	Medido mediante olfatometría dinámica	Park, Sang Jin. Woosong University, Korea. 2003. The Regulation and Measurement of Odor in Korea. http://www.env.go.jp/en/iar/odor_measure/02_2.pdf .
	olor	500	OU	Instalaciones en zonas residenciales (por ejemplo, productos agrícolas al por mayor, mercados, instalaciones de tratamiento de los residuos, crianza de ganado)		

Suiza*	Amoniaco	30	mg/m3	General	Si el flujo másico es > a 300 g/h	Ordonnance Sur la protection de L'air. Le Conseil federal Suisse
	sulfuro de hidrógeno	5	mg/m3		Si el flujo másico es > a 50 g/h	
	Dimetil amina	20	mg/m3		Si el flujo másico es > a 0.1 kg/h	
	Metil amina	20	mg/m3		Si el flujo másico es > a 0.1 kg/h	