RIESGO OCUPACIONAL
EN PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Esteban Villarroel Cantillana

Santiago de Chile

Junio de 2010

Tabla de Contenidos.

		Página
	Página de título	1
	Tabla de Contenidos	2
	Resumen	3
	Definiciones	4
1	Introducción	5
2	Antecedentes Generales	7
3	Identificación de Riesgos en Relación con las Instalaciones y Operaciones Realizadas	9
4	Agentes Químicos y Biológicos. Contaminación en Operaciones Asociadas a Tratamiento de Efluentes	11
5	Conclusiones	20
6	Recomendaciones para la Realización de Actividades en el Interior de Instalaciones Asociadas a Plantas de Tratamiento de Efluentes.	21
7	Comentarios Finales	31

Riesgo Ocupacional en Plantas de Tratamiento de Efluentes Líquidos [(1)].

Resumen: Se analizan los diferentes riesgos involucrados en las tareas y operaciones asociadas al desarrollo de actividades laborales en instalaciones destinadas a tratamiento de efluentes industriales y sanitarios; asociando la identificación y caracterización de los mismos con la presencia de agentes químicos y biológicos, vertidos de manera directa o generados in situ, producto de procesos de descomposición y/o tratamiento. En este contexto, se analizan las diferentes condiciones de exposición, incluyendo las posibles fuentes a nivel de recolección, conducción y aquellas asociadas a procesos de tratamiento, entregando un conjunto de recomendaciones destinadas a controlar el riesgo de exposición, en base a la identificación de agentes, operaciones y medidas de control necesarias de considerar al momento de la realización de las diversas tareas involucradas en cada uno de los procesos, incluyendo mantención, operación y fiscalización. Información y análisis que permitió estructurar procedimientos de trabajo seguro para las diferentes tareas realizadas.

Realizado el estudio, las empresas incluidas en el mismo decidieron implementar gran parte de las recomendaciones señaladas en el punto 6, acción que incluyó su incorporación en los respectivos reglamentos internos de Higiene y Seguridad.

---

1 Esteban Andrés Villarroel Cantillana.
Ingeniero Civil Bioquímico,
Magíster en Salud Pública,
Experto Profesional en Prevención de Riesgos
bioingeniería@terra.cl
fono: 56 2 4534227.

Definiciones:

Riesgo: Corresponde a la probabilidad de ocurrencia de un evento, normalmente asociado a un daño, lesión o enfermedad.

Riesgo Sanitario: aquel inferido a partir del análisis del riesgo de infección existente para un receptor humano a escala individual y/o poblacional.

Agente de riesgo: todo elemento, que en determinadas circunstancias, puede afectar la salud de las personas y/o generar daños materiales; diferenciados de acuerdo a sus características en agente de riesgo físico, químico, biológico, ergonómico y psicosocial.

Efluente Líquido: toda emisión contaminante contenida (disuelta) en fase liquida, normalmente acuosa que actúa como medio de transporte o dilución.

Efluente Sanitario: emisión contaminante en fase líquida, cuya constitución, por sus características, representa un riesgo sanitario.

1. Introducción

Las plantas de tratamiento de efluentes líquidos, por sus especiales características de amplitud, disponibilidad de servicio, proceso, etc., presentan una amplia gama de riesgos para el personal que se ocupa en su explotación. Lo anterior en razón del propósito de las mismas, es decir, someter a tratamiento físico, químico y/o biológico a los efluentes líquidos generados por una empresa que ha incorporado dentro de sus procesos un sistema de tratamiento, así como un grupo de empresas de diferentes rubros que han contratado los servicios de plantas de tratamiento existentes en loteos industriales o los efluentes sanitarios generados por la población en general, como ocurre normalmente en el caso de plantas de tratamiento pertenecientes a grandes empresas sanitarias.

En términos generales las plantas de tratamiento existentes en el interior de una empresa[(2)], representan un medio de reducción o de mitigación de los contaminantes que ésta genera, correspondiendo a sistemas diseñados con el objeto de adecuar su contenido, de forma que al momento de su vertido al sistema de conducción, perteneciente a la empresa sanitaria, éste cumpla con los estándares exigidos por la empresa sanitaria, que en la práctica solo debiera aceptar efluentes que cumplan con las características de efluente sanitario; condición que de no ocurrir faculta a la propietaria del sistema de

2 Plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos.

recolección, conducción y tratamiento final a tomar medidas administrativas en contra de la empresa.

Lo anterior, en razón que el sistema de tratamiento que estas últimas desarrollan, se basa en procesos de reducción de la carga orgánica mediante acción biológica, normalmente asociadas al concepto de “lodos activados”. Proceso que requiere, junto con el monitoreo de las condiciones del proceso, un control efectivo sobre la composición y contenido del flujo de entrada, que de no cumplir con las condiciones que impone este tipo tecnología, posibilitará el envenenamiento del cultivo microbiológico presente en los reactores principales, generando pérdidas en la efectividad del proceso de tratamiento; pérdidas que finalmente deben ser asumidas por la empresa sanitaria, en razón que ésta, al igual como ocurre para el caso de los clientes que contratan sus servicios, también debe cumplir con exigencias en cuanto a parámetros de vertido final.

El análisis desarrollado a continuación considera en forma genérica el concepto de planta de tratamiento de efluentes líquidos; sin embargo, es necesario aclarar que los riesgos de una planta de tratamiento industrial son semejantes a los identificados en una planta de tratamiento sanitario, la diferencia radica en que, en la primera, el tipo de agentes contaminantes es menor en cantidad, pero con concentraciones mayores a las que habitualmente se encuentra en el área sanitaria, además, los agentes identificados son propios del proceso desarrollado por la empresa propietaria de la misma, a diferencia de lo que ocurre en una planta de tratamiento sanitaria, en la cual el

inventario de agentes contaminantes es mucho mayor, ya que incluye el espectro productivo de todos sus clientes.

2. Antecedentes Generales

Desde el punto de vista laboral, los procesos que se realizan en este tipo de instalaciones cuentan con un alto grado de automatización que les permite funcionar las 24 horas del día, en ellas el personal es reducido en proporción a la magnitud de las instalaciones y sus tareas se reducen a labores de vigilancia, control del funcionamiento, mantenimiento, toma de muestras y análisis de laboratorio; acciones que implican recorrido de las diferentes instalaciones, es decir, piscinas, estanques, reactores, sedimentadores, filtros, canchas de secado, plantas elevadoras, etc., acciones que requieren del tránsito a través de diferentes vías, que incluyen entre otras, pasarelas, rampas, escaleras, cámaras de inspección y otras vías de acceso y/o aproximación, ver figuras Nº1 y Nº2.

Figura Nº1: Vista Aérea Planta de Tratamiento

Desde el punto de vista de la accidentalidad, la mayor incidencia se concreta en la realización de trabajos de mantenimiento preventivo y reparaciones de emergencia, los que involucran caídas de distinto nivel, golpes y cortes por herramientas, contacto con sustancias cáusticas y corrosivas, así como accidentes debido a proyección de fragmentos y/o partículas metálicas, además de accidentes por contacto con gases asfixiantes y/o mezclas explosivas en recintos confinados, a los que se suman contactos directos con animales, insectos u otro tipo de vectores y agentes microbiológicos capaces de generar cuadros alergénicos o infectocontagiosos en trabajadores expuestos.

Recuperación de Lodos

Patio de Bombas

Agitadores en Reactores de Aireación

Sedimentadores

Figura Nº2: Instalaciones Típicas Plantas de Tratamiento Efluentes Líquidos.

3. Identificación de Riesgos en Relación con las Instalaciones y Operaciones Realizadas.

Con el objeto de visualizar los riesgos asociados, se visitaron un conjunto de plantas de tratamiento, reuniendo información y antecedentes acerca de las operaciones que se realizan y la posibilidad de contacto con una serie de agentes cuya propiedades le atribuyen efecto en la salud de las personas, así como las características de los efluentes que recolectan, tratan y disponen, en relación con las actividades que se desarrollan en su entorno, lo cual repercute

en variaciones en el tipo y naturaleza de la contaminación que sería posible encontrar en el interior de cada una de ellas. En este contexto, dentro de las operaciones que habitualmente se realizan en este tipo de instalaciones y que involucran exposición a los diversos agentes, se destacan aquellas asociadas a inspección de cámaras de redes de sistemas de recolección y conducción, cámaras subterráneas habilitadas como plantas elevadoras, sistemas de drenaje de estanques acumuladores, estanques de acumulación propiamente tal, en particular durante operaciones de mantenimiento y limpieza, así como trabajos que involucran instalación y/o mantenimiento de equipos, tareas que se suman a aquellas asociadas a operaciones de destape de obstrucciones en redes de recolección, conducción y/o distribución.

La realización de cada una de las actividades, es precedida por la de inspección visual y una serie de tareas que se realizan desde el exterior con la ayuda de medios y herramientas conducentes a levantar y retirar tapas o cubiertas de cámaras, lo que junto con facilitar el aireamiento interior, permite visualizar el estado y funcionamiento interior de la cámara, estanque o ducto; de acuerdo a sus hallazgos se podrá determinar el ingreso al interior para iniciar la operación o volver a cerrarla [(3)].

Al decidir el ingreso a un espacio confinado, luego de la inspección y una espera prudencial para aireación de su interior, del orden de 5 minutos, la persona lo hace normalmente a través de una escalera gato vertical dispuesta en una de las paredes del mismo. Una vez en su interior y en la parte más baja, debido a la acumulación de residuos, falta de evacuación exhaustiva, densidad relativa de los gases y compuestos orgánicos volátiles, así como conexión con drenajes y/o ductos de comunicación con sistemas de conducción y recolección, el trabajador se haya expuesto a una serie de agentes, principalmente de tipo químico y biológico; actividad para la cuya solo se encuentra premunido con un overol, casco de seguridad, guantes, calzado de seguridad con puntera de acero y cinturón de seguridad sin cuerda de seguridad, además de los medios de trabajo necesarios para realizar labores de que guardan relación con mantención, inspecciones de estado de conservación y funcionamiento y otros.

---

3 Se infiere que, pese a la presencia de gases y vapores (olores) durante la aireación, no se tiene una exposición a un nivel que implique riesgo para las personas en la superficie durante su ejecución, por no producirse un contacto persona-agente en términos de concentración y tiempo de exposición suficientes.

4. Agentes Químicos y Biológicos. Contaminación en Operaciones Asociadas a Tratamiento de Efluentes.

Las redes de alcantarillado y plantas de tratamiento sanitario han sido diseñadas para recibir y transportar efluentes líquidos del tipo domiciliario, esto es, con las características químicas y biológicas correspondientes a las señaladas en la tabla N°1, razón que hace posible encontrar una gran variedad de sustancias, la mayoría de ellas propias de su naturaleza y origen, representadas por agua, que constituye su medio de transporte, fluidos biológicos, excretas, detergentes, restos de materia orgánica, sales solubles y microorganismos, además de otros agentes, principalmente químicos, que tienen el carácter de sus constituyentes normales.

4.1. Agentes Químicos.

Las diferentes sustancias, al mantenerse dentro de rangos de concentración aceptables, es decir, como los que se señalan en la tabla Nº1, no favorecen procesos de corrosión, incrustaciones u obstrucción de las redes de alcantarillado o formación de gases tóxicos o mezclas explosivas en las mismas, así como interferencias en los sistemas de tratamiento de aguas servidas. Desde este punto de vista, en la práctica, las aguas servidas tienen una composición importante de productos químicos que se encuentran dentro de ciertos niveles de contaminación[(4)]; sin embargo, ello no excluye la presencia de materias diversas que anormalmente circulan por el interior de las redes, cuyo origen se encuentra

4 Se considera contaminación todo aquella sustancia cuya concentración excede los valores máximos

en vertidos domiciliarios y/o industriales no autorizados, a los que se suman, materiales que se pueden filtrar por derrames superficiales accidentales o no o provenientes de otras redes subterráneas.

En este contexto, los niveles de concentración que se pueden alcanzar y la duración e instante del tiempo en que éstos se producen son difíciles de precisar debido a lo variable de las fuentes y la naturaleza accidental o clandestina de la contaminación. En la tabla Nº2 se presenta un resumen donde se enumeran los contaminantes de tipo químico más peligrosos que se podrían encontrar, gaseosos o capaces de generar vapores; se indican sus fuentes más probables y sus límites de inflamabilidad y/o límites máximos permisibles según corresponda.

señalados en el D.S. MOP Nº3592 de 2000. Resumen tabla Nº1.

Tabla Nº1: Caracterización de Aguas Servidas, Decreto Supremo Nº 609/1998.

Parámetros	Valor Característico
Aceites y Grasas, [mg/l]	60
Arsénico, [mg/l]	0.05
Cadmio, [mg/l]	0.01
Cianuro, [mg/l]	0.20
Cobre, [mg/l]	1
Cromo total, [mg/l]	0.10
Cromo hexavalente, [mg/l]	0.05
DBO_5, [mg/l]	250
Fósforo, [mg/l]	5
Hidrocarburos, [mg/l]	10
Mercurio, [mg/l]	0.001
Níquel, [mg/l]	0.1
Nitrógeno amoniacal, [mg/l]	50
Plomo, [mg/l]	0.2
Sulfatos (solubles) , [mg/l]	300
Sólidos suspendidos totales	220
Zinc, [mg/l]	3

Poder espumógeno	5 mm
Sólidos sedimentables	6 [ml /l/h]

Temperatura	20º C
pH	6 – 8

Tabla Nº2: Contaminación y Agentes Químicos en Redes de Alcantarillado.

Posibles Fuentes	**Contaminantes**	PI	LII	LPP	LPT	LPA	IDLH
		ºC	% vol	ppm	ppm	ppm	ppm
Redes de gas - Uso doméstico - Uso industrial.	Gases combustibles:						
	- Metano		5	--	--	--	
	- Monóxido de carbono		12.5	40	--	200	1500
	- Hidrógeno		4	--	--	--	
	- Etano		3	--	--	--	
- Vehículos - Industrias - Domicilios - Talleres	Vapores/ Líquidos Combustibles						
	- Parafina (kerosene)	43	0.7	--	--	--	
	- Bencina (gasolina)	43	1.5	240	500	--	
	Vapores/ Solventes						
	- Tolueno		1.1	80	--	400	
	- Aguarrás mineral		0.8	240	--	1200	
Descomposición de Materia Orgánica en la Red de Alcantarillado, por Acción Microbiológica.	Gases						
	- Metano		5	--	--	--	
	- Amoniaco			20	35	--	
	- Hidrógeno		4	--	--	--	
	- Sulfuro de hidrógeno		4	8	15	--	300
	- Anhídrido carbónico		--	4000	30000	--	
	- Insuficiencia de O_2. ([5])	--	--	--	--	--	< 18%
	- COV; referidos a: - Esteres - Aldehídos - Aminas - Amidas, etc.	Valores dependientes del tipo de agente					

PI : Punto de inflamación
LII : Limite inferior de inflamabilidad
LPP : Limite permisible ponderado. según DS 594/1999.
LPT : Límite permisible temporal, según DS 594/1999.
LPA : Limite permisible absoluto, según DS 594/1999.
IDLH : Concentración peligrosa para la vida.
COV : Compuestos Orgánicos Volátiles

5 Decreto Supremo Nº 594/1999, modificado por Decreto Supremo Nº 201/2001

Nota : 1 % volumen = 10000 ppm

4.2. Agentes Biológicos.

En términos generales, para que se produzca una infección, no basta que existan microorganismos patógenos en el ambiente, sino que deben estar en una cantidad tal que constituyan dosis infectantes y además ingresen al organismo de un huésped susceptible a través de la vía respiratoria, digestiva o dérmica.

Desde el punto de vista biológico, en este tipo de ambientes existen cuatro tipos de organismos patógenos para el hombre: bacterias, virus, protozoos y helmintos, el riesgo de exposición se encuentra asociado al tipo y concentración relativa, en base a la dosis mínima infectiva y el nivel de exposición. Sin embargo, en términos prácticos los organismos que mayor incidencia pueden tener en la salud de los trabajadores, son aquellos caracterizados como bacterias del tipo coliforme fecal y virus de acción entérica, organismos que incluyen, pero no se limitan, a *Escherichia spp, Salmonella spp., Shigella spp., Campylobacter spp., Crystosporidium spp., Giardia spp.*, además de enterovirus. La exposición a éstos tiene relación con el desarrollo de afecciones de tipo gastrointestinal, generadas por la vía de la inhalación de aerosoles (bioaerosoles) generados por acción mecánica, así como contacto con lodos (biosólidos), a través del contacto con membranas mucosas y epitelios de transición, así como la ingestión inadvertida, producto del contacto entre mano y boca, fenómeno principalmente asociado al hábito de fumar o la falta de los medios para una sanitización efectiva o cambio de indumentaria. A las formas de producirse

el efecto señalado anteriormente, se suman aquellas de contacto directo, producto de lesiones traumáticas con daño de la piel ya sea por cortes o mordeduras, producto del ataque de vectores roedores, lesiones potenciales que dan pie a la inoculación de *Yersinia spp*, o virus Rabia, además de la autoinoculación de *Clostridium tetani*.

En cuanto al control, normalmente, si se mantienen buenas prácticas higiénicas de prevención que eviten la ingestión y/o inoculación accidental, además de buenas prácticas de aseo y lavado de manos, no debieran producirse infecciones. Sin embargo, en el caso que estas no sean suficientes y ocurra un accidente que implique la exposición, existe la posibilidad de implementar programas de vacunación preventiva, cuyo fundamento es la generación de capacidad inmunológica ante agentes biológicos habitualmente presentes en este tipo de ambientes. En este contexto, en Chile, dadas las características endémicas y prevalencia, se recomienda vacunación contra tétanos, hepatitis A, hepatitis B y fiebre tifoidea.

Además de los compuestos señalados, también es necesario destacar la contaminación producida por una serie de compuestos no identificados que corresponden a materia orgánica en descomposición y que producto de la actividad metabólica de diversas poblaciones bacterianas producen olores intensos y desagradables, producto de la presencia de vapores de aldehídos, cetonas, éteres, ésteres, aminas, amidas y otros, genéricamente denominados como compuestos orgánicos volátiles (COV).

4.3. Contaminación Asociada a Uso Indebidos.

El riesgo de filtraciones de gases combustibles, como el gas de uso doméstico y/o industrial, puede existir proveniente de deterioros y fugas en las redes subterráneas de gas no detectadas e inmisión a las redes por problemas del mismo tipo, lo que hace necesario incluir entre las observaciones a realizar previas al ingreso la existencia de esta posibilidad.

Los vapores y líquidos combustibles, pueden provenir de vertidos en el llenado de estanques de estaciones de servicio, garajes y domiciliarios, vertidos de vehículos, etc.; también se pueden presentar atmósferas con vapores de solvente, mezclados con gases debido al vertido no autorizado que pueden realizar laboratorios, lavasecos, tintorerías, laboratorios de revelado fotográfico, etc. y las propias casas particulares.

En la tabla N°2, se presenta un resumen donde se enumeran los contaminantes de tipo químico más peligrosos que se podrían encontrar; se indican sus fuentes más probables y sus límites de inflamabilidad y/o límites máximos permisibles según corresponda. Como se puede observar, las atmósferas en el interior de estos espacios pueden tener carácter inflamable y/o tóxico y/o sin oxígeno suficiente, presentando por lo tanto riesgos de incendio, explosión, deficiencia de oxígeno e ingresar por la vía respiratoria a las personas directamente y afectarlas de acuerdo a las características y naturaleza de cada sustancia.

Al considerar la contaminación biológica, si bien existe una flora bacteriana habitual en este tipo de ambientes, que se ve favorecida por las condiciones ambientales que normalmente poseen las aguas servidas, ver tabla Nº1, condiciones excepcionales y propias provenientes de algunos procesos productivos favorecen la presencia de poblaciones específicas, como ocurre con bacterias lácticas, acéticas y metanogénicas, (Industria Láctea, Cárnea, Vinícola, Alimentos en general) y, en otros casos, bacterias de tipo patógeno, especialmente en el caso de brotes de enfermedades entéricas asociadas a Clínicas, Hospitales, Laboratorios de Análisis, Criaderos de Animales, etc., operaciones que junto con constituir fuentes de contaminación, favorecen la probabilidad de expresión de estos riesgos adicionales a los ya citados típicos de aguas servidas domiciliarias en el interior de las redes.

4.4. Situaciones Posibles e Interpretación de Límites y Características de Condiciones Generadas por Agentes en este Tipo de Espacios.

Los gases y vapores combustibles son inflamables cuando se mezclan con el aire dentro de cierto rango de concentraciones. El Límite Inferior de Inflamabilidad (LII), presentado en la tabla Nº2, es muy superior a los límites máximos permisibles referidos a efectos sobre la salud de las personas, incluidas las concentraciones que pueden ser peligrosas para la vida (IDLH), como por ejemplo para el monóxido de carbono, tolueno, metano y sulfuro de hidrógeno, luego, si se mide la explosividad de una atmósfera y no resulta explosiva esto no garantizará que no sea peligrosa para la salud de las personas. Para los contaminantes señalados en la tabla

Nº2, exclusivamente, se puede aceptar un valor de solo hasta un 1 % del LII como seguro desde el punto de vista de la explosividad de su mezcla con aire, pero no así para la salud de las personas, el cual deberá primar por sobre lo anterior. Para cualquiera otro compuesto es necesario analizar cada caso en particular.

Así por ejemplo, en el caso del hidrógeno, metano y etano, que son gases asfixiantes simples y no tienen efectos tóxicos sobre las personas se admitirán valores de concentración en el aire de hasta el 1% del LII, pero en el caso de otros como sulfuro de hidrógeno, amoniaco, monóxido de carbono, tolueno y COV´s, que tienen efectos tóxicos de carácter irritante, narcótico, etc. sobre las personas, solo se admitirán valores inferiores al LPP y en el caso que se tratara de sustancias con LPA, se tendrá que asegurar que éste no se superará en ningún momento.

5. Conclusiones

En las redes de alcantarillado el trabajo de atención de emergencias incluye la operación de destape de obstrucciones propiamente tal que se realiza con personal dispuesto en el interior de sus cámaras, en el caso de plantas de tratamiento, las operaciones se asocian a mantención preventiva y correctiva de los diversos equipos e instalaciones, además de aquellas derivadas de la operación de las mismas, actividades que se asocian con los riesgos en estudio; instalaciones que por construcción y disposición en la red y plantas tienen características que, en la mayoría de los casos y desde el punto de vista de la Seguridad e Higiene Industrial, corresponde a espacios cerrados o cuya interacción con los mismos genera una contacto directo con las personas [(6)], en los cuales, se pueden encontrar condiciones críticas en este caso para las personas. De acuerdo a lo anotado en puntos anteriores, las condiciones críticas que se pueden encontrar son las siguientes:

- Condiciones de ambientes con agentes explosivos variados.
- Condiciones de ambiente con agentes químicos tóxicos variados.
- Condiciones de ambiente deficiente en oxígeno.
- Condiciones de ambiente con agentes biológicos mórbidos variados.

[6] En particular aquellos referidos a estanques, reactores, piscinas y otros medios de acumulación.

Estas condiciones se pueden dar en términos probabilísticos en forma individual o combinadas y en proporciones diferentes y/o cambiantes, lo cual hace necesario que esta operación sea realizada de acuerdo a un procedimiento que permita cubrir toda la gama de condiciones posibles de encontrar, precaviendo la posibilidad de quedar expuesto a cualquiera de las condiciones señaladas como críticas.

La conclusión anterior se hace extensiva a las actividades en redes de alcantarillado, en las cuales las personas se encuentran expuestas a los mismos riesgos en estudio en lugares que son considerados como espacios cerrados y por tanto altamente críticos, debiendo operarse en su interior con procedimientos e infraestructura que permita un efectivo control de los riesgos.

6. Recomendaciones para la Realización de Actividades en el Interior de Instalaciones Asociadas a Plantas de Tratamiento de Efluentes.

De acuerdo a lo señalado en puntos anteriores, con respecto a las distintas y variadas condiciones críticas que se pueden generar en el interior de las redes de alcantarillado, cámaras, ductos, plantas elevadoras, estanques, reactores, piscinas, etc., algunos de los cuales, desde el punto de vista de la Seguridad e Higiene Industrial se consideran espacios confinados, las únicas medidas de precaución que podrían evitar y/o neutralizar dicha condición, están orientadas a la introducción de una infraestructura mínima en los procedimientos de trabajo existentes, a la cual debe sumarse el entrenamiento, mantenimiento y control necesarios para su permanencia y efectividad en el tiempo.

A continuación se proponen cuatro recomendaciones, de las cuales las tres primeras constituyen la infraestructura mínima a incluir en los procedimientos de ingreso, encontrándose la primera orientada a la permanencia y trabajo en el interior de cámaras de la red y las segunda y tercera a la permanencia y trabajo en ductos, cámaras de plantas elevadoras, estanques acumuladores y otras instalaciones; la cuarta recomendación corresponde a medidas generales para obtener el control integral y permanente de los riesgos.

6.1. Recomendaciones para Trabajo Interior Cámara Red. Ventilación Forzada, Indumentaria y Equipamiento.

Cuando se retiran las tapas de las cámaras, los gases y vapores en su interior, producto de la existencia de fenómenos de convección asociados a gradientes térmicos o de densidad, se ponen en movimiento, favoreciendo una ventilación natural de la cámara, la cual no evita que las fuentes que los generan continúen alimentando con agentes el espacio interior de la cámara. Los sistemas de ventilación forzada por inyección de aire en el interior de la cámara son los únicos sistemas que permiten obtener que el aire fresco alcance a todos los lugares del interior y renovar y diluir los contaminantes y reponer el oxígeno necesario, controlando así las tres condiciones asociadas con criticidad de origen químico. Estos sistemas están constituidos por motor de generación autónoma y ventilador, punto de toma de aire (alejado de la cámara misma y punto de emisión de los gases de combustión), ducto flexible de longitud y diámetro suficiente como para

alcanzar la base inferior de la cámara y permitir el movimiento de las personas en su interior así como su desplazamiento expedito.

En términos generales, el caudal a inyectar deberá ser regulable y generar del orden de un mínimo de 60 cambios por hora en relación con las dimensiones volumétricas de la cámara.

La toma de aire fresco del ventilador deberá encontrarse alejada del punto de ingreso a la cámara así como de los gases de combustión del motor si éste fuese de combustión interna, asegurando que el aire de inyección sea fresco y limpio. Con lo anterior se resuelven las condiciones de riesgo provenientes de agentes químicos y también la parte de agentes biológicos presentes en forma de aerosoles. En forma complementaria, para evitar el contacto directo por la vía de salpicaduras, roces con paredes húmedas, restos orgánicos y otros, es necesario utilizar un traje confeccionado en material tipo TYVEK® bajo el overol de trabajo, que debe ser de cuerpo entero que incluya la cabeza, dejando solo libres los pies y manos. Para efecto de protección de las manos se deberá utilizar un guante de medio puño que se pueda unir y/o apegar a la manga del traje TYVEK®, elemento que deberá tener la necesaria resistencia a la abrasión y pinchaduras, así como impermeabilidad. El resto de la indumentaria debiera estar constituida por calzado y guantes de seguridad de tipo impermeable, arnés que permita estrobar la cuerda salvavidas a trabajador, manteniendo el otro extremo en el exterior para facilitar el rescate desde el exterior sin ingresar al interior en caso de accidente.

Dada su mayor criticidad, la probabilidad de explosión deberá ser controlada permanentemente durante toda la operación en el interior de la cámara, mientras se ventila y permanece personal en su interior, debiendo evacuarse la cámara y regular la ventilación hasta lograr controlar la concentración a los niveles aceptados como seguros, para luego proceder al reingreso de las personas a su interior (hasta 1% del LII). Este instrumento se denomina explosímetro y cada grupo de trabajo que realice esta función deberá contar con uno y mantenerlo debidamente calibrado llevando un registro de incidentes para cada operación. Por otra parte, con respecto a los riesgos biológicos, antes del ingreso a éstos espacios se recomienda contar con sonda emisora de ultra sonido con el fin de ahuyentar roedores y portarla para ser utilizada durante la actividad en su interior. En la figura Nº3, se presenta una serie de imágenes secuenciales de las operaciones necesarias para ingresara a un espacio confinado, como representan ser las cámaras de inspección de redes.

Abertura y Ventilación de Cámara

Ingreso a Cámara

Ingreso Sensor Calidad del Aire

Vista Interior Acceso a Cámara

Figura Nº3: Actividades Asociadas al Ingreso a
Cámara de Inspección de Red de Transporte y/o Conducción.

6.2. Recomendaciones para Trabajo en Ductos, Cámaras de Plantas Elevadoras y otras Instalaciones Relacionadas. Equipos de Protección Respiratoria Autónoma, Indumentaria y Equipamiento.

Para atender a situaciones en que las condiciones críticas son generadas por instalaciones, construcciones u otros que no permitan la instalación de un sistema de inyección forzada de aire, como es el caso de actuar en el interior de ductos y cámaras de plantas elevadoras, o en que el sistema de ventilación pudiera resultar inefectivo o insuficiente, como pudiera ser alguna situación en alguna cámara de red, según se determine, se tendrá que contar con Equipos de Protección Respiratoria autónomos, los cuales estarán constituidos por máscaras de rostro completo con elementos tipo demanda y con abastecimiento de aire a través de cilindro con aire comprimido y sus respectivos indicadores y accesorios de seguridad y control o a través de mangueras de alta presión, de largo suficiente, conectadas a compresor autogenerador y con filtros de purificación, elementos de seguridad y control; equipos que permitirán mayor independencia al usuario con respecto a puntos o lugares a alcanzar, tiempos de permanencia, riesgos y vías de ingreso y salida en relación con características de la emergencia, de los cuales dependerá la decisión de con cual tipo contar, uno u otro o los dos. La indumentaria será la misma anotada para el caso señalado en el punto anterior, referido a Cámaras de Red.

El equipamiento en este caso consistirá en un explosímetro de carácter portátil con sus sondas respectivas, el cual será manejado por el propio operador, previo chequeo de la condición de ingreso, debiendo luego él portarlo y en relación con las lecturas que vaya obteniendo avanzar, suspender y/o evacuar si fuera necesario, regresando al sector luego de comprobar la disminución de las concentraciones al orden señalado como seguro. Por existir la posibilidad de quedar aislado de los otros integrantes de la cuadrilla, el operador deberá portar equipo de intercomunicación, diseñado para este tipo de ambientes, y mantener informado a su supervisor respecto a su ubicación y estado de cosas en el lugar en que se encuentre. Los otros integrantes de la cuadrilla y el propio operador deberán tener acordados los pasos a seguir en caso de accidente y necesidad de rescate y evacuación, preparando, previo a la iniciación de actividades el plan respectivo que incluye vía de evacuación, su generación si fuera necesario y preparación para efectos de su posible uso, así como de las actividades y equipos con que contarán los otros integrantes para efectos de rescate. Otro equipo imprescindible es el uso de protección respiratoria tipo “autorrescatador”, que genera oxígeno por alrededor de 20 minutos, que permitirá proteger a su portador durante su trayecto de evacuación en caso de falla del equipo autónomo en el abastecimiento de aire u otra falla.

Con respecto a agentes biológicos constituidos por roedores se recomienda contar con una sonda electrónica emisora de ultra sonido, como la señalada

en puntos anteriores, ello con el fin de ahuyentar éste tipo de vectores, sonda que deberá ser activada al momento de ingresar a este tipo de espacios.

6.3. Recomendaciones para Trabajo en Estanques, Reactores, Piscinas y Equipos Acumuladores.

En este caso, la situación asociada a trabajo en un espacio confinado se observa minimizada en razón de la existencia de mayores áreas de contacto con el exterior, sin embargo, en la medida que la profundidad y/o nivel de líquido en éstos impide la ventilación natural efectiva, el trabajo en ellos requiere de la adopción de procedimientos semejantes a los señalados para un espacio confinado en el cual se acumulan gases, vapores y otros contaminantes; en particular en aquellos en los cuales por su naturaleza exista deposito de lodos y/o sedimento, con la consiguiente posibilidad de descomposición anaerobia y consiguiente generación y/o acumulación de gases asfixiantes. Recomendándose, junto con la verificación de las condiciones ambientales en el interior de los mismos antes y durante la permanencia de personal en su interior, la adopción de las recomendaciones en cuanto a indumentaria y equipamiento señaladas en el punto anterior.

6.4. Recomendaciones Adicionales.

Señaladas las medidas necesarias a nivel de equipamiento mínimo e indumentaria necesaria, dentro del marco de los procedimientos que debieran considerar las actividades de ingreso a instalaciones asociadas a Plantas de Tratamiento en las cuales existe riesgo de exposición a agentes químicos y biológicos; a continuación se señalan una serie de recomendaciones dirigidas a cubrir otras necesidades de control y que son

válidas para todo el personal que realiza este tipo de labores.

6.4.1. Profilaxis e Inmunización Preventiva.

Debido a las caracteristicas del trabajo realizado, una vez terminado y en terreno, previo retiro del overol, cada trabajador deberá realizar un aseo prolijo de los guantes y luego de retirados éstos de las manos mediante el uso de un jabón iodado, impidiendo con ello la posibilidad de contacto no controlado de éstas con la boca, ojos u otras partes del cuerpo, para lo cual el vehículo deberá encontrarse implementado. Asimismo lo deberá estar en relación con la disposición de cajas individuales para disponer el overol, guantes, cinturón y casco. Al finalizar cada jornada, deberán existir las condiciones y facilidades para que cada trabajador realice un lavado higiénico de su cuerpo, mediante ducha y jabón, contando con los elementos necesarios para guardar en forma segregada y diferenciada su ropa de trabajo, zapatos y traje tipo TYVEK®, de su ropa de uso habitual.

A lo anterior se suma la necesidad de implementar un programa de inmunización periódico y preventivo, que considere la vacunación contra los agentes microbiológicos señalados en el punto correspondiente a Agentes Biológicos.

6.4.2. Capacitación y Entrenamiento.

Todos los trabajadores involucrados en los trabajos en instalaciones asociadas a Plantas de Tratamiento, deberán ser instruidos en los riesgos identificados y los procedimientos que se deben seguir, por lo que se recomienda que el programa de entrenamiento, que debe ser teórico práctico, incluya como mínimo las siguientes materias:

- Redes de alcantarillado, sus características propias y de los vertidos que conducen, generación de contaminantes, fuentes de origen y características de los mismos.
- Procedimientos seguros para el trabajo en las distintas tareas asociadas a operaciones de control, mantenimiento y diversos tipos de emergencias que se pudiesen generar. Esto requerirá generar previamente procedimientos escritos aprobados incorporando las recomendaciones que se señalan en el presente informe.
- Equipamiento y sistemas de control de la empresa.
- Instrumento de medición (explosímetros). Registros. Observaciones.
- Equipos de protección respiratoria y de ventilación por inyección de aire, usos y características. Otros equipos de protección personal. Prácticas.
- Primeros auxilios, técnicas de rescate, reconocimiento de síntomas, y procedimientos de acción.
- Higiene Básica. Autocuidado.
- Análisis de riesgos, Planificación de tareas y consideración de

situaciones de emergencia. Aplicación a casos.

Entrenamiento teórico práctico, que deberá complementarse con simulacros de situaciones reales de emergencia a cargo de la supervisión, cuyo objetivo sea evaluar el grado de preparación del personal y la organización para enfrentar situaciones reales que podrían presentarse, así como análisis de informes de trabajo de los supervisores con sus observaciones; acciones que en su conjunto permitirán definir programas de reforzamiento, modificación de procedimientos, asignación de responsabilidades, incorporación de equipamiento, etc., haciendo efectivos y operativos el o los procedimientos, junto con obtener la optimización de los recursos que disponga la empresa para el control de los riesgos.

7. Comentarios Finales*.*

En el análisis presentado se han identificado los principales agentes químicos y biológicos, así como la contaminación más relevante que puede existir en redes de alcantarillado y plantas de tratamiento, así como sus riesgos principales; las recomendaciones entregadas están básicamente orientadas al control de dichos riesgos, reiterando que deben incluirse en los procedimientos escritos de trabajo de la empresa y que deberán ser complementados con otros aspectos de seguridad y acciones propias de cada tarea.

El buen estado de funcionamiento de la infraestructura y equipamiento que se ha señalado es de gran importancia en términos de obtener en forma permanente el nivel necesario de protección de estos trabajadores, por lo que los supervisores y jefaturas deberán hacerse responsables directos de su estado en términos de integridad, calibración, buen uso, conservación y mantención de los mismos; responsabilidad que deberá ser controlada por jefaturas superiores.

A continuación, se presentan una serie de cuadros resumen que consideran la identificación de actividades y riesgos involucrados en el desarrollo de las mismas, proponiendo un conjunto de medidas de control y/o recomendaciones cuyo objetivo es minimizar el riesgo identificado.

Situación	Causal del Riesgo	Recomendaciones Preventivas
Existencia de escaleras, pasarelas, plataformas y zonas de paso junto a estanques, reactores, piscinas, etc.	Carencia de protecciones que impidan caída al interior.	Establecer una separación física, mediante barandas reglamentarias, es decir con altura, rodapié, travesaño intermedio y extensión suficiente.
Presencia de sistemas de accionamiento mecánico y motores en áreas de circulación (pasarelas y/o plataformas), impidiendo el libre tránsito de las personas.	Inexistencia de protecciones que impidan contacto con partes móviles.	Pasarelas, plataformas, escaleras, etc., instaladas junto a elementos en movimiento deben disponer de barandas reglamentarias, así como la instalación de elementos de protección que impidan contacto con los elementos en movimiento
Operaciones de limpieza en tanques, reactores, piscinas, etc.	Operación manual en la cual se utilizan elementos que requieren del uso de pértiga y operario montado sobre superficies móvil.	Los útiles y elementos de limpieza deber ser correctamente elegidos, de forma que posean la longitud suficiente para que el operario pueda manejarlos de forma segura, evitando la adopción de posturas forzadas en el estribo de la pasarela, la cual deberá incluir barandas reglamentarias. Recomendándose la inmovilización de la pasarela al momento de la realización de la operación e incorporación de chaleco salvavidas como elemento de protección personal

Situación	Causal del Riesgo	Recomendaciones Preventivas
Inspección y/o mantención de equipos superficiales instalados en estanques, reactores y/o piscinas, cuyo acercamiento requiere del uso de embarcación.	Caída a cuerpo de agua por volcamiento de embarcación o desequilibrio durante la ejecución de labores.	Incorporar como elemento de protección personal, permanente en lo que respecta al trabajo realizado en patio, el uso de chaleco salvavidas, especialmente en lo que respecta a trabajos que requieran el ingreso a estanques, reactores, piscinas, etc., así como otros elementos que permitan el salvataje del trabajador. Al momento de ingresar a estanques, reactores, piscinas, etc., se deberá detener todo tipo de mecanismos o medio de aireación y homogeneizado.
Operaciones asociadas a aireación del contenido en estanques, reactores y piscinas, mediante medios mecánicos superficiales, durante el desarrollo de procesos de reducción de carga orgánica.	Generación de bioaerosoles, cuyo tamaño, junto con favorecer su transporte hacia los alrededores, posibilita el ingreso de los mismos a través del sistema respiratorio, bioaerosoles cuyo contenido incluye agentes microbiológicos patógenos.	Utilización de sistemas de aireación basados en tecnología de burbujas, es decir, aquellos que privilegian el uso de difusores a nivel de fondo, que, junto con favorecer los procesos de transferencia de masa, logran una mayor homogeneización por mezclado, evitando el efecto “stripping” de los sistemas aireadores superficiales, que además de favorecer la existencia de aerosoles con contenido microbiológico no son capaces de logra el nivel de homogeneizado necesario.

Situación	Causal del Riesgo	Recomendaciones Preventivas
Acceso y desplazamiento por el fondo de estanques, reactores, piscinas, etc, al momento de realizar trabajos de mantenimiento y limpieza.	Existencia de difusores, material sedimentado (fango, borra, otros) que dificultan el movimiento del operador.	Proceder al vaciado completo de los diferentes contenedores, con el objeto de reducir a un mínimo la presencia de fangos y agua, que dificultan desplazamiento y propician caídas. El acceso debe realizarse a través de escaleras verticales, haciendo uso de arnés de seguridad. Con el objeto de evitar exposición a contaminantes y olores desagradables, se recomienda el uso de elementos individuales de protección respiratoria con aporte de aire exterior no contaminado. Asimismo, este deberá ser dotado de indumentaria de trabajo que le provea de aislamiento respecto del tipo de contaminación presente, que en su grado mínimo debiera considerar traje impermeable y aislante de una pieza, además de calzado de seguridad.
Inspección y/o mantención de equipos, redes e instalaciones en general, mediante el acceso a las mismas a través de espacios confinados.	Contacto con gases y/o vapores con características asfixiantes o irritantes o mezclas explosivas, generadas por filtración de efluentes con actividad microbiológica desde estanques contenedores.	Verificar y controlar la presencia de atmósferas seguras antes del inicio de trabajos en espacios confinados. Realizar un catastro de los puntos de trabajo potencialmente conflictivos. Utilización de equipos de protección y respiración autónoma en áreas riesgosas.

Situación	Causal del Riesgo	Recomendaciones Preventivas
Contacto con gases, soluciones o materiales sólidos utilizados en la preparación de las mismas, cuyas características y/o propiedades incluyan a éstos en la categoría de sustancias peligrosas para la salud de las personas.	Deficiencias en las condiciones de almacenamiento, manipulación y regulación de las instalaciones destinadas a almacenamiento y preparación, así como de los medios utilizados para este propósito. Contacto y/o proyección de productos químicos corrosivos, cáusticos o irritantes sobre la piel, sistema ocular y/o respiratorio.	Para la realización de operaciones de trasvasije y/o dosificación deberá habilitarse espacios con los medios y elementos de control necesarios, incluyendo elementos de protección personal y control de las emisiones a nivel de fuente.
Contacto con agentes biológicos como virus, bacterias, hongos, helmintos, protozoos, insectos, roedores, etc.	Contacto	Uso de indumentaria de protección corporal impermeable (buzo cuerpo entero, guantes), protección respiratoria y ocular. Implementación de programa de vacunación preventiva, de acuerdo.

REFERENCIAS

1. República de Chile. Ministerio de Obras Públicas, Decreto Supremo Nº609 de 1998.
2. República de Chile. Ministerio de Obras Públicas Oficio Nº3592 de 2000.