



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**"METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE  
UN PROGRAMA DE CONTROL DE DESCARGAS  
PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
MUNICIPAL, EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD  
DE CULIACÁN, ESTADO DE SINALOA, MÉXICO"**

**T E S I S**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**INGENIERÍA AMBIENTAL-AGUA**

**P R E S E N T A :**

**I.B.Q. DOUGLAS ARMANDO GARCÍA VALENZUELA**

**TUTOR:**

**DR PEDRO MARTÍNEZ PEREDA**

**2007**

## AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

*Agradezco a Dios, por haberme dado la oportunidad de seguir preparandome en el campo académico*

*Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi segunda Alma Mater, por haberme dado mayor conocimiento y cobijo durante los años de estudio de posgrado*

*Agradezco a todos los académicos del posgrado en Ingeniería Ambiental, que directa o indirectamente, influyeron en mi preparación y adiestramiento*

*Agradezco la amistad, disposición, paciencia, sabiduría y enseñanzas de los Doctores Ma del Carmen Durán de Bazúa, Georgina Fernández Villagómez, Rosa María Ramírez Zamora, Adalberto Noyola Robles y en especial a mi mentor Dr Pedro Martínez Pereda, por su confianza y amistad brindada*

*Agradezco a mi Alma Mater, el Instituto Tecnológico Regional de Culiacán, así como a sus académicos que propiciaron mi formación como ingeniero*

*Agradezco a Lupita, por haberme enseñado a dar, sin esperar a recibir algo a cambio y quien fue un aliciente para la conclusión de este proyecto*

*Finalmente, dedico este humilde trabajo a mi madre Delfina Valenzuela, a mi madre Pita y a mi abuelo, Don Pedro Valenzuela Escobar (†); quienes están siempre conmigo tanto en mis momentos de aciago y desesperación, así como en los de dicha y felicidad*

*Que Dios los bendiga a todos....*

## **CONTENIDO**

<b>Resumen</b>		<b>iv</b>
<b>Abstract</b>		<b>iv</b>
<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I.1.</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>1</b>
<b>I.2.</b>	<b>Control de la contaminación del agua, salud pública y protección del entorno ambiental</b>	<b>2</b>
<b>I.3.</b>	<b>Control de la contaminación del agua y crecimiento económico</b>	<b>3</b>
<b>I.4.</b>	<b>Objetivos generales</b>	<b>4</b>
<b>1.4.1.</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>4</b>
<b>I.5.</b>	<b>Alcances de la implantación de un PCD</b>	<b>4</b>
<b>I.6.</b>	<b>Campo de aplicación y beneficios que genera la implantación del PCD</b>	<b>6</b>
<b>II</b>	<b>INTRODUCCIÓN AL MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
<b>II.1.</b>	<b>El papel del pretratamiento de las aguas residuales, en el control de la contaminación</b>	<b>7</b>
<b>II.1.1.</b>	<b>El significado del pretratamiento</b>	<b>7</b>
<b>II.1.2.</b>	<b>Significado ambiental de los contaminantes comúnmente presentes en las aguas residuales</b>	<b>7</b>
<b>II.2.</b>	<b>Definición y tipos de sistemas de alcantarillado municipales</b>	<b>9</b>
<b>II.3.</b>	<b>Problemas en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales</b>	<b>10</b>
<b>II.4.</b>	<b>Salud laboral y seguridad de los trabajadores</b>	<b>11</b>
<b>II.4.1.</b>	<b>Reducción del riesgo de explosiones</b>	<b>11</b>
<b>II.4.2.</b>	<b>Atmósferas explosivas</b>	<b>11</b>
<b>II.5.</b>	<b>Transporte y destino de los contaminantes en los sistemas de alcantarillado municipal y PTARM</b>	<b>12</b>
<b>II.5.1.</b>	<b>Panorama general sobre el principal destino de los contaminantes y los procesos de transporte</b>	<b>12</b>
<b>II.5.2.</b>	<b>Destinos dominantes de los contaminantes en los sistemas de alcantarillado</b>	<b>13</b>
<b>II.5.3.</b>	<b>Destinos dominantes de los contaminantes en las PTARM</b>	<b>14</b>
<b>III</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
<b>III.1.</b>	<b>Requerimiento de la implantación de un PCD (programa de pretratamiento), al sistema de alcantarillado para la zona urbana de la Ciudad de Culiacán, Estado de Sinaloa, México</b>	<b>15</b>
<b>III.1.1.</b>	<b>Características actuales del sistema de agua potable y alcantarillado de la Ciudad de Culiacán</b>	<b>15</b>
<b>III.1.2.</b>	<b>Proyecto de saneamiento para la Ciudad de Culiacán, Estado de Sinaloa, México</b>	<b>16</b>
<b>III.1.2.1</b>	<b>Naturaleza del proyecto</b>	<b>19</b>
<b>III.1.2.2.</b>	<b>Especificaciones técnicas de la Planta Norte</b>	<b>25</b>
<b>III.1.2.2.1</b>	<b>Descripción general del tren de tratamiento para el agua residual</b>	<b>25</b>
<b>III.1.2.2.2.</b>	<b>Descripción general del tren de tratamiento para el lodo</b>	<b>26</b>
<b>III.2.</b>	<b>Justificación de la implantación y objetivos específicos del PCD local</b>	<b>26</b>
<b>III.2.1.</b>	<b>Calidad de agua acordada para las aguas residuales en el influente de la Planta Norte</b>	<b>26</b>
<b>III.2.2.</b>	<b>Reducción del pago mensual por los servicios proporcionados por la empresa, al mejorar la calidad de agua del influente en la Planta Norte</b>	<b>28</b>
<b>III.3.</b>	<b>Objetivos específicos del PCD local</b>	<b>28</b>
<b>IV</b>	<b>METODOLOGÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PCD LOCAL</b>	<b>30</b>
<b>IV.1.</b>	<b>Introducción a la implantación del programa local</b>	<b>30</b>
<b>IV.1.1.</b>	<b>Problemática local</b>	<b>30</b>

IV.1.2.	Tipos de fuentes contaminantes	30
IV.2.	Componentes del PCD local	36
IV.2.1.	Marco institucional federal	37
IV.2.2.	Marco institucional local	37
IV.2.3.	Marco legal federal	38
IV.2.4.	Marco legal estatal y municipal	39
IV.2.5.	Estructura organizacional requerida, creación del Departamento de Saneamiento-JAPAC	40
IV.2.6.	Calidad establecida para las descargas de aguas residuales o límites de efluentes	43
IV.2.6.1.	La Norma	43
IV.2.6.1.1.	Especificaciones establecidas en la Norma	44
IV.2.6.1.2.	Establecimiento de condiciones particulares de descarga	45
IV.2.6.1.3.	Fechas de cumplimiento de la Norma	46
IV.2.6.1.4.	Frecuencia de muestreo para las descargas de aguas residuales y procedimiento para conformar una muestra compuesta	46
IV.2.6.1.5.	Obligatoriedad del responsable para evaluar la calidad de la descarga de aguas residuales	48
IV.2.6.1.6.	Requisitos que eximen al usuario de realizar la caracterización de la descarga de aguas residuales	48
IV.2.7.	Actividades, instrumentos y procedimientos para la vigilancia del cumplimiento	48
IV.2.7.1.	Control de descargas prohibidas	49
IV.2.7.2.	Visita domiciliaria de inspección	50
IV.2.7.2.1.	Objetivo general de la visita de inspección	50
IV.2.7.2.2.	Importancia de las inspecciones	51
IV.2.7.2.3.	Importancia del muestreo en una visita de inspección	52
IV.2.7.2.4.	Tipos de inspecciones y la frecuencia con la que deben de efectuarse	52
IV.2.7.2.5.	Procedimientos para una visita de inspección	54
IV.2.7.2.6.	Expedición de permisos para descarga y establecimientos de controles	60
IV.2.7.2.7.	Actividades de seguimiento y/o verificación	60
IV.2.8.	Imposición de sanciones	61
IV.2.8.1.	Objetivos de las sanciones	61
IV.2.8.2.	Aplicación de sanciones económicas	61
IV.2.8.3.	Marco legal específico y cuotas para el cálculo del monto mensual a pagar, por concepto del incumplimiento a lo establecido en la Norma	61
IV.2.8.4.	Procedimientos para calcular el monto mensual a pagar para contaminantes básicos, metales pesados y cianuros	62
IV.2.8.4.1.	Ejemplos de cálculos de montos mensuales a pagar por incumplimiento de la Norma	63
IV.2.9.	El manejo de la información	64
V	RESULTADOS OBTENIDOS	65
V.1.	Organización del primer foro estatal dirigido al manejo de aceites gastados de tipo automotriz	65
V.2.	Caso exitoso de la implantación del PCD local	68
V.2.1.	Disminución de la concentración del parámetro de grasas y aceites en las aguas residuales en el influente de la Planta Norte	68
V.2.1.1.	Antecedentes del caso	68
V.2.1.2.	Resultados del seguimiento de la concentración del parámetro de grasas y aceites, correspondientes al año 2001	69
V.2.1.3.	Identificación y eliminación de las causas del problema	70
V.2.1.4.	Evaluación cuantitativa de las acciones correctivas realizadas,	

	requeridas para el alcance del objetivo	74
V.2.1.5.	Resultados y beneficios obtenidos del caso exitoso	74
V.3.	Cumplimiento con la calidad establecida para el agua residual tratada	75
V.3.1.	Requerimientos de la calidad establecida para el agua residual tratada	75
V.3.2.	Caracterización del agua residual tratada con apego a la NOM-001-SEMARNAT-1996	76
V.4.	Cumplimiento con la calidad establecida para el lodo estabilizado y su disposición final	77
V.4.1.	Panorama general sobre manejo de lodos, regulación, tratamiento y disposición final	77
V.4.1.1.	Requerimientos de la calidad establecida para los lodos estabilizados generados	82
V.4.1.1.1.	Límites máximos permisibles de metales pesados y de microorganismos patógenos establecidos para el lodo clase B, según la CFR 503 de la US EPA	83
V.4.2.	Caracterización del lodo estabilizado con apego a las Normas NOM-052-SEMARNAT-1993 y NOM-004-SEMARNAT-2002	83
V.4.3.	Disposición final del lodo estabilizado	85
V.5.	Elaboración de un plan de contingencia en respuesta a un derrame de una sustancia o residuo peligroso al sistema de alcantarillado local	86
V.5.1.	Descripción general del plan	86
V.5.2.	Medidas de control y mitigación.	87
VI	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	91
VI.1.	Conclusiones	91
VI.2.	Recomendaciones	91
ANEXOS		93
I	<b>ACERVO FOTOGRÁFICO Y DE IMÁGENES</b>	94
I.1.	Implantación del PCD local	95
I.2.	Visitas domiciliarias de inspección, aforo y muestreo compuesto (JAPAC, 2006)	96
I.3.	Inspección y evaluación del estado de las tuberías de la red de drenaje, mediante camioneta equipada con cámara móvil (JAPAC, 2006)	97
II	<b>FORMATOS DEL PCD LOCAL</b>	98
II.1.	Solicitud para el permiso de descarga	99
II.2.	Permiso de descarga	107
II.3.	Acta de notificación sin citatorio	112
II.4.	Acta de notificación con citatorio	113
II.5.	Acta de visita de inspección	114
III	<b>FIGURAS (PLANOS) AMPLIADAS</b>	119
III.1.	Plano de foto área que muestra la ubicación de la Planta Norte	120
III.2.	Planos de arreglo de conjunto (layout) y perfil hidráulico de la Planta Norte	122
REFERENCIAS		125

<b>INDICE DE TABLAS</b>		<b>Pág.</b>
Tabla II.1.	Principales efectos corrosivos de los contaminantes más frecuentes en las aguas residuales (adaptado de US EPA, 1987)	10

Tabla III.1.	Calidad del agua residual cruda acordada, para el influente de la Planta Norte (JAPAC, 1999)	27
Tabla IV.1.	Comparativa de la calidad de las aguas residuales que genera la zona urbana de la Ciudad de Culiacán, con otros casos (Metcalf y Eddy, 1996; CNA, 2000; JAPAC, 1997)	30
Tabla IV.2.	Universo de las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado local (JAPAC, 2005)	31
Tabla IV.3.	Giros más representativos de la categoría industrial que descargan al sistema de alcantarillado local (JAPAC, 2005)	31
Tabla IV.4.	Giros más representativos de la categoría comercial que descargan al sistema de alcantarillado local (JAPAC, 2005)	31
Tabla IV.5.	Concentraciones umbral de inhibición, para varios tipos de contaminantes tóxicos (US EPA, 1987)	34
Tabla IV.6.	Resultados de concentraciones promedio, de la medición de gases potencialmente peligrosos en estaciones de bombeo y pozos de visita (JAPAC, 2004)	35
Tabla IV.7.	Resumen del marco legal	40
Tabla IV.8.	Límites máximos permisibles	44
Tabla IV.9.	Fechas de cumplimiento establecidas, en función del tamaño de la población	46
Tabla IV.10.	Frecuencia de muestreo	46
Tabla IV.11.	Valores de las fracciones Qi/Qt	47
Tabla IV.12.	Cálculo de los volúmenes parciales, que se medirán de cada una de las muestras simples	47
Tabla IV.13.	Volúmenes a medir de cada una de las muestras simples	48
Tabla IV.14.	Cuotas en pesos por kilogramo excedente de contaminantes básicos descargados (DBO <sub>5</sub> , SST y G y A)	62
Tabla IV.15.	Cuotas en pesos por kilogramo excedente de metales pesados y cianuros descargados	62
Tabla IV.16.	Cuotas en pesos por metro cúbico para el parámetro potencial hidrógeno	62
Tabla V.1.	Clasificación de un aceite gastado como residuo peligroso	65
Tabla V.2.	Empresas recolectoras de aceites gastados de tipo automotriz, ubicadas en la Ciudad de Culiacán, Estado de Sinaloa, México	68
Tabla V. 3.	Calidad del agua residual acordada para el influente de la Planta Norte (JAPAC, 1999)	69
Tabla V.4.	Comportamiento bimestral de las concentraciones de grasas y aceites (mg/L) como promedios mensuales, correspondientes para el año 2001 (JAPAC, 2001)	69
Tabla V.5.	Causas identificadas con sus correspondiente acciones correctiva realizadas	71
Tabla V.6.	Evaluación cuantitativa de las acciones realizadas	74
Tabla V.7.	Calidad establecida para el agua residual tratada del efluente de la Planta Norte (DOF, 1996)	75
Tabla V.8.	Resultados de análisis de laboratorio que implicaron un muestreo compuesto versus calidad establecida en la NOM-001-SEMARNAT-1996	76
Tabla V.9.	Composición química típica de lodo primario crudo y digerido (Metcalf and Eddy, 1996)	78
Tabla V.10.	Tecnologías utilizadas para reducir patógenos y obtener lodos clase A o clase B	79
Tabla V.11.	Resultados de concentraciones de algunos contaminantes presentes	

	en los lodos, de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en los Estados Unidos de América. (Adaptado de Lue-Hing <i>et al.</i> , 1992)	80
Tabla V.12.	Comparación de las características físicas y microbiológicas de lodos crudos primarios de México y Estados Unidos de América (Jiménez <i>et al.</i> , 1998)	80
Tabla V.13.	Límites máximos permisibles de metales pesados (US EPA, 1993)	83
Tabla V.14.	Resultados de patógenos y parásitos (JAPAC, 2005)	85
Tabla V.15.	Resultados de metales pesados (JAPAC, 2005)	85

#### ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura I.1.	Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad del agua dulce en México (CNA, 2005)	4
Figura I.2.	Componentes básicos de un PCD (CNA, 2000)	5
Figura I.3.	Zona urbana de una ciudad, zona industrial, PTARM y cuerpo de	

	<b>agua receptor final (US EPA, 1983)</b>	<b>6</b>
<b>Figura II.1.</b>	<b>Daños ocasionados a viviendas como consecuencias de las explosiones (SIAPA, 1999)</b>	<b>12</b>
<b>Figura II.2.</b>	<b>Daños ocasionados a calles como consecuencia de las explosiones (SIAPA, 1999)</b>	<b>12</b>
<b>Figura II.3.</b>	<b>Posibles impactos adversos por el vertido de contaminantes incompatibles al sistema de alcantarillado municipal y PTARM (CNA, 2003)</b>	<b>13</b>
<b>Figura III.1.</b>	<b>Ubicación geográfica del municipio de Culiacán, Estado de Sinaloa, México (JAPAC, 2000)</b>	<b>16</b>
<b>Figura III.2.</b>	<b>Plano de la red drenaje local, mostrando la ubicación de las descargas al río Culiacán, antes de diciembre de 1999 (JAPAC, 1999)</b>	<b>17</b>
<b>Figura III.3.</b>	<b>Ubicación en una foto aérea, de la prolongación de colectores, líneas de presión, estaciones de bombeo de aguas residuales, la Planta Norte y la línea de descarga de aguas residuales tratadas (JAPAC, 2001)</b>	<b>20</b>
<b>Figura III.4.</b>	<b>Plano de la Ciudad de Culiacán, que muestra la red de alcantarillado con sus respectivas cuencas Norte y Sur, así como la ubicación de la prolongación de colectores, estaciones de bombeo, Planta Norte y la línea de descarga del agua residual tratada (JAPAC, 2006)</b>	<b>22</b>
<b>Figura III.5.</b>	<b>Plano de arreglo de conjunto de la Planta Norte (JAPAC, 2006)</b>	<b>24</b>
<b>Figura III.6.</b>	<b>Operaciones unitarias de la Planta Norte (EMPRESA, 2003)</b>	<b>25</b>
<b>Figura IV.1.</b>	<b>Seguimiento monitorio del nivel de explosividad, como LEL (lower explosivity level), en un pozo de visita de la red de alcantarillado</b>	<b>35</b>
<b>Figura IV.2.</b>	<b>Cuadernillo que explica de manera sucinta la obligatoriedad a los responsables de cumplir con la Norma</b>	<b>36</b>
<b>Figura IV.3.</b>	<b>Portada de la LGEEPA</b>	<b>40</b>
<b>Figura IV.4.</b>	<b>Portada de la LAN y su reglamento</b>	<b>40</b>
<b>Figura IV.5.</b>	<b>Portada de la LEEPAES</b>	<b>40</b>
<b>Figura IV.6.</b>	<b>Portada del DOF (publicación de la Norma)</b>	<b>40</b>
<b>Figura IV.7.</b>	<b>Organigrama del Departamento de Saneamiento (JAPAC, 2000)</b>	<b>41</b>
<b>Figura IV.8.</b>	<b>La visita domiciliaria de inspección para evaluar el nivel de cumplimiento</b>	<b>43</b>
<b>Figura IV.9.</b>	<b>Laboratorio para análisis de aguas residuales de la JAPAC</b>	<b>43</b>
<b>Figura IV.10.</b>	<b>Espectrofotómetro de absorción atómica, para la determinación de metales pesados</b>	<b>43</b>
<b>Figura IV.11.</b>	<b>Compatibilidad de la Norma, con las normas oficiales mexicanas NOM-001, 003 y 004 de la SEMARNAT (CNA, 2003)</b>	<b>44</b>
<b>Figura IV.12.</b>	<b>Procedimientos generales para la ejecución de la visita de inspección (JAPAC, 2005)</b>	<b>55</b>
<b>Figura V.1.</b>	<b>Laboratorio para el control de procesos de la Planta Norte (EMPRESA, 2001)</b>	<b>70</b>
<b>Figura V.2.</b>	<b>Equipo de laboratorio para la determinación de la concentración del parámetro de grasas y aceites (EMPRESA, 2001)</b>	<b>70</b>
<b>Figura V.3.</b>	<b>Trampa para grasas y aceites de un establecimiento de comida rápida</b>	<b>70</b>
<b>Figura V.4.</b>	<b>Interior de una trampa para grasas y aceites</b>	<b>70</b>
<b>Figura V.5.</b>	<b>Trampa para grasas y aceites de un establecimiento de comida rápida, azolvada por falta de limpieza (JAPAC, 2005)</b>	<b>70</b>
<b>Figura V.6.</b>	<b>Desazolve de un pozo de vista mediante un camión tipo “vector”, debido a obstrucción por presencia de grasas y aceites</b>	<b>70</b>



<b>Figura V.7.</b>	<b>Nota periodística sobre la aplicación de sanciones a las instalaciones que descarguen grasas y aceites, periódico Sol de Sinaloa 18 de noviembre del 2001</b>	<b>72</b>
<b>Figura V.8.</b>	<b>Diseño estándar de una trampa para remover grasas y aceites (JAPAC, 2000)</b>	<b>73</b>
<b>Figura V.9.</b>	<b>Grafico que muestra la meta de reducción fijada, alcanzada y superada, logrando así una disminución de 29.06 mg/L en la concentración del parámetro de grasas y aceites</b>	<b>74</b>
<b>Figura V.10.</b>	<b>Variación de la concentración del contaminante DBO<sub>5</sub> en el influente y efluente (JAPAC, 2005)</b>	<b>76</b>
<b>Figura V.11.</b>	<b>Variación de la concentración del contaminante SST en el influente y efluente (JAPAC, 2005)</b>	<b>76</b>
<b>Figura V.12.</b>	<b>Variación del gasto influente en el período Enero- Diciembre del 2005</b>	<b>77</b>
<b>Figura V.13.</b>	<b>Muestreo compuesto del agua residual tratada (registro ubicado en la salida de la cámara de contacto de cloro)</b>	<b>77</b>
<b>Figura V.14.</b>	<b>Descarga del agua residual tratada, al “dren” principal Cedritos</b>	<b>77</b>
<b>Figura V.15.</b>	<b>Tren de tratamiento para el lodo generado en la Planta Norte (JAPAC, 2005)</b>	<b>82</b>
<b>Figura V.16.</b>	<b>Muestreo aleatorio estratificado del lodo estabilizado</b>	<b>84</b>
<b>Figura V.17.</b>	<b>Conformación de una muestra compuesta</b>	<b>84</b>
<b>Figura V.18.</b>	<b>Rotulación de la muestra compuesta para su envío.</b>	<b>84</b>
<b>Figura V.19.</b>	<b>Ubicación del sitio para la disposición final del lodo estabilizado (JAPAC, 2005)</b>	<b>86</b>
<b>Figura V.20.</b>	<b>Tanque de la estación de bombeo Rubí, obsérvese el cabezal de descarga y las válvulas de admisión y expulsión de aire</b>	<b>87</b>
<b>Figura V.21.</b>	<b>Tubería de descarga de las bombas sumergibles ubicadas en el tanque de la estación de bombeo Rubí</b>	<b>87</b>
<b>Figura V.22.</b>	<b>Vista panorámica de la cámara de repartición de gasto y los cuatro sedimentadores</b>	<b>88</b>
<b>Figura V.23.</b>	<b>Primer plano de una de las compuertas deslizantes, la cual controla el gasto alimentado al sedimentador que se observa en la parte posterior de la imagen</b>	<b>88</b>
<b>Figura V.24.</b>	<b>Área de la sección transversal de uno de los tres canales venturis para la medición del gasto influente en la Planta Norte. Obsérvese al lado derecho el electrodo para la medición del parámetro potencial de hidrógeno</b>	<b>89</b>

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es plantear y exponer las bases, conocimientos y metodología que fueron requeridas para la implementación de un Programa de Control de Descargas local, para el sistema de alcantarillado en la zona urbana de la Ciudad de Culiacán, Estado de Sinaloa, México. La parte central de este programa, es la vigilancia del cumplimiento de la norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, misma que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Esta norma federal, tiene como objetivo primordial prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. En la actualidad, muchas ciudades con las características que posee la Ciudad de Culiacán, aún no cuentan con estos programas; sin embargo, el control de las descargas representa un paso indispensable e ineludible para poder llevar a cabo un adecuado planteamiento técnico-financiero de los sistemas de tratamiento de aguas residuales requeridos para cada ciudad. Asimismo, en fechas recientes, el contar con un programa de este tipo empieza a ser un requisito para poder acceder al financiamiento de instituciones financieras nacionales e internacionales para proyectos en el rubro de saneamiento. La implementación del Programa de Control de Descargas local, mismo que dio inicio a mediados del año 1999, trae como resultados y conlleva asegurar las condiciones de operación óptimas de la actual infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales, permitiéndole al Municipio una mayor holgura para cumplir con la normatividad federal vigente en materia de descargas de aguas residuales; así como una reducción significativa en los costos tanto operativos como de mantenimiento de dicha infraestructura.

**PALABRAS CLAVE:** Control de descargas, norma (NOM-002-SEMARNAT-1996), contaminante incompatible, sistema de alcantarillado, interferencia con el tratamiento.

## ABSTRACT

Research objectives of this thesis include methodology and basic principles for establishing a wastewater discharge program for Culiacan Sinaloa city since complaining with discharge standards (NOM-002-SEMARNAT-1996) are required by state and federal authorities to prevent the contamination of water bodies. Mexican cities with similar domestic and industrial wastewater discharges than Culiacan city required discharge programs to access Mexican and international financial credit that is required for establishing new wastewater treatment plants and sanitation programs. The Culiacan city wastewater discharge program was established in the middle 1999 to improve the operation of the city's wastewater facilities since Culiacan city needed to reduce operation and maintenance costs. Additionally, the discharge program decreased by a broad range the level of wastewater contaminates established by the authorities.

**KEY WORDS:** wastewater discharge program, wastewater standards (NOM-002-SEMARNAT-1996), water bodies, treatment plants, sanitation programs, contamination.

# I INTRODUCCIÓN

## I.1. Antecedentes

El agua es el elemento más frecuente en la Tierra, lo que podría hacer pensar en una disponibilidad ilimitada del recurso. Sin embargo, de acuerdo con el informe de las Naciones Unidas sobre la administración de los recursos hídricos en el mundo “agua para todos, agua para la vida”, únicamente el 2.5% del total es agua dulce y el resto es agua salada. Asimismo, aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentra congelada en los glaciares (CNA, 2004).

En relación con el volumen de agua dulce disponible en el planeta con respecto a la población mundial, se presenta el siguiente escenario: en América del Norte y Central reside el 8% de la población y ésta disfruta del 15% del total de agua dulce en el mundo; América del Sur tiene el 6% de la población mundial y disfruta del 26% de los recursos hídricos; Europa posee el 13% de la población y el 8% del recurso hídrico; en África vive el 13% de la humanidad y se dispone del 11% del agua; en Asia vive el 60% de la población y se dispone del 36% del recurso y; en Australia y Oceanía vive menos del 1% de la población y se dispone del 4% de agua (CNA, 2004).

Asimismo, la relación población-agua se ha venido modificando a través de los años. Si bien puede decirse que, para efectos prácticos, el volumen de agua no se ha modificado, la población sí lo ha hecho y de manera desproporcionada, dando como consecuencia una menor disponibilidad de agua por habitante. En 1970, la disponibilidad de agua por habitante era de 9,880 m<sup>3</sup>/hab y en el año 2000 pasó a 4,708 m<sup>3</sup>/hab, reduciéndose en más de un 50%.

En los últimos años, las presiones ambientales impuestas por el crecimiento de la población, la urbanización y la industrialización, se han convertido en un importante tema de interés nacional. Las demandas impuestas a las reservas finitas de agua representan una amenaza, tanto para la cantidad como para la calidad de un recurso natural básico para toda clase de actividades sociales y económicas (CNA, 2004).

México es un extenso país con una gran diversidad de accidentes topográficos y cuyos recursos naturales son el eje en torno al cual gira su creciente economía. La Sierra Madre Oriental, por un lado, desciende gradualmente hasta las planicies de la costa del Golfo de México, mientras que la Sierra Madre Occidental termina más abruptamente antes del Golfo de California (conocido como Mar de Cortés) y el Océano Pacífico. Las riquezas naturales de este país son un componente crítico para el crecimiento de la economía mexicana (CNA, 2000).

Los ciudadanos mexicanos están experimentando enormes mejoras en su calidad de vida, como resultado de la diversificada y creciente economía. Según la Organización Mundial de la Salud, por ejemplo, el porcentaje de mexicanos que viven en las ciudades con acceso a servicios de agua potable y alcantarillado, aumentó de un 50% en 1980 al casi 100% en 1988. Las autoridades mexicanas, desde el nivel federal hasta el nivel municipal, son las primeras en señalar, sin embargo, los perjuicios que este crecimiento también han acarreado. En el Distrito Federal, el 70% de los niños tienen un nivel de plomo en la

sangre que sobrepasa las normas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (US EPA, 1999).

Tanto los ciudadanos como los gobiernos están conscientes de las consecuencias negativas de la industrialización y urbanización sobre la salud pública y el medio ambiente, por lo que se está reevaluando el actual rumbo hacia el desarrollo sustentable y, de esa manera reenfocar y armonizar las metas del desarrollo económico y la protección ambiental.

Las naciones que protegen la salud pública y los ecosistemas y que promueven el desarrollo económico, deben tener en cuenta los posibles riesgos, costos y beneficios al momento de tomar decisiones. Para esto se requiere un enfoque integral para el manejo ambiental, que considere los riesgos a la salud humana y a los ecosistemas, así como la factibilidad y la eficacia de las estrategias para el manejo de riesgos. Con un enfoque integral, se podrá considerar el riesgo relativo de los problemas ambientales e identificar las estrategias más eficaces para lograr la meta del control de la contaminación, ya que ésta amenaza la salud de la población, el ecosistema y el crecimiento económico.

## **I.2. Control de la contaminación del agua, salud pública y protección del entorno ambiental**

Las enfermedades de origen hídrico son la principal causa de muertes, problema de salud y menor productividad en todo el mundo.

Algunas de las primeras medidas para mejorar el medio ambiente, fueron tomadas para contrarrestar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. El tratamiento del agua para hacerla potable y el control de la contaminación que genera la disposición de las aguas residuales, junto con el progreso en el campo de la salud, son algunas de las principales razones de la pronunciada reducción en el número de muertes por enfermedades transmitidas por el agua. Esta misma tendencia se puede observar en todo el mundo a medida que en diferentes países, se adoptan estrategias para el control de la contaminación del agua.

Actualmente se pueden identificar, basándose en la experiencia, los problemas causados al ecosistema cuando no se tienen en cuenta las consecuencias de las acciones humanas. En muchos casos, el daño al ecosistema ha hecho fracasar a algunas empresas y ha desestabilizado la economía en muchas regiones. Ejemplo de ello, es la bioacumulación de metales pesados y compuesto orgánicos persistentes de origen sintético, lo cual ocurre a niveles superiores de la cadena trófica. Cuanto más alto está un organismo en dicha cadena, mayor será el riesgo de exposición al contaminante. Por ejemplo, el proyecto para la calidad del agua de la región de los Grandes Lagos entre Estados Unidos y Canadá, al reconocer el impacto de contaminantes como el mercurio y el DDT sobre la fauna y flora silvestre, han abogado por imponer límites permisibles a los contaminantes, para evitar así los efectos de la bioacumulación. Según estudios llevados a cabo en Japón, Rusia, Irak y otros países, las personas que consumen productos que fueron cosechados en suelos contaminados y pescado proveniente de aguas contaminadas, corren un mayor riesgo de contraer enfermedades o de una muerte prematura (CNA, 2000).

## **I.3. Control de la contaminación del agua y crecimiento económico**

El crecimiento económico sostenible significa que las decisiones se hacen tomando en cuenta al medio ambiente, manteniendo así la base de los recursos naturales de la economía. Al proceder de esta manera, se protege la salud de la población y el ecosistema, y se invierte en el futuro económico del país.

Todas las industrias han podido comprobar que el dinero que se invierte en la implantación de técnicas de prevención de la contaminación o para el uso de tecnologías de producción menos contaminantes, se recupera; ya que a corto o mediano plazo se ahorra en materias primas, agua y energía. Al reducir la cantidad de desechos, además, se gasta menos en su eliminación y disposición final. Dichas industrias tienen también, menos tendencia a violar las normas ambientales vigentes.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales por lo general están diseñadas para depurar las aguas residuales de origen doméstico. Las aguas residuales de origen industrial y comercial, muchas veces contienen contaminantes que son incompatibles con los procesos de esas plantas de tratamiento. La red de drenaje de un sistema de alcantarillado, cuya función es recibir y conducir las aguas residuales hasta la PTARM; por ejemplo, puede obstruirse o corroerse debido a descargas de instalaciones comerciales o industriales, acortando así la vida útil de esta necesaria y valiosa infraestructura.

El “reúso” (reutilización) del agua dentro de la industria, junto con el control de la contaminación, beneficia en forma directa tanto a la industria como a la comunidad, ya que protege la fuente de abastecimiento de agua útil a largo plazo, al reducir la demanda industrial y comercial extendiendo la disponibilidad de este estratégico recurso.

El reúso de agua con fin industrial, coadyuva a reducir el consumo de agua dulce y el uso de la materia prima aprovechable removida del agua residual al ser tratada, ayuda a reducir el costo por la adquisición de nuevas materias primas. El control de la contaminación mejora la eficiencia y la imagen pública de las empresas industriales, comerciales y/o de servicios, además de proteger el entorno ambiental y la salud pública.

Existen muchos ejemplos de medidas para el control de la contaminación, que son de bajo o nulo costo cuando son implantadas. Algunas mejoran tanto en la eficiencia productiva, que lo que se ahorra en materiales, energía y agua, con el correr del tiempo, se amortiza la compra, suministro, instalación, operación y mantenimiento de los equipos para el pretratamiento.

Las diferencias en la disponibilidad de agua a nivel de continentes también se reflejan a nivel de nuestro país. En el Noroeste, Norte y Centro de México se registra el 32% del escurrimiento de agua y se concentra el 77% de la población nacional; en contraste, en el Sureste se registra el 68% del escurrimiento y vive el 23% de la población nacional. La Figura I.1 muestra un mapa de México que despliega la comparación entre el desarrollo económico y la disponibilidad del agua (CNA, 2005).

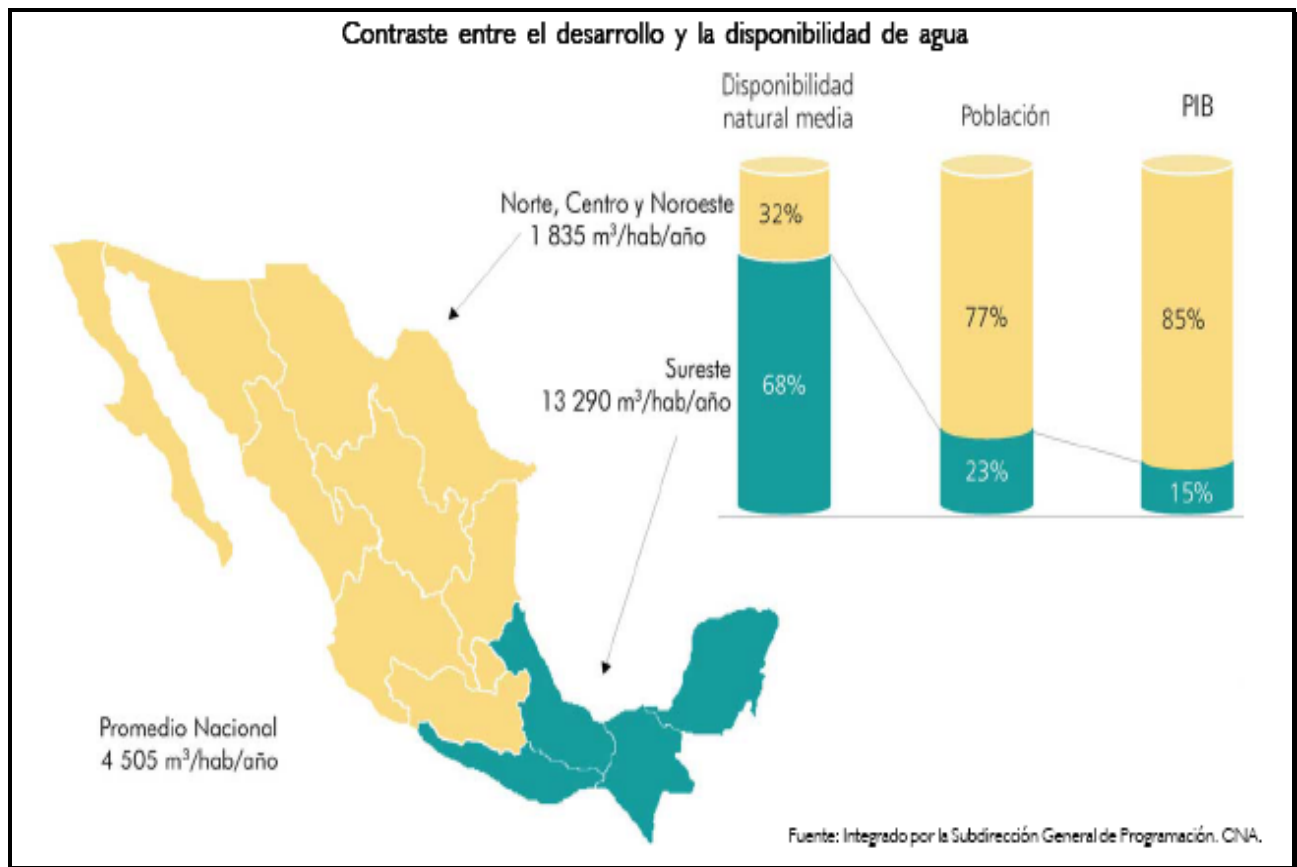


Figura I.1. Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad del agua dulce en México (CNA, 2005)

## 1.4. Objetivos generales

Diseñar e implementar la metodología ad hoc requerida, para establecer un programa de control de descargas al sistema de alcantarillado, para la Zona Urbana de la Ciudad de Culiacán.

### 1.4.1. Objetivos específicos

a) Diseñar los métodos, procedimientos técnicos y administrativos, para establecer un programa de control de descargas al sistema de alcantarillado para la Zona Urbana de la Ciudad de Culiacán; cuya parte central sea la vigilancia y el cumplimiento de la norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996.

b) Diseñar y elaborar una metodología para establecer un programa de control de descargas standard, que sirva como trabajo de referencia para ciudades con características similares a las que posee la Cd de Culiacán

## I.5. Alcances de la implantación de un PCD

La implantación de un PCD consiste en una serie de actividades previamente planeadas, programadas y ejecutadas con un orden y secuencia determinada, con el objeto de regular la calidad de las aguas residuales diferentes a las de tipo doméstico y/o pluvial que son vertidas a un sistema de alcantarillado local.

Un programa de este tipo, es un elemento esencial para el control de la contaminación del agua. En otros países, a este tipo de programas se les denomina “Programas de pretratamiento”; es decir, un programa que establece los niveles de reducción de los contaminantes con los que los usuarios deben cumplir, para asegurar la calidad de agua requerida que permita la conservación y la óptima operación del sistema de alcantarillado local y la PTARM y, por ende, el cuidado del medio ambiente y la salud pública, al dar cumplimiento con la normatividad vigente en la materia. Un PCD, no solamente promueve la instalación de sistemas de pretratamiento, sino que hace uso de todas las herramientas disponibles para reducir la presencia de contaminantes en el sistema de alcantarillado de la manera más económica posible. Éstas herramientas, se refieren principalmente a programas de reducción de contaminantes en fuentes específicas, reciclaje de agua y materiales y reúso de agua residual tratada. En su concepción más amplia, un PCD debe entenderse como un programa con una visión integral de control de la contaminación y uso eficiente del agua. En la siguiente figura (Figura I.2) se muestran los componentes básicos de un PCD.

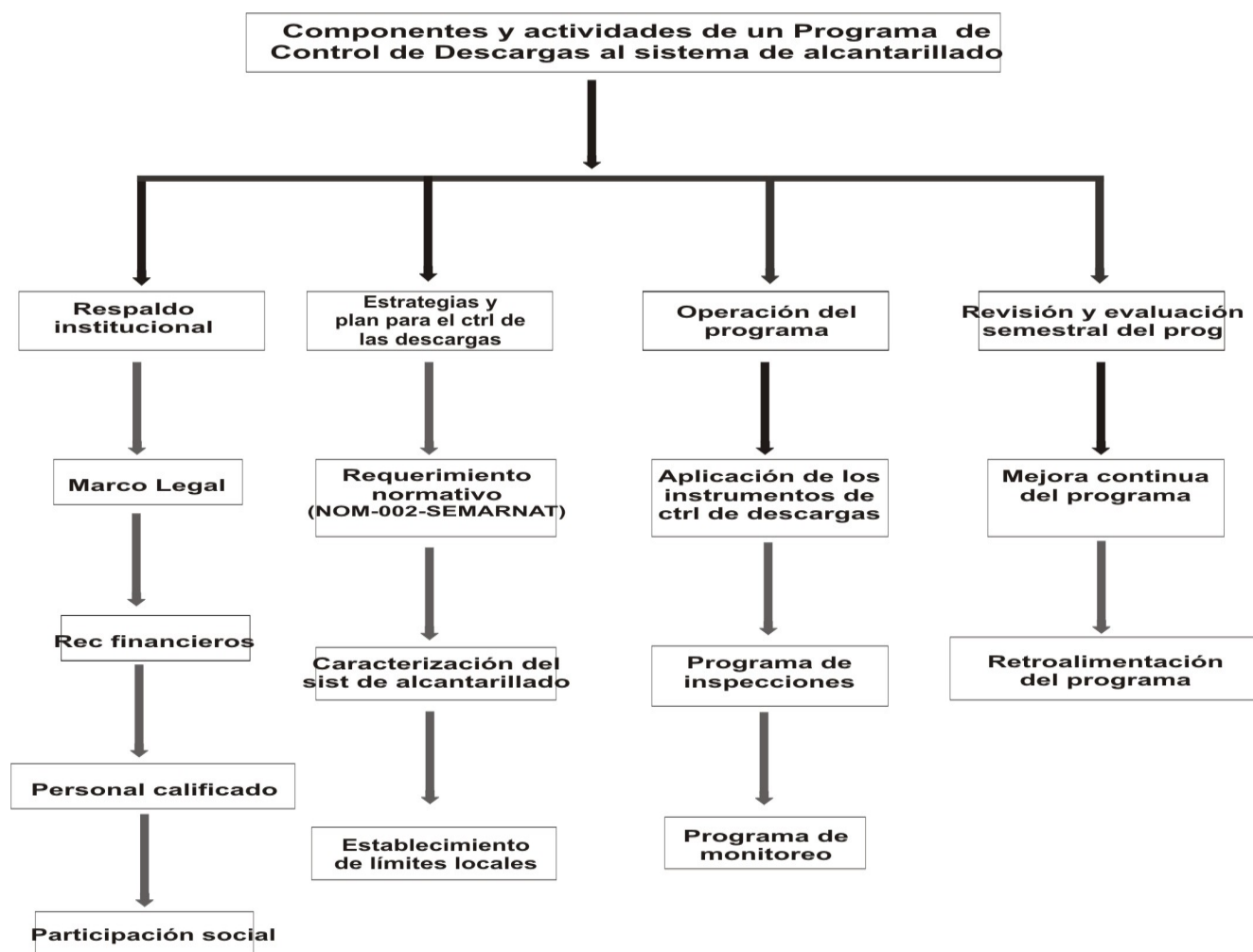


Figura I.2. Componentes básicos de un PCD (CNA, 2000)

Posteriormente, en el Capítulo III se establecen los objetivos específicos de esta investigación (numeral III.3).

## I.6. Campo de aplicación y beneficios que genera la implantación del PCD

Este tipo de programas regula básicamente a los usuarios del sistema de alcantarillado local, cuyas descargas de aguas residuales generadas provienen de instalaciones industriales, comerciales o que ofrecen algún tipo de servicio. En el caso de las aguas residuales que generan las casas habitación, éstas están consideradas fuera del programa, ya que la calidad y el volumen de este tipo de descargas es bien conocido, siempre y cuando en las fuentes generadoras no se realicen actividades diferentes a la de su naturaleza, que puedan potencialmente descargar contaminantes con algún efecto adverso. En la siguiente figura (Figura I.3), se muestra la zona urbana de una ciudad, su zona industrial, su correspondiente PTARM y el cuerpo de agua receptor final.

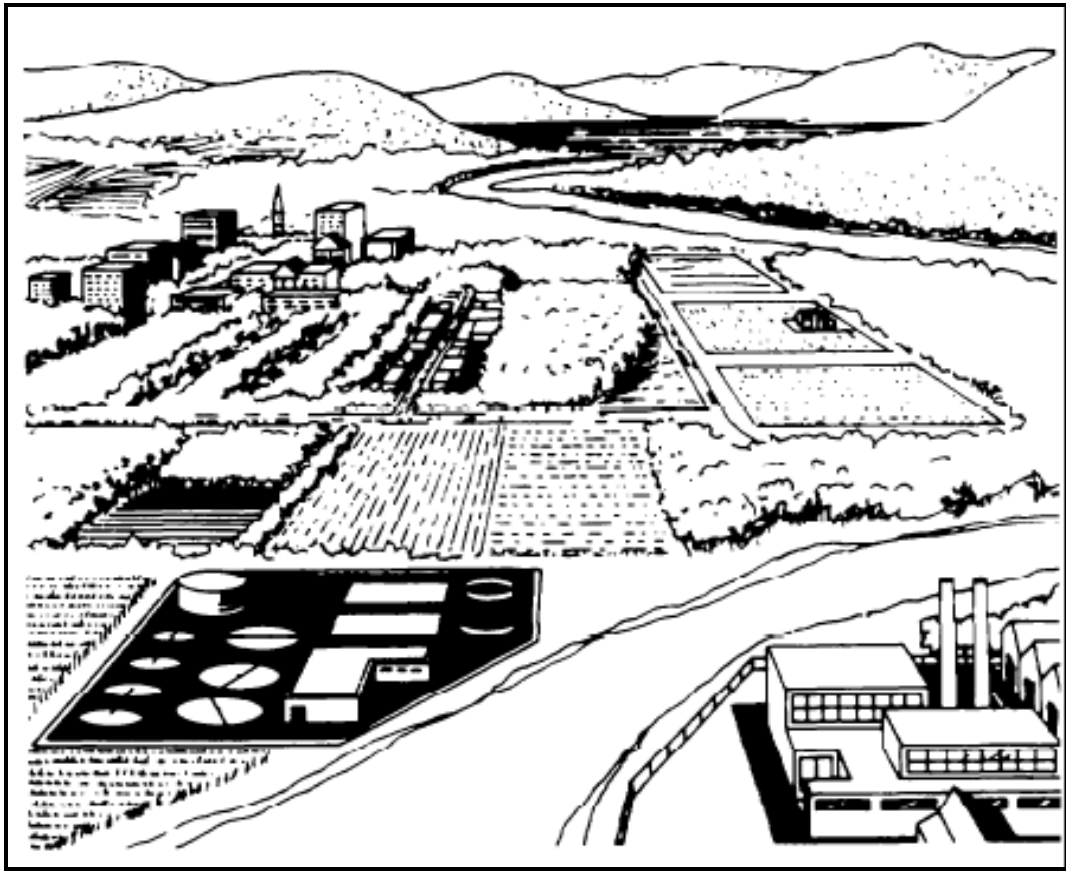


Figura I.3. Zona urbana de una ciudad, zona industrial, PTARM y cuerpo de agua receptor final (US EPA, 1983)

La implantación de este tipo de programas, genera un círculo virtuoso con la obtención de beneficios inmediatos y de mediano plazo, los cuales principalmente son:

- 1.- Control de la contaminación y cabal cumplimiento con la normatividad vigente en la materia.
- 2.- Correcta operación y mantenimiento y una reducción significativa de los costos correspondientes, tanto del sistema de alcantarillado local como para la PTARM.



## **II INTRODUCCIÓN AL MARCO TEÓRICO**

### **II.1. El papel del pretratamiento de las aguas residuales, en el control de la contaminación**

#### **II.1.1. El significado del pretratamiento**

El pretratamiento es una medida importante para remover o reducir los niveles de concentración de los contaminantes descargados a un sistema de alcantarillado municipal por diferentes fuentes. El término pretratamiento tiene diferentes connotaciones en el contexto de la protección ambiental.

1.- El término se puede aplicar al uso de tecnología para remover los contaminantes de las aguas residuales generadas en una instalación, antes de ser descargados al sistema de alcantarillado.

2.- También se denomina como pretratamiento, al conjunto de medidas para la prevención de la contaminación que la instalación implante, con el fin de evitar el contacto entre los contaminantes y las descargas de aguas residuales; reduciendo con ello la concentración de los mismos en dichos efluentes. Un ejemplo de esto, podría ser el de barrer las virutas metálicas antes de lavar el piso de una instalación al final de un día de trabajo. Este tipo de prácticas, son consideradas como las formas más básicas de prevención de la contaminación.

3.- El significado del término pretratamiento en el presente documento, se entenderá como un programa de protección ambiental diseñado e implantado para controlar las descargas de aguas residuales que difieran de la de tipo doméstico o pluvial, antes de su vertido al sistema de alcantarillado municipal.

#### **II.1.2. Significado ambiental de los contaminantes comúnmente presentes en las aguas residuales**

Las fuentes de las descargas de aguas residuales pueden ser domésticas, industriales, comerciales y/o de servicios; las cuales presentan diferentes tipos de contaminantes.

Entre los contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas, se encuentran los siguientes (CNA, 2000):

##### *Demanda bioquímica de oxígeno*

Este término se refiere a la tendencia de los microorganismos presentes a usar el oxígeno disuelto en los cuerpos de agua receptores, usando como nutrientes los contaminantes biodegradables de las aguas residuales. Si disminuye demasiado la concentración de oxígeno disuelto, se podría poner en peligro a los peces y otras formas de vida aerobia en las aguas receptoras, por lo que las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, están diseñadas principalmente para remover este tipo de contaminantes.

### *Sólidos suspendidos totales*

Este parámetro es una medida de la concentración de partículas sólidas que están en suspensión en las aguas residuales. Los sólidos en suspensión reducen la profundidad y la intensidad de la penetración de la luz solar, afectando con ello que no se dé la fotosíntesis de microalgas y otros organismos requeridos por el cuerpo de agua receptor.

### *Coliformes fecales*

Las bacterias coliformes fecales, se encuentran en el tracto digestivo de humanos y otros animales de sangre caliente de manera natural. Su presencia en el cuerpo de agua receptor indica la posibilidad de que existan microorganismos que pueden causar enfermedades entéricas, tales como protozoarios de disentería, la bacteria del vibrión colérico, Shigella, Salmonella y otros. Los coliformes fecales, dado que son detectados más fácilmente que el resto de las enterobacterias patógenas, son usados como indicador de riesgo a la salud.

### *Potencial hidrógeno*

El potencial hidrógeno es una medida del nivel de acidez y alcalinidad de las aguas residuales, el cual se mide con una escala de 1.0 a 14.0. La mayor parte de los cuerpos de aguas superficiales, tienen un valor de potencial hidrógeno cercano a 7.0. Muchas especies acuáticas no se desarrollarían o morirían si el valor de este parámetro en su hábitat cambiara aunque sea muy poco.

### *Grasas y aceites*

Estos contaminantes interfieren con los procesos biológicos aerobios de tratamiento de aguas residuales y empeoran la calidad de las aguas receptoras cuando existen en concentraciones elevadas; ya que este contaminante reduce la transferencia de oxígeno atmosférico en la interfase líquido-gas.

### *Nutrientes*

Los nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, son contaminantes que pueden afectar la calidad del agua del cuerpo receptor. Los mismos pueden tener efectos directos observados en la vida acuática o pueden estimular la proliferación de algas y maleza acuática, lo que puede acelerar el proceso de eutrofización de las aguas del cuerpo receptor.

### *Contaminantes orgánicos*

Entre estos contaminantes se encuentran disolventes orgánicos, benceno y sus derivados, entre otros. Algunos de ellos son letales para la fauna acuática en la proporción de una parte de contaminante en un millón de partes de agua.

## *Metales*

El tipo de metales y sus derivados de mayor relevancia por su impacto directo o indirecto en el ambiente y salud pública, son los metales conocidos como pesados. Entre ellos están el plomo, mercurio, cromo, arsénico y cadmio. La mayoría de estos metales no tienen un efecto letal inmediato, pero se pueden bioacumular en los órganos vitales de los organismos superiores incluyendo al hombre, originando con ello problemas de salud.

## *Otros contaminantes*

El asbesto y el cianuro son otros dos contaminantes tóxicos inorgánicos que se encuentran frecuentemente en las aguas residuales de algunos giros industriales.

## **II.2. Definición y tipos de sistemas de alcantarillado municipales**

El nivel o grado de tratamiento de las aguas residuales municipales, puede variar de nulo hasta un tratamiento terciario complejo. Algunas comunidades no tienen ningún tipo de sistema de alcantarillado, mientras que en otras el mismo simplemente colecta las aguas residuales y las descarga a las aguas receptoras sin tratamiento alguno (CNA, 2000).

1.- Los sistemas de alcantarillado si existen, consisten de una red de drenaje, pozos de visita, subcolectores, colectores y estaciones de bombeo con su correspondiente equipo electromecánico, que colectan y transportan las aguas residuales desde su fuente hasta su punto de disposición final o tratamiento. Entre los materiales que se usan comúnmente en la construcción de las redes de drenaje, están las tuberías de hierro dúctil, acero, asbesto-cemento, cloruro de polivinilo y polietileno de alta densidad.

2.- Los sistemas de alcantarillado pueden ser combinados o segregados. Mientras que los combinados recolectan y transportan aguas residuales y de lluvia, en los separados o segregados estos dos tipos de aguas son transportadas por diferentes sistemas. Los sistemas combinados son más comunes en los centros urbanos más antiguos, pero están siendo reemplazados a medida que dichas ciudades siguen creciendo. Entre las desventajas que presentan los sistemas combinados, está la sobrecarga hidráulica de los mismos y de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

3.- Los sistemas de alcantarillado, por lo general, están diseñados para recolectar las aguas residuales de origen doméstico, y no para las de origen industrial que pueden contener una variedad de contaminantes incompatibles. De allí que los desechos industriales pueden deteriorar a dicha infraestructura, elevando los costos de su operación y mantenimiento. Algunas industrias, por ejemplo, descargan sus aguas residuales con un bajo valor de potencial hidrógeno que puede corroer las tuberías de la red de drenaje (Tabla II.1). Asimismo, las descargas de sólidos pueden obstruir la red de drenaje, causando con ello el derrame o desbordamiento de éstas aguas residuales en los pozos de visita.

<b>Tabla II.1. Principales efectos corrosivos de los contaminantes más frecuentes en las aguas residuales (adaptado de US EPA, 1987)</b>	
<b>Contaminante</b>	<b>Efecto</b>
Desechos con pH < 5.0	Afecta al concreto, asbesto-cemento y cemento; disolviendo los compuestos de calcio
Desechos con pH > 10.0	A pH 13 se incrementa la corrosión del hierro, acero y de otros tipos de materiales, pero también se favorece la formación de películas con depósitos inorgánicos que retarda el proceso de corrosión
Sulfuros	Son la principal causa de la corrosión, ya sea que se descarguen directamente o se formen vía biológica por la reducción de sulfatos por bacterias anaerobias sulforreductoras.  En los espacios libres de las tuberías, el sulfuro de hidrógeno es oxidado biológicamente transformándose a ácido sulfúrico, el cual corroe el hierro, acero, concreto y asbesto-cemento
Material arenoso	Ejerce un efecto abrasivo en las paredes de las tuberías
Salas disueltas	Favorecen la corrosión de metales al ejercer un efecto electrolítico
Compuestos orgánicos	Actúan como solventes de materiales plásticos de juntas, empaques y cubiertas y otros accesorios comúnmente instalados en una red de drenaje

### **II.3. Problemas en las PTARM**

La descarga de contaminantes tóxicos a cualquier sistema de alcantarillado, puede causar varios problemas aunque existan las plantas de tratamiento municipales. Como éstas no están diseñadas para remover dichos contaminantes, estos pueden interferir con los procesos de tratamiento, volatilizar al aire, incorporarse al lodo residual generado por el tratamiento o no ser removidos para descargarse finalmente al cuerpo de agua receptor y acumularse en los sedimentos y en la cadena alimenticia acuática y/o causar efectos adversos en flora y fauna.

En el caso de una PTARM con tratamiento biológico, el impacto por la presencia de altas concentraciones de contaminantes tóxicos, pueden causar daños severos, ya que ello afectaría al consorcio microbiano. Dado que estos consorcios son los que realizan el trabajo de biodegradación, podría incluso inhibirse por completo la remoción vía biológica de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Esto, obviamente, tiene efectos adversos inmediatos en el medio ambiente. Esto implica la necesidad de implantar las medidas emergentes para reestablecer la operación normal de la PTARM, así como la erogación de recursos financieros por pago de multas o sanciones debido al incumplimiento con la normatividad vigente en la materia.

El paso y vertido de estos contaminantes pueden, además, ser causa de que el agua receptora final no pueda ser usada con fines público-urbano o usada para el esparcimiento y recreación. Por ello, el control de las fuentes contaminantes a través del pretratamiento, entre otras medidas, es esencial para proteger el medio ambiente y por ende la salud pública (US EPA, 1999). Así mismo, el lodo que se genera durante el tratamiento de las aguas residuales es un subproducto rico en materia orgánica y nutrientes, como el nitrógeno, por lo que se puede usar como mejorador de suelos con vocación agrícola o forestal. Sin embargo, los contaminantes presentes en las aguas residuales como los metales pesados, pueden integrarse en el lodo, inhabilitándolo para todo uso agrícola posterior, incrementando con ello los riesgos de contaminar las aguas subterráneas de manera puntual.

## **II.4. Salud laboral y seguridad de los trabajadores**

Las descargas de agua residuales, en especial las de fuentes industriales, pueden generar emisión de gases tóxicos, afectando directamente la salud y seguridad de los trabajadores que operan y mantienen tanto el sistema de alcantarillado como las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Es probable que esto ocurra cuando desechos altamente ácidos al ser vertidos, lleguen a combinarse químicamente con otros desechos bajo ciertas condiciones, dando lugar a la generación de este tipo de gases tóxicos. Los desechos que originan los procesos de galvanización o electroplastia, por ejemplo, frecuentemente contienen vestigios de cianuro. Si estos desechos se combinaran con aguas residuales ácidas, podría ocurrir una reacción química que resulte en la formación de cianuro de hidrógeno o ácido cianhídrico, gas altamente tóxico. De la misma manera, los sulfuros que vierten las curtidorías, en combinación con aguas residuales ácidas, pueden dar lugar al sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico, gas que por arriba de un cierto valor de concentración resulta letal. Por esta razón y otras más, la implantación de un programa de pretratamiento o de control de descargas local, reduce significativamente estos riesgos, al vigilar y controlar el vertido de dichos contaminantes al sistema de alcantarillado municipal (US EPA, 1999).

### **II.4.1. Reducción del riesgo de explosiones**

Algunos solventes y otros desechos como hidrocarburos o derivados de ellos altamente explosivos, pueden ser potencialmente descargados al sistema del alcantarillado municipal por giros industriales o de servicios, incrementando con ello el riesgo de explosiones y sus consecuentes daños directos e inmediatos a la infraestructura del sistema de alcantarillado, trabajadores que operan y mantienen a dicho sistema, así como a la PTARM (US EPA, 1999).

### **II.4.2. Atmósferas explosivas**

El peligro de explosión o de incendio en un sistema de alcantarillado municipal, es la amenaza potencial más grande asociada con el manejo inadecuado de sustancias o desechos peligrosos. Diversas fuentes que podrían verter sustancias explosivas incluyen fugas en tanques subterráneos para almacenamiento, derrames accidentales provenientes de algún proceso en alguna instalación o materiales de desecho que, finalmente, tiene como destino el sistema de alcantarillado municipal y/o la PTARM.

La gasolina es el hidrocarburo inflamable más común en un sistema de alcantarillado municipal. Las fuentes que normalmente infiltran a la red de alcantarillado son, en su mayoría, fugas de tanques de almacenamiento subterráneos y descargas o derrames accidentales de gasolineras y estaciones de servicio. La gasolina es más ligera que el agua, por lo que flota sobre la superficie de ésta, emitiendo y dispersando vapores en la atmósfera confinada del sistema de alcantarillado. Se requiere muy poca cantidad de gasolina para generar una atmósfera explosiva en un espacio cerrado (CNA, 2000).

El biogás metano es el gas inflamable más común en el sistema de alcantarillado municipal, ya que es producto de la descomposición microbiológica de la materia orgánica

presente en el agua residual en ausencia de oxígeno molecular. Asimismo, el metano es componente primario del gas natural. Una fuga en una tubería subterránea para suministro de gas natural, puede infiltrarse fácilmente al sistema de alcantarillado municipal.

Como se recordará, en abril de 1992, una sección de la ciudad de Guadalajara, en el Estado de Jalisco, fue sacudida por una serie de explosiones causadas por una pérdida de gasolina de una tubería de distribución que infiltró la red de alcantarillado local (SIAPA, 1999). Una vez que se había acumulado suficiente vapor de gasolina en un colector, una fuente de calor desconocida exterior provocó la explosión. Se determinó que la fuga de una tubería de PEMEX, fue la causa de las explosiones del 22 de abril de 1992 en dicha ciudad, causando 191 muertes y daños materiales de más de 300 millones de dólares (Figs. II.1 y 2).



Figura II.1. Daños ocasionados a viviendas como consecuencias de las explosiones (SIAPA, 1999)



Figura II.2. Daños ocasionados a calles como consecuencia de las explosiones (SIAPA, 1999)

Por lo anterior, la implantación de un programa de pretratamiento o de control de descargas al sistema de alcantarillado municipal, es el instrumento necesario para exigir a las instalaciones industriales, comerciales y de servicios que elaboren sus planes de contingencia si éstos son requeridos, estableciendo las medidas de mitigación necesarias para cada caso particular, para el caso de derrames accidentales de sustancias y/o desechos peligrosos a la red de drenaje. Lo anterior, debe ser una condición necesaria e ineludible, para el buen uso del sistema de alcantarillado municipal.

## **II.5. Transporte y destino de los contaminantes en los sistemas de alcantarillado municipal y PTARM**

### **II.5.1. Panorama general sobre el principal destino de los contaminantes y los procesos de transporte**

El destino de un contaminante después de que ha sido descargado al sistema de alcantarillado municipal, está gobernado por los mecanismos de transporte y transformación.

El transporte y la transformación de estos contaminantes están directamente relacionados con sus propiedades fisicoquímicas. Las propiedades fisicoquímicas son características físicas y químicas intrínsecas que gobiernan la transferencia de un contaminante de un

medio a otro. Éstas propiedades fisicoquímicas, tales como solubilidad en agua, peso molecular y presión de vapor, son factores dominantes en el transporte de los contaminantes y en los procesos de transformación que se dan en el sistema de alcantarillado municipal y PTARM. Generalmente, los contaminantes que entran a un sistema de alcantarillado tienen cuatro destinos principales dentro del mismo y la PTARM.

Estos destinos incluyen: volatilización, adsorción y absorción en partículas y degradación biológica. Si los contaminantes no son transportados o transformados por medio de uno de estos procesos aparecerán en el efluente de la PTARM. Las aguas residuales y los contaminantes presentes en ellas, pueden también contaminar de forma puntual las aguas subterráneas subyacentes, debido a infiltraciones en las tuberías en mal estado de la red de alcantarillado (Fig. II.3).



Figura II.3. Posibles impactos adversos por el vertido de contaminantes incompatibles al sistema de alcantarillado municipal y PTARM (CNA, 2003)

## II.5.2. Destinos dominantes de los contaminantes en los sistemas de alcantarillado

### *Compuestos orgánicos volátiles (COV)*

El transporte y destino de este tipo de contaminantes en un sistema de alcantarillado, no han sido estudiados en forma extensa. Varios factores gobiernan el destino de estos contaminantes que incluyen: transferencia del contaminante en la interfase gas-líquido entre las aguas residuales y la atmósfera del sistema de alcantarillado, biodegradación, adsorción en las partículas sólidas y películas biológicamente activas adheridas a las paredes internas de las tuberías de la red de alcantarillado, absorción en líquidos inmiscibles tales como aceites de petróleo y transformaciones químicas tales como la hidrólisis y la oxidación. Estudios recientes en los Estados Unidos de América han

documentado la emisión de compuestos orgánicos volátiles hacia la atmósfera, en varios puntos de un sistema de alcantarillado municipal, especialmente en las estaciones de bombeo para aguas residuales, pozos de registro o de visita y en otras estructuras abiertas a la atmósfera.

### *Metales*

Los metales pueden estar disueltos o suspendidos en el agua residual. Los metales adsorbidos, pueden depositarse con los sólidos en el sistema de alcantarillado durante los períodos de caudales bajos y ser resuspendidos y transportados a la PTARM durante los períodos de caudales altos (CNA, 2000).

### **II.5.3. Destinos dominantes de los contaminantes en las PTARM**

Los contaminantes que entran a la PTARM con el gasto influente, tienen varios destinos posibles, incluyendo: degradación (ya sea física, química o biológica), volatilización al aire atmosférico, descarga en el efluente e incorporación en los lodos generados (CNA, 2000).

### *Compuestos orgánicos volátiles*

Las dos rutas principales de los compuestos orgánicos volátiles, son la biodegradación y la volatilización al aire. La adsorción en las partículas sólidas presentes en el agua residual es despreciable. Los compuestos orgánicos volátiles presentes en los lodos, son degradados vía biológica en los procesos de digestión; sin embargo, ha sido reportada en la bibliografía sobre el tema, la emisión de estos en el desaguado mecánico de lodos estabilizados, indicando con ello que aún pueden estar presentes después del proceso biológico de digestión.

### *Metales*

La principal ruta de los metales en una PTARM, es la incorporación de éstos en los lodos o en la descarga del efluente.



### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **III.1. Requerimiento de la implantación de un PCD (programa de pretratamiento), al sistema de alcantarillado para la zona urbana de la Ciudad de Culiacán, Estado de Sinaloa, México**

##### **III.1.1. Características actuales del sistema de agua potable y alcantarillado de la Ciudad de Culiacán**

La Ciudad de Culiacán cuenta con una población actual de 710,000 habitantes, su clima es semiseco con una temperatura media anual de 24°C (JAPAC, 2005).

Dado su potencial hidráulico, la Ciudad de Culiacán tiene un desarrollo eminentemente agrícola, factor que induce a un fuerte incremento poblacional y, por ende, en una constante demanda de más servicios.

Las principales fuentes de abastecimiento para uso público urbano son los “subvalveos” y las aguas superficiales de los ríos Humaya y Tamazula, cuya confluencia se dan en la ciudad dando origen al río Culiacán. Adicionalmente, el río San Lorenzo sirve también como fuente de abastecimiento de agua, mismo que se ubica en la parte Sureste de esta ciudad; del cual se aprovecha el agua superficial a través de un canal principal de riego denominado San Lorenzo, mismo que deriva de este río.

La Ciudad de Culiacán se abastece de agua para consumo humano por medio de 11 zonas de captación en las que se tienen 41 pozos profundos y 1 galería filtrante, que proporcionan aproximadamente el 50% del agua potable que se distribuye a través de la red (JAPAC, 2005).

El resto del agua potable, se obtiene mediante 6 plantas potabilizadoras cuya capacidad instalada es de 2,324 L/s, suministrando en conjunto un caudal medio de 1,837 L/s (JAPAC, 2005).

Existen 17 tanques de regularización y almacenamiento de agua potable, con una capacidad de 5,370 m<sup>3</sup> y una longitud de redes para agua potable (incluyendo conducciones) de 2,925 km. La cobertura de agua potable en la ciudad es del 99% y en drenaje sanitario alcanza el 94%. Se cuenta con un total de 136,602 tomas de agua potable, de las cuales el 93% corresponde a la categoría doméstica, el 6% a la comercial y el 1% a la industrial y de servicios. Se tienen 178,155 descargas de aguas residuales conectadas a la red del alcantarillado municipal (JAPAC, 2005).

En el ámbito geográfico municipal (Fig III.1), la JAPAC administra 189 localidades, incluyendo la Ciudad de Culiacán. Mismas que representan una población global estimada de 785,627 habitantes (INEGI, delegación Sinaloa, censo 2000).



Figura III.1. Ubicación geográfica del municipio de Culiacán, Estado de Sinaloa, México (JAPAC, 2000)

### III.1.2. Proyecto de saneamiento para la Ciudad de Culiacán, Estado de Sinaloa, México

De acuerdo con los rasgos topohidráulicos de la Ciudad de Culiacán, el sistema de alcantarillado municipal está actualmente constituido por dos subsistemas, zonas o cuencas: la “Norte” y la “Sur”. La Ciudad de Culiacán antes de diciembre del año 2001, descargaba sus aguas residuales sin tratamiento al río Culiacán a través de los dos colectores que sirven a la zona “Norte” de la ciudad (Fig. III.2). Los colectores que corresponden a dicha cuenca son el “Rubí”, localizado en la margen izquierda del río Culiacán y el “Humaya” localizado en la margen derecha del mismo río. Ambos colectores descargaban al río Culiacán desde sus respectivas márgenes.

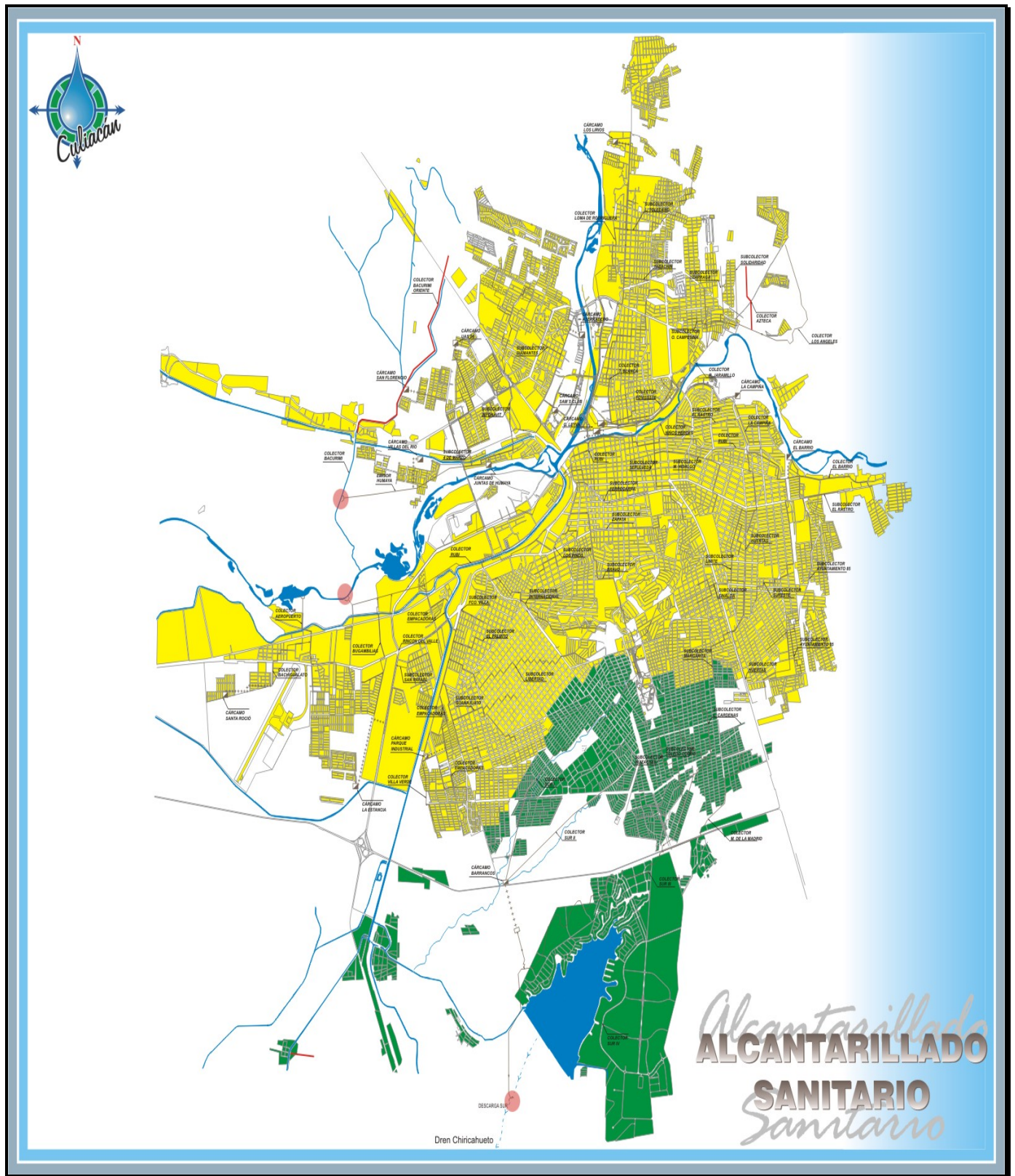


Figura III.2. Plano de la red drenaje local, mostrando la ubicación de las descargas al río Culiacán, antes de diciembre de 1999 (JAPAC, 1999)

Asimismo, el colector que corresponde a la zona “Sur” se denomina “Sur III” y se ubica próximo a la Carretera Internacional al sur de la ciudad, mismo que actualmente sigue descargando sus aguas residuales sin tratamiento al “dren” agrícola Chiricahueto. Sin embargo, a principios del mes de noviembre de 2005, dio inicio el arranque de las obras requeridas para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la zona “Sur”, trabajos que incluye la construcción, equipamiento, puesta en marcha y estabilización de una PTARM con nivel secundario, la cual tendrá una capacidad nominal de 300 L/s como gasto medio, con la tecnología de lodos activados en la modalidad de aeración extendida o prolongada, con la estabilización aerobia de lodos (JAPAC, 2005).

Para resolver el problema del tratamiento de las aguas residuales generadas por la zona “Norte” de la ciudad, expertos del sector gubernamental, académico y privado, de manera conjunta evaluaron a principios del año de 1997 varias alternativas de tecnologías de tratamiento de aguas residuales, con el objeto de hacer la mejor selección. El estudio realizado en ese momento, concluyó que la solución más recomendable para el tratamiento de las aguas residuales, es el tratamiento primario mejorado con uso de coagulante y polímero o tratamiento primario avanzado (JAPAC, 1997). Dentro de las consideraciones que se tomaron en cuenta para dichas evaluaciones, fueron:

- a) Condiciones de disponibilidad de recursos financieros.
- b) Capacidad de pago de la población beneficiada y la factibilidad del cumplimiento con la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, con la mejor relación costo-beneficio.

Las ventajas de mayor impacto que presenta la tecnología de tratamiento seleccionada son (Jiménez B y Ramos J, 1999):

- a) Las aguas residuales tratadas pueden ser reutilizadas con fines de riego agrícola.
- b) El efluente mantiene la materia orgánica soluble, así como el nitrógeno y el fósforo en concentraciones suficientes para la reutilización agrícola, lo que para el tipo de suelos de este país resulta benéfico.
- c) Tecnología de tratamiento fácilmente adaptable a las variaciones de caudal, lo que es de interés para aquellas ciudades en donde el sistema de alcantarillado municipal es del tipo combinado; y
- d) Buena eficiencia de remoción para los huevos de helminto.

Con objeto de proteger la salud pública, contribuir al mejoramiento del entorno ambiental de la ciudad, sanear los cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales crudas y dar cumplimiento con la normatividad vigente en la materia, la JAPAC se abocó al concurso para la elaboración y ejecución del proyecto ejecutivo de ingeniería de diseño, construcción, equipamiento y puesta en marcha de la Planta Norte.

Asociado al proyecto ejecutivo anterior, se realizaron las obras de la prolongación y construcción de colectores, líneas de presión y estaciones de bombeo con sus respectivos equipamientos electromecánicos, así como la tubería de presión-gravedad para conducir

el agua residual cruda hasta la Planta Norte para su posterior vertido al cuerpo receptor final.

Para lograr lo anterior y en el mismo sentido, la JAPAC convocó a las empresas elegibles a participar en la elaboración del proyecto, proyecto ejecutivo de la introducción de servicios, construcción, equipamiento y puesta en marcha de la Planta Norte, con capacidad inicial de 1,700 L/s (primera etapa) con un crecimiento hasta de 2,550 L/s (segunda etapa) considerando un horizonte para el proyecto de 20 años.

El proyecto incluye su operación y mantenimiento durante el mismo período, así como la construcción, equipamiento y puesta en marcha de la prolongación de colectores, líneas de presión y estaciones de bombeo; con la modalidad de inversión privada parcial con apoyo del Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA), fideicomiso constituido en el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos mediante capital subordinado.

### **III.1.2.1 Naturaleza del proyecto**

La ejecución del proyecto se realizará en dos etapas, la primera etapa ya ejecutada, incluyó la construcción, equipamiento y puesta en marcha de la Planta Norte, cuenta con un tratamiento primario avanzado para el agua residual cruda, con capacidad instalada para un gasto medio de 1,700 L/s. Asimismo, la segunda etapa del proyecto incluye el escalamiento de la actual tecnología de tratamiento, a un tratamiento secundario o biológico en base a la tecnología de lodos activados convencionales (JAPAC, 2005).

#### *Ubicación de la Planta Norte*

El predio en donde está ubicada la Planta Norte, se localiza a 7.6 km (6.5 km en línea recta) al noroeste de la Ciudad de Culiacán, en la sindicatura de Culiacancito, municipio de Culiacán, Estado de Sinaloa, México.

El predio de referencia, tiene una superficie de 18 ha, de las cuales se destinarán para únicamente infraestructura de tratamiento (incluye las dos etapas) el 80% de ellas y el resto se destinó para áreas verdes (Fig. III.3).



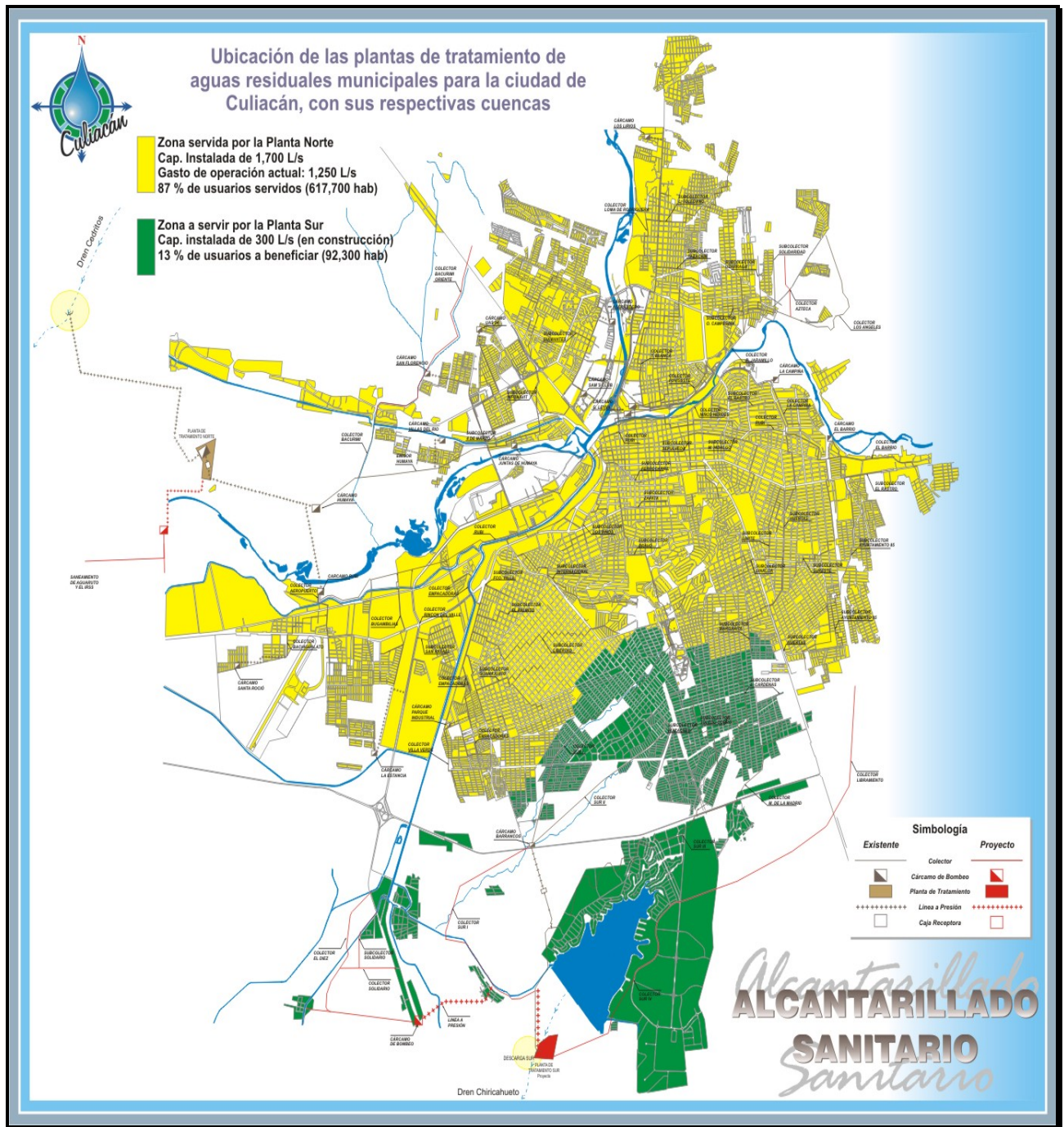
### *Sitio para la disposición final de los lodos estabilizados*

El predio para la disposición final de los lodos estabilizados, se localiza a 8.3 km al noroeste de la Ciudad de Culiacán. El área de la superficie de este predio es de 20 ha, que se destinará en su totalidad para tal fin.

### *Descripción general del proyecto*

El proyecto de saneamiento para la zona “Norte” de la Ciudad de Culiacán, consistió en:

- 1.- Prolongación del colector Rubí (principal) de 1.83 m de diámetro con una longitud de 1,416 m desde su anterior descarga en la margen izquierda del río Culiacán, hasta la actual estación de bombeo de aguas residuales Rubí.
- 2.- Prolongación del colector Humaya de 1.22 m de diámetro, con una longitud de 910 m desde su anterior descarga al “dren” agrícola Bacurimí (afluente al río Culiacán en su margen derecha), hasta la actual estación de bombeo de aguas residuales Humaya.
- 3.- Construcción, equipamiento electromecánico y puesta en operación de las estaciones de bombeo para aguas residuales Rubí y Humaya.
- 4.- Bombeo del agua residual cruda a través de las estaciones de bombeo Rubí y Humaya, con tuberías a presión de 1.42 y 0.76 m de diámetro y longitudes de 2,020 m y 127 m respectivamente, hasta una tubería única de 1.62 m de diámetro con una longitud de 2,380 m, misma línea que conduce el agua residual cruda hasta el canal de llegada de la Planta Norte.
- 5.- Construcción, equipamiento, puesta en marcha, estabilización y operación formal de la Planta Norte.
- 6.- Elevación del agua residual tratada en la Planta Norte, a través de bombas de tornillo y descarga final al “dren” principal Cedritos, por medio de una línea a gravedad de 1.52 m de diámetro y de 4,396 m de longitud (Fig. III.4).



**Figura III.4.** Plano de la Ciudad de Culiacán, que muestra la red de alcantarillado con sus respectivas cuencas Norte y Sur, así como la ubicación de la prolongación de colectores, estaciones de bombeo, Planta Norte y la línea de descarga del agua residual tratada (JAPAC, 2006)



### *Descripción general de los trabajos ejecutados estipulados en el proyecto*

- 1.- Construcción y prolongación de colectores, líneas de presión y estaciones de bombeo y sus respectivos equipamientos y la construcción, equipamiento y puesta en marcha de la Planta Norte, infraestructura que se operará y mantendrá durante los 20 años que tendrá vigencia el contrato de prestación de servicios suscrito entre la JAPAC y la empresa.
- 2.- La capacidad nominal instalada de la Planta Norte es de 1,700 L/s como gasto medio, con un gasto máximo a tratar de 2,750 L/s.
- 3.- La Planta Norte tiene la eficiencia de remover los contaminantes y cumplir con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996, para las descargas a cuerpos receptores "Ríos. Uso en riego agrícola (A)".
- 4.- Los lodos primarios generados, subproducto del tratamiento del agua residual cruda son estabilizados vía biológica a través de degradación anaerobia en condiciones de mesofilia, al grado de cumplir cabalmente con lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-1993. Sin embargo, dado que no existen límites máximos permisibles para el caso de la característica "biológica-infecciosa", esta norma oficial mexicana se complementó en su momento con los requerimientos que establece el apartado 503 título 40 del Código Federal Regulatorio de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA por sus siglas en inglés), para lodos clase B.
- 5.- Revisión y validación en su momento, de los estudios de calidad de las aguas residuales (caracterización) de los colectores Rubí y Humaya, así como los estudios de topografía y geotecnia del predio destinado para la construcción de la Planta Norte.
- 6.- Cálculo y diseño para el dimensionamiento funcional de la Planta Norte, con nivel secundario completo, distinguiendo la parte del tratamiento primario mejorado con coagulantes. El objetivo de este punto, fue para que en el proyecto ejecutivo y durante la construcción, quedarán perfectamente definidos y respetados los espacios para el complemento futuro de esta obra para alcanzar el tratamiento secundario (segunda etapa del proyecto).
- 7.- El cálculo y dimensionamiento funcional de la Planta Norte para el tratamiento secundario, se desarrolló para cumplir con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para la descarga a cuerpos receptores "Ríos. Uso público urbano (B)."
- 8.- Elaboración del proyecto ejecutivo de la Planta Norte, con una capacidad nominal inicial y final de 1,700 y 2,550 L/s como gastos medios respectivamente.
- 9.- La tecnología seleccionada para la Planta Norte, consiste en un tratamiento primario mejorado con coagulantes, desinfección del efluente con cloro gas y tratamiento de lodos mediante espesado, degradación anaerobia en condiciones de mesofilia y desaguado mecánico (Fig III.5).

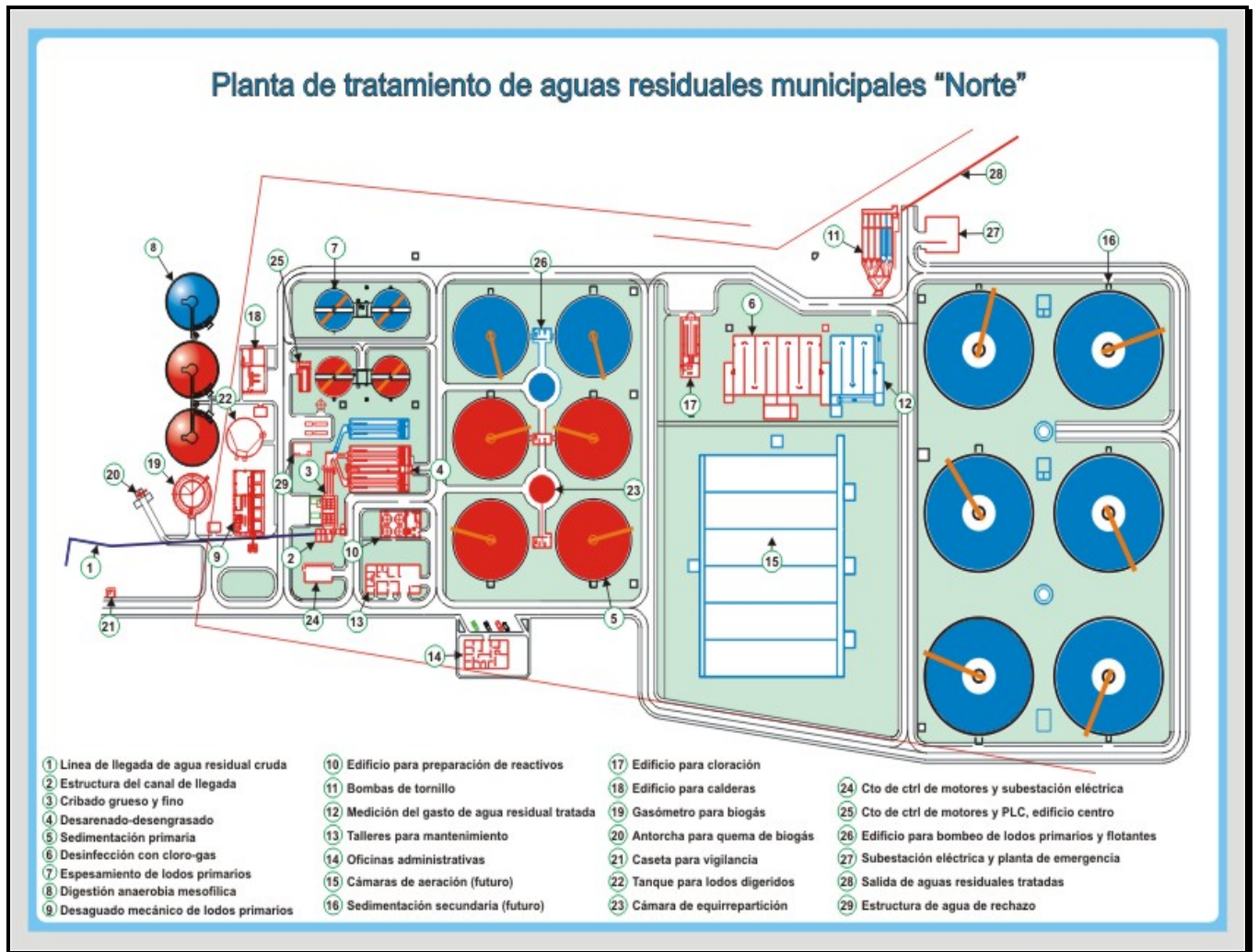


Figura III.5. Plano de arreglo de conjunto de la Planta Norte (JAPAC, 2006)

El efluente de la Planta Norte cumple con lo estipulado en la NOM-001-SEMARNAT-1996, para las descargas a cuerpos receptores "Ríos. Uso en riego agrícola (A)". Calidad que se alcanzó a más tardar al final de la etapa de arranque y estabilización de la Planta Norte, en enero del 2002. Se incluyó el tratamiento, manejo y disposición final de los lodos estabilizados, los cuales cumplen con lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-1993 y CFR 503 de la US EPA para lodos clase B respectivamente.

Los lodos primarios estabilizados, se disponen finalmente en un relleno sanitario que cumple con lo establecido por la NOM-083-SEMARNAT-1996, ubicado en un predio localizado en el ejido denominado La Higuierita, Sindicatura de Culiacancito, Municipio de Culiacán. El relleno se encuentra aproximadamente a 5 km del predio que se destinó para la construcción de la Planta Norte.

Cada 90 días naturales, la empresa entrega a la JAPAC los resultados de un análisis CRETIB de los lodos estabilizados antes de su disposición final, mismo estudio que es realizado por un laboratorio externo acreditado ante EMA AC, con el objeto de verificar su condición de no peligrosidad, el costo de dicho análisis es con cargo a la empresa (JAPAC, 1999).

## Manifestación de impacto ambiental requerida

Debido a las características del proyecto ejecutivo, la SEMARNAT quien fungió como autoridad competente en la materia, consideró en su momento que el nivel de la manifestación de impacto ambiental debía corresponder a la modalidad particular “sector hidráulico, subsector tratamiento de aguas residuales”. El proyecto ejecutivo también implicó la elaboración del estudio de riesgo correspondiente en la modalidad de análisis de riesgo, debido al manejo del gas cloro usado en la desinfección del agua residual y el biogás metano generado en los digestores para lodos (JAPAC, 2000).

### III.1.2.2. Especificaciones técnicas de la Planta Norte

#### III.1.2.2.1 Descripción general del tren de tratamiento para el agua residual

A continuación, se describe el actual tren de proceso de tratamiento para el agua residual, mismo que permite cumplir con la calidad establecida para el efluente de la Planta Norte.

El tratamiento actual para el agua residual cruda, es un tratamiento primario mejorado con coagulante y polímero (Fig. III.6).

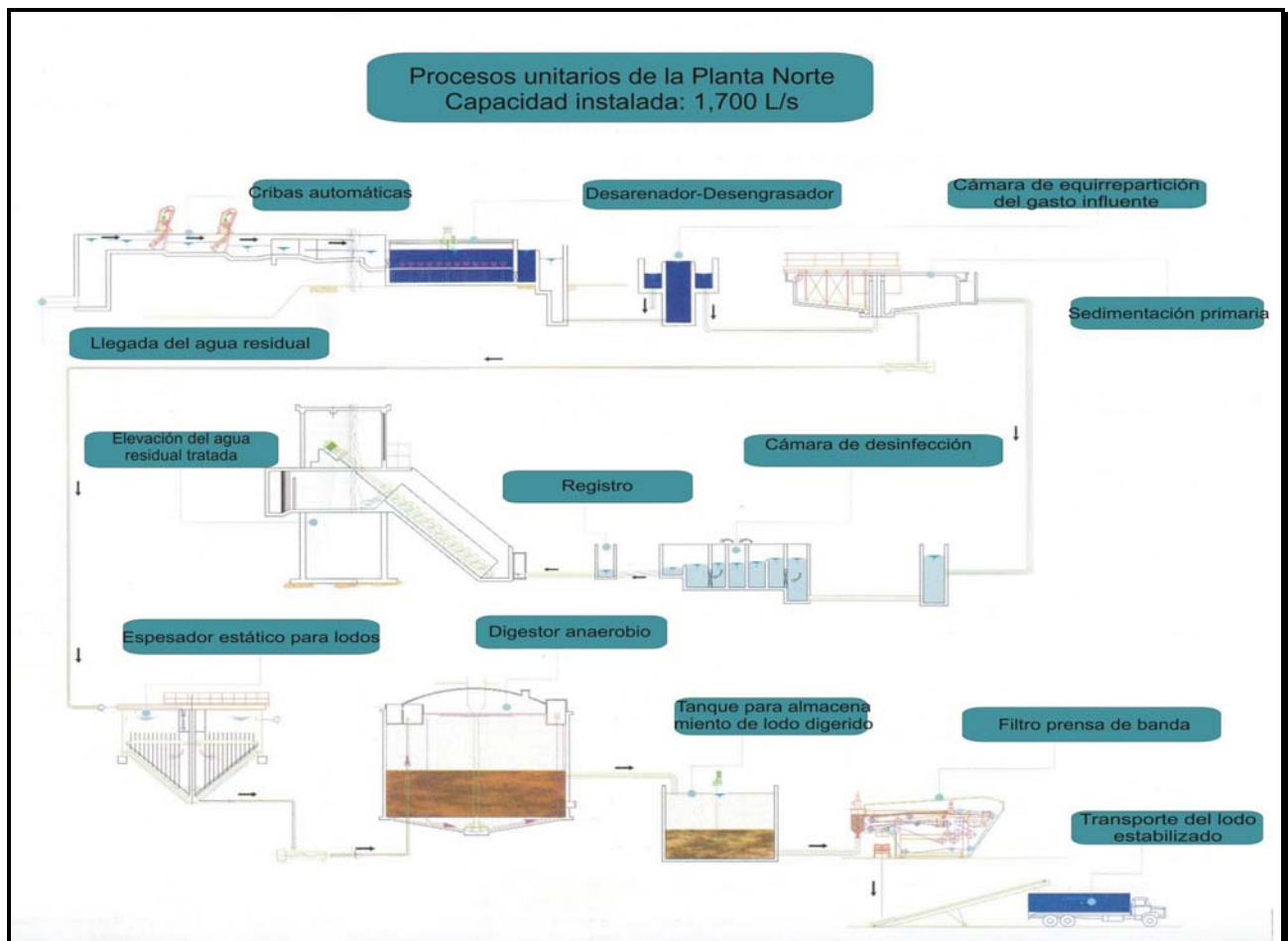


Figura III.6. Operaciones unitarias de la Planta Norte (EMPRESA, 2003)

El tren de tratamiento es el siguiente:

1.- Pretratamiento.

- a) Cribado grueso y fino.
- b) Desarenado y desengrasado aerado.

2.- Sedimentación primaria convencional, mejorada con adición de coagulante (sulfato de aluminio) y polímero aniónico.

3.- Medición ultrásónica del gasto efluente.

4.- Desinfección con cloro gas.

5.- Disposición final del agua residual tratada en el “dren” principal Cedritos.

### **III.1.2.2.2. Descripción general del tren de tratamiento para el lodo**

A continuación, se describe el actual tren de tratamiento para los lodos generados, mismo que permite cumplir con lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-1993 y CFR 503 de la US EPA para lodos tipo “B” (Fig. III.6).

El tren de tratamiento es el siguiente:

1.- Espesado.

2.- Digestión en condiciones de mesofilia.

3.- Desaguado mecánico mediante filtros prensa de banda.

4.- Disposición final del lodo estabilizado y desaguado en el sitio destinado para ello.

## **III.2. Justificación de la implantación y objetivos específicos del PCD local**

### **III.2.1. Calidad de agua acordada para las aguas residuales en el influente de la Planta Norte**

Con objeto de conocer con exactitud la calidad del agua residual que era descargada al río Culiacán a través de los colectores Rubí y Humaya, se inició en enero de 1997 concluyéndose en diciembre del mismo, un programa mensual para el seguimiento monitorio de la calidad de las aguas residuales que en ese momento se estaban descargando sin tratamiento alguno; incluyendo la medición de los gastos de las descargas. Dichos trabajos de caracterización se realizaron con estricto apego a lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (JAPAC, 1997).

Dichos trabajos de caracterización demostraron que la calidad del agua residual que genera la zona Norte de la ciudad, corresponde a una calidad de agua residual predominantemente de tipo doméstica, con la excepción del parámetro de grasas y

aceites, cuyos valores de concentración obtenidos como promedios mensuales, fueron del orden de 100 mg/L. Lo anterior, obligó a la JAPAC al compromiso y logro de la reducción paulatina de la concentración de dicho parámetro hasta los valores acordados, a través de la vigilancia del cumplimiento de la Norma, parte central de la implantación del PCD local. Con base en los resultados de dicha caracterización, se calcularon los valores de concentración expresados como promedio mensual y promedio diario para los siguientes parámetros de la calidad del agua residual cruda (Tabla III.1).

<b>Tabla III.1. Calidad del agua residual cruda acordada, para el influente de la Planta Norte (JAPAC, 1999)</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores máximos permisibles</b>	
		<b>Prom mensual</b>	<b>Prom diario</b>
Grasas y Aceites	mg/L	80	100
Materia flotante	Ausencia/Presencia	60	80
Sólidos sedimentables	mL/L	5	10
Sólidos suspendidos totales	mg/L	235	310
Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	138	182
DBO5 total	mg/L	255	310
DBO5 soluble	mg/L	100	130
DQO	mg/L	500	650
Nitrógeno total	mg/L	35	45
Fósforo total	mg/L	15	25
Coliformes fecales	NMP/100 mL	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
Arsénico	mg/L	< 0.1	< 0.2
Cadmio	mg/L	< 0.1	< 0.2
Cianuro	mg/L	< 1.0	< 1.5
Cobre	mg/L	< 2.0	< 3.0
Cromo	mg/L	< 0.5	< 0.8
Mercurio	mg/L	< 0.01	< 0.02
Níquel	mg/L	< 1.0	< 2.0
Plomo	mg/L	< 0.3	< 0.5
Zinc	mg/L	< 5	< 10
Huevos de helminto	H/L	25	30

Como se puntualizó anteriormente, para el caso de la Ciudad de Culiacán fue licitada o concursada a través de una convocatoria pública nacional, la prestación del servicio de tratamiento de las aguas residuales que genera la zona Norte de la ciudad. De este hecho derivó la necesidad de la elaboración y firma de un contrato de prestación de servicios con una vigencia de 20 años, mismo que fue suscrito en su momento por la empresa y la JAPAC. Asimismo, en uno de los anexos técnicos de dicho contrato, se estipula que la empresa esta obligada a cumplir en tiempo y forma con la calidad de agua establecida para el efluente de la Planta Norte, siempre y cuando los valores de las concentraciones máximas permisibles establecidas para los parámetros mostrados en la anterior tabla, no sean rebasados.

La condición anterior establecida en este contrato, obligó con premura a la JAPAC el inicio de la implantación del PCD local al sistema de alcantarillado, programa permanente y sistémico que tiene entre sus objetivos dar cumplimiento con lo ya establecido en dicho contrato.

### **III.2.2.Reducción del pago mensual por los servicios proporcionados por la empresa, al mejorar la calidad de agua del influente en la Planta Norte**

Los servicios ya proporcionados por la empresa a la JAPAC para la ejecución del proyecto, que actualmente incluyen la operación, mantenimiento y conservación de la Planta Norte, de acuerdo con lo estipulado en el contrato firmado a 20 años, son pagados cada mes. El monto a pagar se determina mediante la siguiente fórmula:

$$C = T1 + T2 + (T3 \times Q)$$

en donde:

C = Facturación del mes correspondiente.

T1 (tarifa 1) = Costos fijos por inversión, que incluyen la amortización de los créditos obtenidos por la empresa para la ejecución del proyecto, con sus respectivos intereses, más la amortización del capital de riesgo de la empresa incluyendo su rentabilidad.

T2 (tarifa 2) = Costos fijos por operación, conservación y mantenimiento, que incluyen los gastos propuestos por la empresa para operar y mantener la Planta Norte, más la utilidad de la empresa. Esta tarifa, no esta relacionada con el volumen de agua residual tratada producida.

T3 (tarifa 3) = Costos variables por operación, conservación y mantenimiento, que incluyen los gastos propuestos por la empresa para operar y mantener la Planta Norte más su utilidad correspondiente. Esta tarifa, esta relacionada exclusivamente con el volumen de agua residual tratada producida.

Q = Los metros cúbicos de agua residual tratada producida, en el mes correspondiente.

Los montos a pagar por las tarifas T1 y T2 son fijos, e independientes del volumen mensual medido de agua residual tratada generada por la Planta Norte. Sin embargo, la tarifa variable T3, es un costo que esta íntimamente relacionado con la calidad del agua residual del influente de la Planta Norte. Es decir, en la medida en la que se mejore la calidad de agua en el influente, en esa misma medida el monto total facturado mensualmente resulta menor, al disminuirse el submonto representado por la tarifa variable T3.

Lo descrito anteriormente, es otra justificación de suma importancia que derivó en la necesidad de implantar el actual PCD local, ya que si y solo sí a través del mismo, los costos variables por operación y mantenimiento en la Planta Norte se ven reducidos al mejorar la calidad del agua residual cruda (JAPAC, 1999).

### **III.3. Objetivos específicos del PCD local**

Los objetivos generales de la implantación del programa local, son los de evitar, reducir o remover los contaminantes incompatibles presentes en las descargas de aguas residuales diferentes a las de tipo doméstico y/o pluvial, que son vertidas al sistema de alcantarillado

de la Ciudad de Culiacán, en el Estado de Sinaloa, México. Esto trae consigo como beneficios inmediatos y a mediano plazo:

- 1.- Protección de la infraestructura del sistema de alcantarillado de la ciudad.
- 2.- Mejora en la calidad del agua residual en el influente de la Planta Norte, lo que le permite a la autoridad municipal una mayor holgura para poder dar cabal cumplimiento con la calidad de agua establecida en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
- 3.- Cumplimiento con la calidad establecida en la NOM-052-SEMARNAT-1993 y CFR 503 de la US EPA, para el lodo primario estabilizado.
- 4.- Reducción significativa en los costos de operación y mantenimiento en la Planta Norte.
- 5.- Favorecimiento del desarrollo económico de la comunidad.

## IV. METODOLOGÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PCD LOCAL

### IV.1. Introducción a la implantación del programa local

#### IV.1.1. Problemática local

El gran crecimiento urbano con su respectivo desarrollo económico presentado en la últimas décadas en la Ciudad de Culiacán estaba originando, entre otras cosas, que industrias, comercios y empresas de servicios descargaran sus aguas residuales directamente al sistema de alcantarillado sin vigilancia y control alguno.

#### IV.1.2. Tipos de fuentes contaminantes

Las aguas residuales generadas en la zona urbana de la Ciudad de Culiacán tienen características predominantemente domésticas, ya que el número de industrias existentes aún es relativamente bajo; sin embargo, como ocurre en otras ciudades del país, el sistema de alcantarillado local recibe grandes volúmenes de aguas residuales provenientes de diferentes giros industriales, comerciales y/o de servicios en operación, sin previo tratamiento (Tabla IV.1).

<b>Tabla IV.1. Comparativa de la calidad de las aguas residuales que genera la zona urbana de la Ciudad de Culiacán, con otros casos (Metcalf y Eddy, 1996; CNA, 2000; JAPAC, 1997)</b>			
<b>Parámetro (mg/L, excepto cuando se especifique otra unidad)</b>	<b>Concentración, mg/L</b>		
	<b>Literatura internacional</b>	<b>Caso de la Cd. de México</b>	<b>Caso de la Cd. de Culiacán</b>
Grasas y aceites	50-100	58	80
Sólidos sedimentables, mL/L	5-20	2	5
Sólidos suspendidos totales	100-350	252	235
DBO <sub>5</sub>	110-400	219	255
DQO	250-100	576	500
Nitrógeno total	20-85	35	35
Fósforo total	4-15	10	15
Coliformes fecales, NMP/ 100 mL	10 <sup>6</sup> -10 <sup>9</sup>	8.6X10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>
Huevos de Helminto, H/L	No detectado	161	25

Asimismo, la JAPAC tiene clasificada a las descargas conectadas al sistema de alcantarillado en tres categorías básicas, las cuales son:

- 1.- Descargas de giros de la categoría industrial.
- 2.- Descargas de giros de la categoría comercial.
- 3.- Descargas de giros de la categoría de empresas de servicio.

A su vez, cada una de éstas tres categorías se subdivide en giros, de los cuales algunos son considerados como prioritarios por su potencial impacto al sistema de alcantarillado; de los cuales se abundará más adelante (JAPAC, 1997). Asimismo, la JAPAC tiene hasta el momento registradas a 987 entidades de la categoría industrial, así como a 10,308 y 1,404 entidades de las categorías comerciales y de servicios respectivamente, las cuales se muestran en las Tablas IV.2, 3 y 4. De este universo de usuarios que descargan sus



aguas residuales al sistema de alcantarillado, los giros que se consideran prioritarios por su mayor potencial de impactar negativamente el sistema de alcantarillado local, son los siguientes:

- 1.- Procesadoras de alimentos (bebidas embotelladas, harineras, rastros, etc)
- 2.- “Formuladoras” de agroquímicos
- 3.- Servicios de lavado y lubricación de vehículos
- 4.- Talleres mecánicos
- 5.- Gasolineras
- 6.- Hospitales y clínicas tanto del sector privado como público
- 7.- Foto-estudios de fotografía y revelado
- 8.- Servicio de lavandería y tintorería de ropa
- 9.- Servicios de restaurantes

<b>Categorías</b>	<b>No</b>	<b>% relativo</b>
Doméstica	165, 456	92.87
Industrial	987	0.55
Comercial	10, 308	5.78
Servicios	1,404	0.78
Total	178, 155	100

<b>Giros</b>	<b>No</b>	<b>% relativo</b>
Rastros	2	0.20
Fábricas de hielo	23	2.33
Panificadoras	31	31.40
Procesadoras de alimentos	8	0.81
Procesadoras de productos lácteos	4	0.40
Tortillerías	361	36.57
Fábricas de refrescos embotellados	2	0.20
Otros	556	56.33
Total:	987	100

<b>Giros</b>	<b>No</b>	<b>% relativo</b>
Gasolineras	44	6.52
Restaurantes	161	23.88
Mercados	5	0.74
Supermercados	33	4.89
Carnicerías	25	3.7
Otros	406	60.23
Total:	674	100

Las aguas residuales generadas por industrias, comercios o empresas que ofrecen algún servicio, con frecuencia presentan una gran variedad de contaminantes incompatibles que

pueden deteriorar la red de drenaje local, obstruir o corroer las tuberías y la infraestructura de bombeo, así como incrementar el riesgo de explosiones y/o alterar la operación normal de la Planta Norte.

Dichos contaminantes, también pueden pasar por la Planta Norte sin ser removidos y contaminar así los cuerpos de agua receptores, además de elevar el costo del tratamiento del lodo generado en la Planta Norte, así como el incremento del riesgo de provocar daños ecológicos por la disposición final de dicho lodo generado. La problemática anterior también origina un incremento en los costos, tanto de operación como de mantenimiento en la Planta Norte, aparte de dificultar el cabal cumplimiento con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 (DOF 1996), normativa que establece la calidad de agua a cumplir para el efluente de la Planta Norte. La razón de lo anterior, se debe a que la Planta Norte no está diseñada para remover aquellos contaminantes considerados como incompatibles.

Sin embargo, el riesgo y la problemática que originan éstas descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado, puede evitarse o controlarse desde su fuente de origen, mediante el establecimiento de condiciones para la calidad de agua de descarga, aunado al uso de tecnologías “verdes”; así como la instauración de un pretratamiento en su caso, con el objeto de remover o reducir los contaminantes en las aguas residuales antes de que sean vertidas. El pretratamiento en el caso de ser necesario, debe ser realizado por cada uno de los responsables de las descargas de aguas residuales, si y solo si, las descargas de aguas residuales difieran a la de tipo doméstico o pluvial, con el objeto de cumplir con lo establecido en la Norma (DOF, 1998).

Asimismo, la vigilancia del cumplimiento de la Norma, corresponde al H. Ayuntamiento de Culiacán a través de la JAPAC, organismo operador de agua potable, alcantarillado y saneamiento local, quien tiene la atribución legal para llevar a cabo el control de las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado. La observancia de la Norma, constituye la parte central del PCD local, mismo que coadyuva a que las condiciones de calidad establecidas para el efluente de la Planta Norte, puedan ser cumplidas con mayor holgura por parte de la autoridad municipal.

El PCD local, ayuda a alcanzar las metas para el control de la contaminación del agua, identificando las fuentes con el potencial para afectar la infraestructura del sistema de alcantarillado de la ciudad y la Planta Norte, así como la salud pública y el entorno ambiental. El programa local considera a todas aquellas descargas de aguas residuales, exceptuando las de tipo doméstico o pluvial. Este programa clasifica a las descargas, actualmente bajo control y vigilancia permanente, en tres categorías básicas las cuales son:

- 1.- Descargas de instalaciones industriales
- 2.- Descargas de instalaciones comerciales
- 3.- Descargas de instalaciones que ofrecen un determinado servicio

A su vez, cada una de éstas tres categorías se subdivide en giros, de los cuales algunos son considerados por el programa local como prioritarios por su potencial impacto adverso a la infraestructura del sistema de alcantarillado.

Asimismo, los tipos de contaminantes que son considerados como prioritarios o incompatibles por este programa local, se describen a continuación:

a) Contaminantes tóxicos

Contaminantes tóxicos que no puedan ser removidos por la Planta Norte y pasar a contaminar las aguas receptoras, poniendo en peligro la fauna y flora acuática, así como el riesgo del deterioro de la salud pública por contraer enfermedades de origen hídrico, o ya sea por consumir especies acuáticas de valor comercial contaminadas con tóxicos, debido al fenómeno de bioacumulación de algunos contaminantes de este tipo, a través de las cadenas alimenticias o tróficas.

El potencial vertido de contaminantes tóxicos inorgánicos u orgánicos, puede alterar la operación normal de la Planta Norte, haciendo menos efectivo la remoción de otros contaminantes básicos para lo que fue diseñada y, a su vez, contaminar el lodo generado, dificultando y encareciendo su estabilización y disposición final, reduciendo con ello las posibilidades de un uso posterior con fines de mejoramiento de suelos con vocación agrícola o forestal (tomada de CFR 503, US EPA, 1993.) Por otro lado, lo establecido en la Norma le pone especial atención a la vigilancia y control del vertido de los metales pesados más importantes desde un punto de vista de afectación a la salud pública y deterioro ambiental. Los metales pesados y algunos de sus derivados, inactivan las enzimas de la membrana bacteriana, ya sea precipitándolas o inactivándolas por combinación química con los radicales de éstas, originando lesiones irreversibles incluso en el núcleo celular.

Asimismo, existe suficiente evidencia documentada que demuestra que los metales pesados y algunos de sus derivados son microbiostáticos aún en bajas concentraciones (Ramírez-Gama *“et al”.*, 1999). Lo anterior adquiere suma relevancia, ya que el posible vertido de este tipo de contaminantes al sistema de alcantarillado local, podría afectar el tratamiento vía biológica del lodo generado en la Planta Norte, el cual consiste en una digestión en condiciones de mesofilia. Asimismo, está contemplado para la segunda etapa del proyecto ejecutivo de la Planta Norte, el escalamiento de la actual tecnología de tratamiento del agua residual a un tratamiento secundario o biológico, que para este caso se tiene considerado la tecnología de lodos activados convencionales. En la Tabla IV.5, se muestran las concentraciones umbrales para varios contaminantes tóxicos, reportadas para digestores o reactores anaerobios y lodos activados respectivamente.

<b>Tabla IV.5. Concentraciones umbral de inhibición, para varios tipos de contaminantes tóxicos (US EPA, 1987)</b>		
<b>Contaminante Tóxico</b>	<b>Concentración mínima reportada, en mg/L</b>	
	<b>Digestores o reactores anaerobios</b>	<b>Sistema de lodos activados convencionales</b>
Amonio	1500	480
Antraceno	---	500
Arsénico	1.6	0.1
Benceno	---	100
Cadmio	20	1
Cianuro	4	0.1
Clorobenceno	0.96	---
Cloroformo	1	---
2 Clorofenol	---	5
Cloruro de metilo	3.3	---
Cobre	40	1
Cromo (VI)	110	1
1,2 Diclorobenceno	0.23	5
1,3 Diclorobenceno	---	5
2,4 Diclorofenol	---	64
1,2 Difenilhidrazina	---	5
2,4 Dimetilfenol	---	50
2,4 Dinitrotolueno	---	5
Etil benceno	---	200
Fenantreno	---	500
Fenol	---	50
Hexaclorobenceno	---	5
Mercurio	---	0.1
Naftaleno	---	500
Níquel	10	1
Nitrobenceno	---	30
Pentaclorofenol	0.2	0.95
Plata	13*	0.25
Plomo	340	1
Sulfato	500	---
Sulfuro	---	25
Surfactantes	---	100
Tetracloroetileno	20	---
Tetracloruro de carbono	2.9	---
Tolueno	---	200
Tricloroetileno	1	---
2,4,6 Triclorofenol	---	50
Yodo	---	10
Zinc	400	0.3

\* Metal disuelto

#### b) Contaminantes volátiles

Contaminantes altamente volátiles, que si son vertidos al sistema de alcantarillado local incrementan el riesgo de una explosión, lo que provocaría daños inmediatos y directos a la infraestructura de dicho sistema, a la vez que pondría en riesgo la vida del personal de mantenimiento que lo opera y lo mantiene.

#### c) Contaminantes precursores de gases tóxicos

Contaminantes que bajo ciertas condiciones podrían reaccionar entre si y producir gases tóxicos, que pondrían en peligro al personal que opera y mantiene la infraestructura del

sistema de alcantarillado local, así como del personal que opera y mantiene a la Planta Norte. Entre los gases evaluados instrumentalmente de manera sistémica debido a su peligrosidad por la JAPAC (Fig. IV.1), están:

- i Monóxido de carbono medido en %
- ii Sulfuro de hidrógeno medido en %
- iii Nivel de explosividad, medido como LEL (por sus siglas en inglés “lower explosivity level”).



**Figura IV.1. Seguimiento monitorio del nivel de explosividad, como LEL (lower explosivity level), en un pozo de visita de la red de alcantarillado**

Desde que dio inicio la etapa de arranque y estabilización de la Planta Norte, a partir del mes de agosto del año 2001, en las dos estaciones de bombeo que transfieren las aguas residuales a la Planta Norte, se generó la problemática debido a la emisión de malos olores a la atmósfera. Por lo anterior, la JAPAC desde inicios del año 2002 implantó un programa permanente de aplicación de carbonato de sodio trihidratado ( $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) para la liberación de oxígeno así como de bacterias específicas, desde los últimos colectores de aguas residuales hasta ambas estaciones de bombeo, con objeto de controlar y minimizar la emisión de gases como sulfuro de hidrógeno, indol y mercaptanos, entre otros. La Tabla IV.6 presenta los resultados de las concentraciones promedio, obtenidas de las mediciones “in situ” de los gases sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono y amoníaco, que nos indican la septicidad del agua residual cruda (JAPAC, 2004).

<b>Tabla IV.6. Resultados de concentraciones promedio, de la medición de gases potencialmente peligrosos en estaciones de bombeo y pozos de visita (JAPAC, 2004)</b>				
<b>Gas monitoreado, ppm</b>	<b>Resultados de las concentraciones promedio</b>			<b>Límites establecidos por la NOM-010-STPS-1999, ppm</b>
	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	
Sulfuro de hidrógeno	0.93	1.89	1.42	10
Amoníaco	ND	ND	ND	25
Monóxido de carbono	0.06	0.06	0.04	50

d) Descargas que representan un alto riesgo biológico

Descargas de aguas residuales que representan un alto riesgo biológico-infeccioso, como la de hospitales y clínicas tanto del sector público como privado.

## IV.2. Componentes del PCD local

Para lograr los objetivos del programa, se planeó y se establecieron ciertos componentes, así como la elaboración de una serie de procedimientos que tienen como meta principal, prevenir la descarga de contaminantes incompatibles al sistema de alcantarillado local y por consiguiente a la Planta Norte.

La implantación del PCD local ha requerido de la participación y cooperación directa de las dependencias correspondientes de los tres niveles de gobierno: federal, estatal y municipal, desde sus respectivos ámbitos de competencia.

Asimismo, los representantes de los sectores industriales y comerciales locales, a través de los organismos gremiales CANACINTRA, CANACO y CANIRAC, han y siguen jugando un rol muy importante para la consolidación y el alcance de algunas de las metas establecidas por el programa local. Por otro lado, la participación ciudadana también ha coadyuvado de manera sustancial para el logro de dichas metas.

Lo anterior, ha implicado que la JAPAC de manera permanente y sistemática, tenga la tarea de educar a la sociedad culiacanense a través de los medios masivos de comunicación, de la importancia y los beneficios que traen consigo tanto el control de la contaminación del agua, así como de la preservación de este vital recurso (Fig. IV.2), asegurando con ello el desarrollo de los sectores productivos, que son vitales para el bienestar económico, compatible con la protección ambiental y la preservación de la salud pública dentro de un esquema de sustentabilidad.

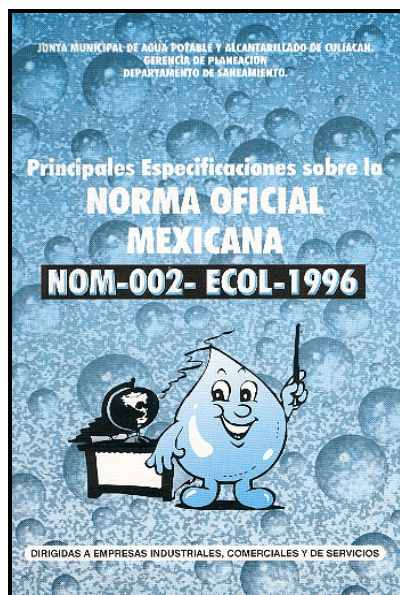


Figura IV.2. Cuadernillo que explica de manera sucinta la obligatoriedad a los responsables de cumplir con la Norma

### IV.2.1. Marco institucional federal

De acuerdo con el programa de agua potable, alcantarillado y saneamiento, propuesto en el marco del Programa Nacional Hidráulico 2000-2006, se busca alcanzar niveles de cobertura en los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, que contribuyan al cuidado de la salud y calidad de vida de la población y al desarrollo de las comunidades, además de frenar el proceso actual de deterioro del medio ambiente por contaminación de origen hídrico. Este programa incluye asegurar el suministro de agua en cantidad y calidad para la población, así como para las instalaciones industriales, comerciales y de servicios que se abastecen y descarguen en las redes de alcantarillado municipales, atendiendo a que:

- a) La responsabilidad del servicio de suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento, es atribución directa de los municipios y el control de la contaminación lo ejerce el gobierno federal.
- b) Se considera fundamental brindar apoyo a los gobiernos estatales y municipales, para que se traten los volúmenes de las aguas residuales generadas en las localidades ubicadas en la 15 cuencas hidrológicas prioritarias del país.
- c) Los gobiernos estatales, del D.F. y de los municipios, deberán fomentar y coadyuvar a la creación e implantación de los programas de control de descargas locales, para así facilitar el cumplimiento de las condiciones de calidad establecidas para las descargas de aguas residuales municipales.
- d) De esta forma se impulsa el cumplimiento de la normativa que aplica para descarga de aguas residuales municipales en las cuencas prioritarias y de los programas regionales establecidos por la SEMARNAT, a través de la CNA.

El PCD local, se sustenta jurídicamente en la Ley de Aguas Nacionales, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y en la normatividad vigente en la materia (CNA, 1999).

#### **IV.2.2. Marco institucional local**

El programa está planteado como un esfuerzo conjunto en donde se hacen partícipes y corresponsables, tanto el municipio a través de la JAPAC y aquellos usuarios del sistema de alcantarillado local que tienen la obligatoriedad de cumplir con lo dispuesto en la Norma. Por ello y en el mismo sentido, es y seguirá siendo indispensable para el seguimiento y evaluación de este programa local, el compromiso y participación de la sociedad en su conjunto.

Para poder implantar el programa local, fue condición indispensable que la JAPAC contará con la capacidad institucional que le permitiera realizar las actividades propias del programa, lo cual incluye al marco legal, una estructura organizacional requerida, financiamiento y la participación y compromiso de los usuarios de la red de alcantarillado local.

A partir del marco legal, se diseñan y elaboran los instrumentos requeridos para la correcta administración del programa local, entre los cuales se encuentran los permisos de descarga, aplicación de sanciones económicas a través de cobros que se calculan en base a cuotas por concepto de incumplimiento de la Norma. Cabe mencionar, que toda propuesta de control de la contaminación no funciona si no se cuenta con el marco legal que permite sancionar el incumplimiento.

En México, las políticas para el control de la contaminación se basan en el principio “el que contamina paga”, por ello y en el mismo sentido, la aplicación de sanciones económicas por incumplimiento de la Norma, representa en gran medida los costos reales por tratamiento en la Planta Norte, para remover las cargas contaminantes excedentes.

#### *Descentralización de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento*

A partir de 1992, en varios estados del país se promovió un marco legal más moderno y completo para la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento. En este sentido, la JAPAC fue descentralizada pasando a ser un organismo operador con autonomía de gestión, con la participación de los sectores a través de sus representantes en un consejo directivo, que tiene la facultad de proponer ante el H. Congreso del Estado de Sinaloa la modificación de tarifas y suspender el servicio por falta de pago. Bajo este nuevo esquema, los organismos operadores del país como la JAPAC, operan como empresas públicas para las prestación de los servicios ya mencionados con una buena rentabilidad social y económica (JAPAC, 2000).

#### **IV.2.3. Marco legal federal**

##### *Ley de Aguas Nacionales (LAN)*

El artículo 88 de esta ley, establece que el control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuese necesario y lo determinasen las leyes.

##### *Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (LAN)*

El artículo 84, establece que corresponde a los municipios, así como a los organismos o empresas que presten el servicio de agua potable y alcantarillado, el tratamiento de las aguas residuales originadas por el uso público urbano, previo a su descarga a cuerpos receptores de propiedad nacional, conforme a las condiciones particulares de descarga que les fije la CNA.

El artículo 136, establece que los permisos de descargas de aguas residuales de los sistemas públicos de alcantarillado y drenaje, se deberán señalar la forma para efectuar:

Fracción I.- El registro, “monitoreo” continuo y control de las descargas de aguas residuales que se viertan a las redes públicas de alcantarillado.



Fracción II.- La verificación del estado de conservación de las redes públicas de alcantarillado con el fin de detectar y corregir, en su caso, las posibles fugas que incidan en la calidad de las aguas subterráneas subyacentes y en la eventual contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua.

Fracción III.- El “monitoreo” de la calidad de agua que se vierte a las redes públicas de alcantarillado, con el objeto de detectar la existencia de materiales o residuos peligrosos que por su corrosividad, toxicidad, explosividad, reactividad o inflamabilidad puedan representar graves riesgos al ambiente, a las personas o a sus bienes.

Las personas que descarguen aguas residuales a las redes de drenaje o alcantarillado, deberán cumplir con las normas oficiales mexicanas expedidas para el pretratamiento y, en su caso, con las condiciones particulares de descarga que emita el municipio o que se emitan conforme al artículo 119, fracción I, inciso f) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

#### *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)*

El artículo 119 bis establece que en materia de prevención y control de la contaminación del agua, corresponde a los gobiernos de los estados y de los municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua, así como al Distrito Federal, de conformidad con la distribución de competencias establecida en esta ley y conforme lo dispongan sus leyes locales en la materia:

Fracción I.- El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado.

Fracción II.- La vigilancia de las normas oficiales mexicanas correspondientes, así como requerir a quienes generen descargas a dichos sistemas y no cumplan con éstas, la instalación de sistemas de tratamiento.

Fracción III.- Determinar el monto de los derechos correspondientes para que el municipio o autoridad estatal respectiva, pueda llevar a cabo el tratamiento necesario, y en su caso, proceder a las sanciones a que haya lugar, y

Fracción IV.- Llevar y actualizar el registro de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado que se administren, el que será integrado al registro nacional de descargas a cargo de la secretaría.

#### **IV.2.4. Marco legal estatal y municipal**

El H. Ayuntamiento de Culiacán, a través de un convenio suscrito al inicio de cada administración municipal, le delega a la JAPAC la atribución de vigilar el cumplimiento de la Norma. En la Tabla IV.7, se muestra un resumen de la legislación y normatividad vigente en materia de aguas, en las cuales el PCD local se sustenta jurídicamente (Fig. IV.3, 4, 5 y 6 ).

Tabla IV.7. Resumen del marco legal				
Legislación y/o normatividad vigente en la materia	Dependencia que la expide	Fecha de expedición	Ámbito de aplicación	Fundamentos jurídicos que establecen las responsabilidades de los usuarios de los sistemas de alcantarillado municipal
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA por sus siglas)	SEMARNAT	28-enero-1988	Federal	Título cuarto, capítulo III; artículo 119 bis, fracción I, II, III y IV
La Norma	SEMARNAT	3-junio-1998	Federal	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización
Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Sinaloa (LEEPAES por sus siglas)	El H. Congreso del Estado Libre y Soberano de Sinaloa	12 -julio-1991	Estatad	Título cuarto. Capítulo II. Artículo 101, fracciones I, II y III
Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa	El H. Congreso del Estado Libre y Soberano de Sinaloa	21- agosto-1981	Estatad	Capítulo II. Artículo 16, fracciones XXII y XXIII
Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Culiacán	H. Ayuntamiento de Culiacán	14-octubre-1992	Municipal	Capítulo VI. Artículo 23, 24, 25 y 26

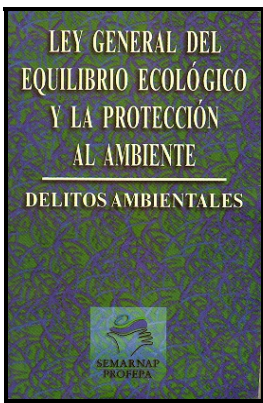


Figura IV.3. Portada de la LGEEPA



Figura IV.4. Portada de la LAN y su reglamento



Figura IV.5. Portada de la LEEPAES



Figura IV.6. Portada del DOF (publicación de la Norma)

#### IV.2.5. Estructura organizacional requerida, creación del Departamento de Saneamiento-JAPAC

Para llevar a cabo las tareas del PCD local, fue necesario que la JAPAC formara un área específica con personal asignado y capacitado con la infraestructura mínima necesaria para llevar a cabo las actividades requeridas.

Esta área se denomina Departamento de Saneamiento y es el responsable ante la Gerencia de Operación y Mantenimiento del Sistema Urbano de la JAPAC, de proponer, desarrollar, coordinar y supervisar los programas y estudios de saneamiento de las aguas residuales para el municipio de Culiacán.

## Objetivos generales del Departamento de Saneamiento

Los objetivos generales de este departamento son controlar y mejorar la calidad de las aguas residuales que se generen en el territorio municipal, con énfasis en las descargas al sistema de alcantarillado, proponiendo los sistemas de tratamiento de aguas residuales apropiados, acorde con la normatividad vigente en la materia, que permita proteger la infraestructura del sistema de alcantarillado, Planta Norte y la salud pública, así como la conservación de los recursos y elementos naturales que garanticen la tendencia hacia un desarrollo sustentable (Fig. IV.7).

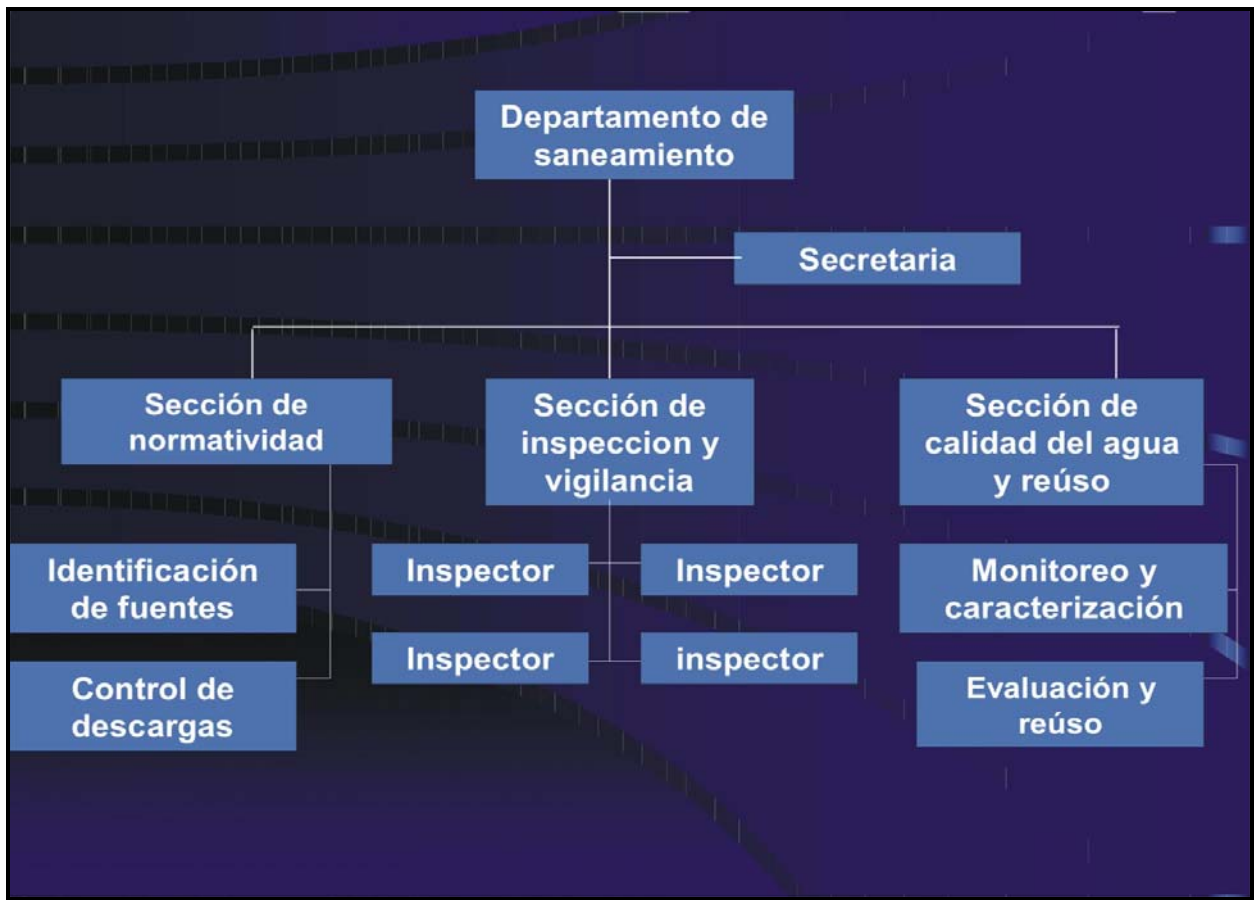


Figura IV.7. Organigrama del Departamento de Saneamiento (JAPAC, 2000)

## Objetivos específicos del Departamento de Saneamiento

- 1.- Desarrollar programas tendientes a controlar la calidad de las aguas residuales generadas en el municipio de Culiacán, de conformidad con las normas y lineamientos establecidos en la materia, empleando tecnologías de tratamiento eficientes y económicas.
- 2.- Elaborar y mantener actualizado el padrón de usuarios con descargas de aguas residuales que difieran a la de tipo doméstico o pluvial, conectadas a la red de alcantarillado municipal.
- 3.- Clasificar las descargas de aguas residuales conforme a su origen y categoría (industrial, comercial y de servicios.)

- 4.- Promover la instalación de sistemas de pretratamiento para las descargas aguas residuales.
- 5.- Difundir y promover la obligatoriedad del cumplimiento de la Norma, para el control de la calidad de las aguas residuales.
- 6.- Llevar a cabo las visitas domiciliarias de inspección, así como la permanente vigilancia y seguimiento de las entidades industriales, comerciales o de servicios, cuyas descargas de aguas residuales estén conectadas a la red de alcantarillado municipal.
- 7.- Realizar evaluaciones monitorias sistemáticas de la calidad de las descargas de aguas residuales de las entidades ya mencionadas, así como del sistema de alcantarillado municipal.
- 8.- Analizar y proponer alternativas de reutilización (“reúso”) de las aguas residuales tratadas dentro de las instalaciones que cuenten con pretratamiento, si fuese el caso.
- 9.- Evaluar y dictaminar técnicamente sobre el estado de cumplimiento con respecto a lo establecido en la Norma, de la entidad generadora de la descarga de aguas residuales.

#### *Secciones que conforman el Departamento de Saneamiento*

##### a) Sección de normatividad

Es el área encargada de analizar, evaluar y dictaminar técnica y normativamente todo lo relacionado con la entidad generadora de la descarga de aguas residuales, de conformidad con la legislación vigente en la materia.

##### b) Sección de inspección y vigilancia

Es el área encargada de recabar los datos e información de campo de la entidad generadora de la descarga de aguas residuales y de vigilar el cumplimiento de la Norma (Fig. IV.8).

##### c) Sección calidad del agua y “reúso”

Esta área se encarga de llevar a cabo el aforo (medición de gasto), muestreo y análisis (caracterización) de las aguas residuales que descargan las entidades a la red de alcantarillado municipal. El Departamento de Saneamiento de la JAPAC, cuenta con el apoyo operativo del departamento de calidad de agua, mismo que tiene habilitado un laboratorio para análisis de aguas residuales, para efecto de evaluar la calidad de agua de las descargas, con estricto apego a los métodos de prueba establecidos en la Norma (Figs. IV.8, 9 y 10).



**Figura IV.8.** La visita domiciliar de inspección para evaluar el nivel de cumplimiento



**Figura IV.9.** Laboratorio para análisis de aguas residuales de la JAPAC



**Figura IV.10.** Espectrofotómetro de absorción atómica, para la determinación de metales pesados

#### **IV.2.6. Calidad establecida para las descargas de aguas residuales o límites de efluentes**

La calidad de agua con la que deben de cumplir todas aquellas descargas de aguas residuales que son vertidas al sistema de alcantarillado local (exceptuando las domésticas y pluviales), esta claramente establecida en la Norma. De hecho, la parte central del PCD local es la vigilancia del cumplimiento de ésta Norma.

##### **IV.2.6.1. La Norma**

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como de proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta norma no aplica a las descargas de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado (DOF, 1996).

La Norma abrogó a su similar NOM-CCA-031-ECOL/1993, que establecía los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal; anterior norma que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

En la elaboración de esta norma oficial mexicana, se tomaron en consideración varios aspectos, tales como: socioeconómicos, infraestructura existente de los sistemas de alcantarillado en el país, determinación de parámetros prioritarios, tamaño de poblaciones y la compatibilidad con otras normas en la materia, considerando además que las disposiciones establecidas sean de carácter operativo y el cumplimiento de ésta Norma sea gradual y progresivo (Fig IV.11).



Figura IV.11. Compatibilidad de la Norma, con las normas oficiales mexicanas NOM-001, 003 y 004 de la SEMARNAT (CNA, 2003)

#### IV.2.6.1.1. Especificaciones establecidas en la Norma

En la Tabla IV.8 se presentan los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal local (DOF, 1996).

Tabla IV.8. Límites máximos permisibles			
Parámetros (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	Promedio mensual	Promedio diario	Instantáneo
Grasas y aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables (mililitro por litro)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12
Demanda bioquímica de oxígeno total	150	200	NO APLICA
Sólidos suspendidos totales	150	200	NO APLICA

- Los límites máximos permisibles establecidos en la columna instantáneo, son únicamente valores de referencia, en el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la JAPAC en el tiempo y forma que lo determine según el caso, los promedio diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respaldan.
- El rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es de 10.0 (diez) y 5.5 (cinco punto cinco) unidades, determinado para cada una de las muestras simples. Las unidades de pH no deberán estar fuera del intervalo permisible, en ninguna de las muestras simples.
- El límite máximo permisible de la temperatura es de 40°C (cuarenta grados Celsius), medida en forma instantánea a cada una de las muestras simples. Se permitirá descargar con temperaturas mayores, siempre y cuando se demuestre a la JAPAC por medio de un estudio sustentado, que no dañe al sistema de alcantarillado municipal local.
- La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales, de acuerdo al método de prueba establecido en la norma mexicana NMX-AA-006-1973.
- El responsable de la descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal local, que no dé cumplimiento con los límites máximos permisibles para la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, podrá optar por remover dichos contaminantes mediante el tratamiento conjunto de las aguas residuales en la Planta Norte, para lo cual deberá de:
  - a) Presentar a la JAPAC, un estudio de viabilidad que asegure que no se generará un perjuicio al sistema de alcantarillado municipal local.
  - b) Sufragar los costos de inversión cuando así se requiera, así como los de operación y mantenimiento que le correspondan, de acuerdo con su caudal y carga contaminante de conformidad con lo establecido en la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa.
- No se deben descargar o depositar en el sistema de alcantarillado municipal local, materiales o residuos considerados peligrosos, conforme a la regulación vigente en la materia.

#### **IV.2.6.1.2. Establecimiento de condiciones particulares de descarga**

La JAPAC tiene la facultad legal de fijar condiciones particulares de descarga (límites locales), a los responsables de las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal local, de manera individual o colectiva, que establezcan lo siguiente:

- a) Nuevos límites máximos permisibles de descarga de contaminantes.
- b) Límites máximos permisibles para parámetros adicionales, no contemplados en la norma.

Dicha acción deberá estar justificada por medio de un estudio técnicamente sustentado, presentado por la JAPAC o por los responsables de las descargas.

#### IV.2.6.1.3. Fechas de cumplimiento de la Norma

Los responsables de las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado urbano o municipal deben cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta norma, en las fechas establecidas tal y como lo indica la Tabla IV.9. De esta manera, el cumplimiento es gradual y progresivo, conforme al rango de población, tomando como referencia el XI Censo General de Población y Vivienda, 1990.

<b>Tabla IV.9. Fechas de cumplimiento establecidas, en función del tamaño de la población</b>	
Fecha de cumplimiento a partir de:	Rango de población
1 de enero de 1999	Mayor de 50,000 habitantes
1 de enero de 2004	de 20,001 a 50,000 habitantes
1 de enero de 2009	de 2,501 a 20,000 habitantes

En base a la tabla anterior, se deduce que para el caso de la Ciudad de Culiacán, la Norma inicio su observancia del cumplimiento a los usuarios responsables de sus descargas, a partir del 1° de enero de 1999.

#### IV.2.6.1.4. Frecuencia de muestreo para las descargas de aguas residuales y procedimiento para conformar una muestra compuesta

Los valores de concentración como promedios diarios y mensuales, de los parámetros regulados por esta norma para las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal local, se obtendrán del análisis de muestras compuestas que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo a lo establecido en la Tabla IV.10.

<b>Tabla IV.10. Frecuencia de muestreo</b>			
<b>Horas por día que opera el proceso generador de la descarga</b>	<b>Número de muestras simples</b>	<b>Intervalo entre toma de muestras simples (horas)</b>	
		<b>Minimo</b>	<b>Maximo</b>
Menor que 4	Mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 hasta 24	6	3	4

Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMS_i = VMC (Q_i / Q_t)$$



donde:

$VMS_i$ = Volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

$VMC$ = Volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio, litros.

$Q_i$ = Caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

$Q_t = \sum Q_i$  hasta  $Q_n$ , litros por segundo.

En el caso de que en el período de operación del proceso o realización de la actividad generadora de la descarga, esta no se presente en forma continua, el responsable de dicha descarga deberá presentar la consideración de la autoridad competente, la información en la que describa su régimen de operación y el programa de muestreo para la medición de los contaminantes. A continuación se plantea un ejemplo de un muestreo compuesto.

En un muestreo compuesto, se obtuvieron los siguientes gastos en litros por segundo (L/s) aforados durante 24 horas en 6 períodos de 4 horas cada uno: 5.87, 5.27, 5.87, 3.36, 4.7, y 2.93. ¿Qué volumen debe agregarse de cada muestra simple para conformar una muestra compuesta de tres litros?

a) La suma de los 6 gastos aforados ( $Q_t$ ) es de: 28 L/s.

b) La Tabla IV.11 muestra los valores de la relación  $Q_i/Q_t$ , los cuales se obtienen dividiendo cada gasto aforado entre el total (suma de los 6 gastos).

<b>Caudal aforado <math>Q_i</math>, L/s</b>	<b>Caudal total <math>Q_t</math>, L/s</b>	<b>Fracción <math>Q_i / Q_t</math></b>
5.87	28	0.21
5.27	28	0.188
5.87	28	0.21
3.36	28	0.12
4.7	28	0.168
2.93	28	0.105

c) Se multiplican las fracciones antes obtenidas, por el volumen total de la muestra compuesta (que para este ejemplo es de 3 litros), obteniéndose los volúmenes parciales que deberán ser medidos de cada una de las muestras simples, según lo presentado en la Tabla IV.12.

<b>Fracción <math>Q_i / Q_t</math></b>	<b>Volumen de la muestra compuesta, (L)</b>	<b>Volumen parcial, (L) <math>VMC (Q_i/Q_t)</math></b>	<b>Volumen parcial, (mL)</b>
0.21	3	0.63	630
0.188	3	0.564	564
0.21	3	0.63	630
0.12	3	0.36	360
0.168	3	0.504	504

0.105	3	0.315	315
-------	---	-------	-----

d) Los cálculos muestran que deberán medirse de cada una de las muestras simples, los volúmenes indicados en la Tabla IV.13 que, al mezclarse, conformarán la muestra compuesta de 3 litros.

<b>Tabla IV.13. Volúmenes a medir de cada una de las muestras simples</b>	
<b>Número de muestra simple</b>	<b>Volumen a medir de la muestra simple, (mL)</b>
1	630
2	564
3	630
4	360
5	504
6	315
Total:	3000 mL = 3 L

#### **IV.2.6.1.5. Obligatoriedad del responsable para evaluar la calidad de la descarga de aguas residuales**

Los responsables de las descargas al sistema de alcantarillado local, tienen la obligación de realizar los análisis técnicos de sus descargas de aguas residuales, con la finalidad de determinar el promedio diario o el promedio mensual, analizando los parámetros señalados en las especificaciones de esta Norma. Asimismo, deben conservar sus registros de análisis técnicos por lo menos durante tres años posteriores a la toma de muestras.

Por otro lado, el Departamento de Saneamiento de la JAPAC, a través del laboratorio de análisis de aguas residuales, lleva a cabo las evaluaciones de la calidad de agua de las descargas, con estricto apego a lo establecido en la Norma, si y solo si, para aquellos casos particulares en los cuales se tenga la sospecha o duda, sobre la veracidad de los resultados de análisis de laboratorio presentados por el usuario.

#### **IV.2.6.1.6. Requisitos que eximen al usuario de realizar la caracterización de la descarga de aguas residuales**

El responsable de la descarga podrá quedar exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la Norma, cuando demuestre a la JAPAC que, por las características del proceso productivo, actividades que desarrolla o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la JAPAC, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La JAPAC podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el responsable. En caso de falsedad, el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales locales aplicables.

#### **IV.2.7. Actividades, instrumentos y procedimientos para la vigilancia del cumplimiento**

Entre las actividades y medidas implantadas para hacer cumplir cabalmente con la Norma a los responsables de las descargas, están:

- 1.- Identificación de las fuentes contaminantes.
- 2.- Inspección de instalaciones.
- 3.- Otorgamiento de un permiso único con sustento legal sujeto a refrendo cada 6 meses, para descargar al sistema de alcantarillado local.
- 4.- Actividades relacionadas con la verificación y seguimiento de cada caso.
- 5.- Imposición de sanciones económicas o administrativas, con estricto apego al marco legal vigente en la materia.
- 6.- El uso de una plataforma, software o de base de datos, para el óptimo manejo de la información que es permanente y sistemáticamente recabada de cada una de las instalaciones.

#### **IV.2.7.1. Control de descargas prohibidas**

Se ha requerido identificar y caracterizar las principales fuentes contaminantes que tienen el potencial de impactar negativamente al sistema de alcantarillado local, por el vertido de contaminantes incompatibles. Analizando a su vez, los posibles efectos adversos que estos tienen en la red de drenaje municipal, subcolectores, colectores, estaciones de bombeo de aguas residuales y en la Planta Norte.

Dentro de los controles y condiciones que la JAPAC establece en el permiso de descarga al sistema de alcantarillado, es la estricta prohibición del vertido de ciertos tipos de contaminantes considerados como peligrosos o incompatibles. Esta medida de control puede ser aplicada a toda descarga de aguas residuales que difiera a la de tipo doméstico o pluvial; en el tiempo y forma que la JAPAC lo determine. Este control contempla tanto condiciones generales como específicas.

Las condiciones generales prohíben el vertido de contaminantes al sistema de alcantarillado local, si estos no pueden ser removidos por la Planta Norte o si interfieren con las operaciones normales de la misma.

Las condiciones específicas a considerar, aplican básicamente a cuatro categorías de contaminantes, mencionando a su vez los giros o los tipos de instalaciones que potencialmente pudieran generar y descargar dichos contaminantes.

- 1.- Contaminantes que generen fuego y/o explosiones en el sistema de alcantarillado o la Planta Norte.

*Giro prioritario: gasolineras*

La PROFEPA, vigila y regula de manera sistémica y permanente a las empresas cuyas actividades son consideradas como altamente riesgosas, entre las que se incluyen a las gasolineras. Dicha dependencia federal posee el listado de éstas instalaciones y la

información de cada una de ellas, correspondiente al almacenamiento y generación de sustancias y/o residuos peligrosos, si la instalación cuenta o no con un plan de contingencia y/o medidas de mitigación, en caso de una contingencia o derrame accidental de alguna sustancia o desecho peligrosa (PROFEPA, Delegación Sinaloa, 2005).

2.- Contaminantes sólidos o viscosos en cantidades que obstruyan el área hidráulica de las tuberías de la red de drenaje y colectores, o bien que puedan causar interferencia con la operación normal de la Planta Norte.

*Giros prioritarios:* lavados y engrasados de automotores, talleres mecánicos e industrias procesadoras de alimentos.

3.- Cualquier descarga de aguas residuales con contaminantes tóxicos, en cantidades suficientes para interferir con la operación normal de la Planta Norte.

*Giros prioritarios:* formuladoras de agroquímicos, fotoestudios, talleres para el reciclado de acumuladores de autos, talleres de joyería y talleres de galvanoplastia.

4.- Residuos biopeligrosos con contenido de microorganismos patógenos y otras descargas de aguas residuales similares de alto riesgo biológico.

*Giros prioritarios:* hospitales y clínicas tanto del sector público como privado.

#### **IV.2.7.2. Visita domiciliaria de inspección**

##### **IV.2.7.2.1. Objetivo general de la visita de inspección**

El éxito general del PCD local, depende en gran medida de la existencia de un programa bien diseñado de visitas de inspección para instalaciones. Dicha supervisión permite determinar cuáles descargas conectadas a la red de alcantarillado están cumpliendo con lo establecido en la Norma. La inspección de instalaciones, además permite corroborar la información proporcionada de manera voluntaria por el usuario, plasmada en la solicitud para el permiso de descarga correspondiente (ver Anexo II.1), incentivando a la vez el cumplimiento con la normatividad correspondiente. Asimismo, identifica a aquellas instalaciones cuyas descargas poseen el potencial de interferir o causar fallas en el proceso de tratamiento de la Planta Norte (JAPAC, 2005).

La inspección de una instalación ayuda a recabar la información correspondiente, sobre el tipo y el volumen de contaminantes incompatibles que son o podrían ser descargados.

También representa una oportunidad para la JAPAC, de verificar las condiciones de funcionamiento de la instalación, las actividades de prevención de la contaminación que pudieran ser implantadas y el proceso de pretratamiento de las aguas residuales en el caso de que se tenga, o bien para sugerir nuevos controles que incluso pueden considerar una reconversión industrial a un aceptable costo-beneficio para el usuario del sistema de alcantarillado local.

Las visitas domiciliarias de inspección presentan ventajas, ya que aseguran que la información recabada sea veraz, completa y adecuada y establecen un medio de comunicación directa y cooperación mutua con el usuario responsable, lo cual a su vez facilita el entendimiento de lo que persigue el programa local. Una vez que la JAPAC ha emitido el permiso de descarga a la instalación correspondiente, es necesario como parte de las actividades de verificación y seguimiento, que las visitas domiciliarias de inspección se sigan realizando en forma periódica en el tiempo que lo defina la JAPAC, para así constatar el estado del cumplimiento y mantener así la comunicación con el usuario (ver Anexo II. 5).

#### **IV.2.7.2.2. Importancia de las inspecciones**

La visita de inspección es una herramienta muy valiosa del PCD local (ver Anexo II.5), ya que facilita:

- 1.- Un medio de clasificar la descarga de aguas residuales.
- 2.- Un medio de detectar el origen de los problemas relacionados con la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado y la Planta Norte.
- 3.- Un mecanismo para mantener actualizada la información sobre cada una de las instalaciones, así como determinar el estado de cumplimiento con las disposiciones establecidas.
- 4.- Un medio de validar la información facilitada por las instalaciones.
- 5.- Un medio que determina la necesidad en su caso, de considerar un sistema de pretratamiento que requeriría la instalación.
- 6.- Una oportunidad para dialogar y establecer un primer contacto directo, con las instalaciones industriales, comerciales o aquellas que prestan algún tipo de servicio.
- 7.- Un medio de obtener información que justifique la aplicación de medidas punitivas como las sanciones económicas.

Las inspecciones pueden facilitar información que ayude a planear futuras actividades de supervisión (sobre los contaminantes que haya que vigilar, los sitios en donde se deben tomar muestras representativas de la descarga de aguas residuales, aspectos de seguridad, etc). La visita de inspección, también puede proporcionar información sobre los cambios que haya que llevar a cabo en los procedimientos para una mejora de los mismos. Por ejemplo, si una inspección indica que la instalación no esta cumpliendo con las disposiciones establecidas de una manera recurrente, posiblemente sea recomendable clausurar la descarga conectada a la red de alcantarillado de dicha instalación. Por otra parte, si durante las últimas cinco inspecciones para una misma instalación, se ha corroborado el cabal cumplimiento con lo establecido en la Norma, seguramente convenga reducir la frecuencia de las visitas de inspección para dicho caso particular.

Las visitas domiciliarias de inspección, también pueden servir para que el inspector establezca y mantenga un contacto directo con el representante de la instalación, ya que proporcionan una ocasión para intercambiar ideas e inquietudes. El inspector debe informar al representante de la instalación, de cualquier reciente disposición en la Norma y ofrecerle asistencia técnica sobre los procesos de pretratamiento para reducir los niveles de concentración de los contaminantes en la fuente generadora.

#### **IV.2.7.2.3. Importancia del muestreo en una visita de inspección**

La única forma de establecer si existen determinados niveles de concentración de contaminantes en la descarga de aguas residuales que genera la instalación, así como el cumplimiento de la misma con lo establecido en la Norma, es caracterizando dicha descarga a través de un muestreo simple o compuesto según el caso, seguido de un análisis de laboratorio. Debido a la necesidad de obtener resultados analíticos de laboratorio exactos, fiables y reproducibles, y al hecho de que pueden ocurrir errores importantes en los procedimientos de muestreo y análisis, es esencial que se ponga especial atención en la selección de los puntos de muestreo, para asegurar con ello que las muestras tomadas sean representativas, así como el uso del material y el método adecuado para la toma, preservación “in situ” y los análisis de laboratorio que correspondan. El inspector debe evaluar cuidadosamente los puntos dentro o fuera de la instalación para la toma de muestras, los parámetros de calidad de agua que se estén midiendo, y los métodos utilizados para el muestreo en sí, con el fin de asegurar que la información obtenida que deriven de los análisis de laboratorio sea representativa de la calidad del agua residual de la descarga.

#### **IV.2.7.2.4. Tipos de inspecciones y la frecuencia con la que deben de efectuarse**

La inspección a una instalación y el muestreo correspondiente de su descarga, pueden realizarse simultáneamente. En el caso de las visitas domiciliarias de inspección, se pueden programar de la siguiente manera:

- 1.- Previa notificación a la instalación correspondiente.
- 2.- Sin previa notificación a la instalación correspondiente.
- 3.- Inspección que se lleva a cabo a solicitud del representante, poseedor o dueño de la instalación, como consecuencia de haberse presentado alguna contingencia o emergencia, como pudiera ser el derrame fortuito de una sustancia peligrosa al drenaje de piso del interior de la instalación.

##### *Inspección con previa notificación*

Es un tipo de inspección en la cual la JAPAC y el responsable establecen de común acuerdo la fecha y la hora de la visita, considerando un mínimo de 7 a un máximo de 30 días naturales antes de la visita contados a partir de la fecha del acuerdo, criterio que se establece en función del tamaño y giro de la instalación. El propósito de este tipo de visitas es:

- 1.- Recopilar información de campo y realizar el muestreo de la descarga de aguas residuales correspondiente, para evaluar el cumplimiento de la Norma.
- 2.- Detectar cambios en los procesos productivos que pudieran deteriorar significativamente la calidad de agua de la descarga.
- 3.- Establecer contacto con el representante de la instalación y responder a sus preguntas, manteniendo con el susodicho una relación de cooperación y apoyo técnico.
- 4.- Verificar la información proporcionada por la instalación a la JAPAC.

#### *Inspección sin previa notificación*

Las actividades de supervisión e inspección no programadas, se llevan a cabo de manera aleatoria para evaluar el cumplimiento de la Norma. Dicha visita, tiene los mismos objetivos que una inspección programada, con la diferencia que se realiza sin previa notificación al representante de la instalación. Las inspecciones de este tipo son especialmente efectivas si se acompañan de un aforo y muestreo de la descarga de aguas residuales.

#### *Inspección efectuada respondiendo a una solicitud previa*

Este tipo de inspección normalmente tiene lugar como resultado de una situación de emergencia, y debe ser iniciada cuando el representante de una instalación haya notificado a la JAPAC, el evento fortuito de una contingencia o emergencia, como pudiera ser el derrame de una sustancia peligrosa al drenaje de piso del interior de la instalación.

El propósito de este tipo de visita es:

- 1.- Establecer la naturaleza, duración y grado de peligrosidad de la descarga fortuita.
- 2.- Realizar el muestreo y los análisis de laboratorio correspondientes, para verificar la presencia de contaminantes incompatibles en la descarga de aguas residuales.
- 3.- Realizar las medidas correctivas que sean necesarias para controlar o mitigar los impactos adversos generados por la descarga.
- 4.- Documentar la información requerida del caso, para llevar a cabo cualquier verificación o aplicación de medidas posteriores.

La inspección debe realizarse inmediatamente, si existe una situación de emergencia en el sistema de alcantarillado local, cuando se trate sobre todo de derrames, obstrucciones, fuego o explosiones. El personal de muestreo y de laboratorio deberá ser notificado para asegurarse que las muestras se tomen cuanto antes y que los análisis de laboratorio se realicen rápidamente; con el objeto de contar con la información mínima requerida para una rápida toma de decisiones.

### *Frecuencia con que deben realizarse las inspecciones*

Los siguientes criterios generales son tomados en cuenta para determinar la frecuencia de las visitas domiciliarias:

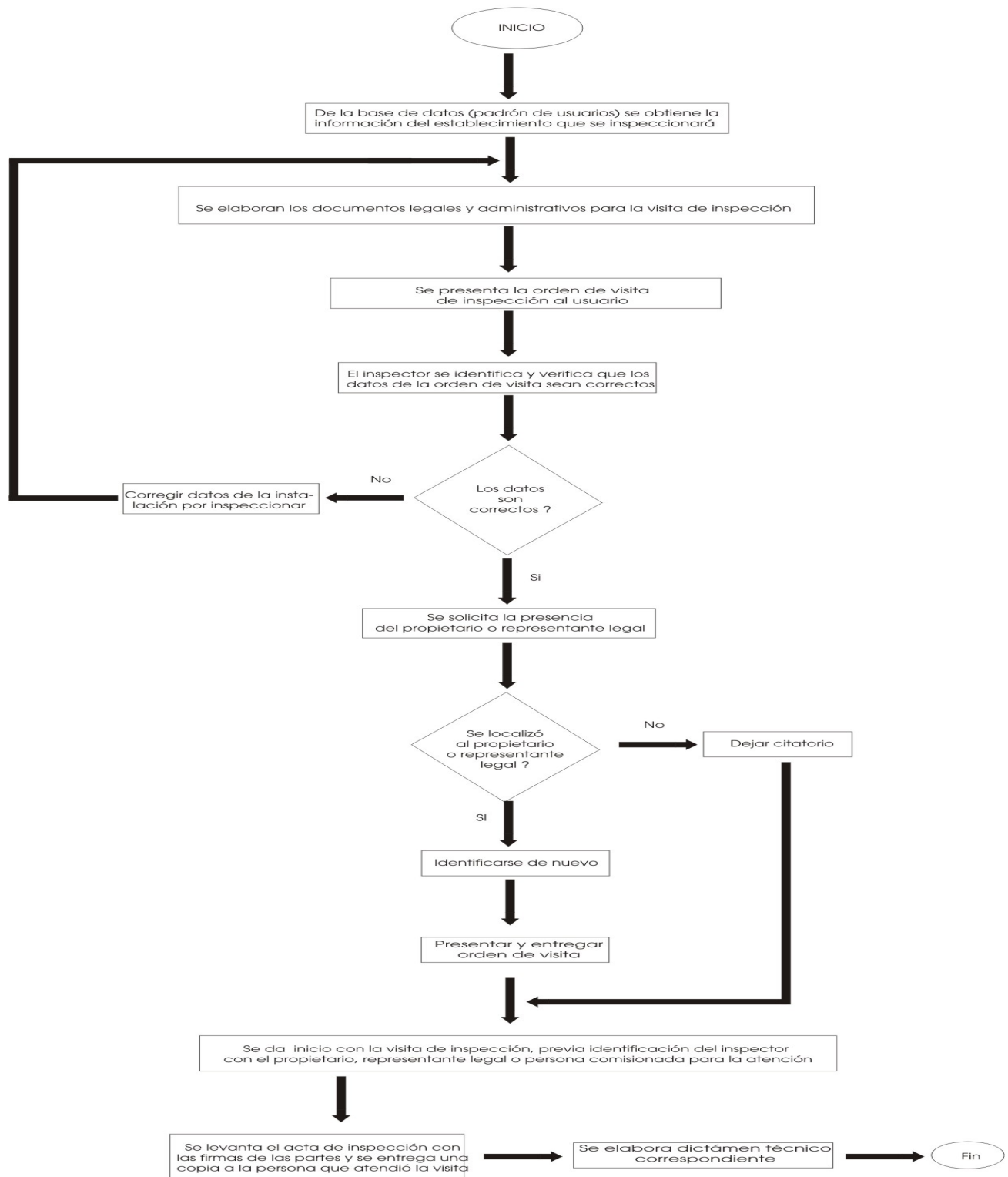
- 1.- Si la instalación ha cumplido o incumplido regularmente con las disposiciones en el pasado.
- 2.- El potencial que pudiera tener la descarga de una instalación, de impactar inmediatamente la infraestructura del sistema de alcantarillado así como la Planta Norte.
- 3.- Si la instalación genera una descarga permanente (de 24 horas), intermitente o durante un cierto período de tiempo de manera continua.
- 4.- Tipo y nivel de concentración de los contaminantes presentes en la descarga de aguas residuales.
- 5.- Disponibilidad del personal de inspección, muestreo y de laboratorio, así como de la infraestructura y logística requerida (JAPAC, 2005).

#### **IV.2.7.2.5. Procedimientos para una visita de inspección**

Para poder realizar inspecciones amplias y precisas, el inspector realiza las preguntas apropiadas respecto a que áreas de la instalación ameritan especial atención. Ello supone, que el inspector está familiarizado totalmente con los procesos productivos de la instalación correspondiente, y sobre todo de aquellos procesos en los cuales son generadas las aguas residuales así como la tecnología utilizada en su pretratamiento si fuera el caso (Fig.IV.12).



**Diagrama de flujo para la ejecución de visitas de inspeccion, a instalaciones con descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal local**



**Figura IV.12. Procedimientos generales para la ejecución de la visita de inspección (JAPAC, 2005)**

Los procedimientos generales que se realizan para llevar a cabo una apropiada visita domiciliaria de inspección, se citan a continuación.

### *Preparación de la visita*

Antes de visitar la instalación, el inspector debe prepararse para la visita. Es decir, debe entre otras cosas determinar el propósito y alcance de la inspección, revisar el expediente correspondiente, notificar al laboratorio de los análisis que serán requeridos si fuera el caso, así como preparar el equipo que se utilizará durante la inspección.

Una revisión a fondo del expediente de la instalación que se propone inspeccionar, ahorrará mucho tiempo y confusión sobre la misma. Antes de llevar a cabo la inspección es requerido revisar el siguiente material:

- 1.- Consulta del expediente correspondiente, para conocer toda la información disponible sobre la instalación.
- 2.- Plano de la infraestructura hidrosanitaria de la instalación, que muestre las conexiones a la red de alcantarillado municipal, así como la toma de agua potable de la red municipal si fuera el caso, con el objeto de verificar el consumo de agua de primer uso.
- 3.- Información bibliográfica sobre los procesos productivos de la instalación. Al disponer de esta información, el inspector formula de antemano las preguntas específicas sobre los procesos generadores de las aguas residuales.

### *Inspección de la instalación*

- 1.- Recorrido de reconocimiento en los alrededores de la instalación.- Antes de tener acceso a la instalación, el inspector debe realizar un reconocimiento de la periferia de esta, para tener en cuenta el tamaño de la misma, considerando cualquier edificio adicional o área de almacenaje externa. Si el punto de la descarga al sistema de alcantarillado es de fácil acceso, el inspector procederá a examinarlo para asegurar que no habrá problemas para efectuar el muestreo de una forma rápida y segura.
- 2.- Entrevista preliminar e inicio formal de la visita de inspección.- El inspector debe contactar al representante de la instalación a su llegada a la misma, previa identificación y entrega de oficio de comisión fundamentado legalmente y suscrito por el representante legal de la JAPAC, para posteriormente proceder a entablar una entrevista inicial para explicar el propósito de la visita domiciliaria de inspección e informar de la secuencia para la ejecución de la misma. La entrevista inicial, también sirve para facilitar a las instalaciones la información mínima necesaria sobre los objetivos del PCD local, y contestar cualquier interrogante que el representante de la instalación pueda tener. El inspector, también debe aprovechar la ocasión para hacer cualquier pregunta sobre la instalación para obtener información general, como puede ser una descripción verbal de los procesos productivos que en la instalación se realizan, así como la información relativa a los desechos generados y a la probabilidad de que alguno de ellos sea vertido sin tratamiento alguno a la red del sistema de alcantarillado. Las preguntas que se formulan, se basan en la información necesaria para completar el informe de la inspección

denominada “acta de visita de inspección” (ver Anexo II.5), que debe de incluir entre otros datos: el número de empleados, las horas que dura el proceso generador de la descarga de aguas residuales, los insumos o materias primas utilizadas, así como los productos obtenidos.

### 3.- Información solicitada en la entrevista preliminar

a) Información general de la instalación.- Incluye la razón y denominación social de la instalación, la dirección de la misma, el nombre y el puesto de la persona que se deba contactar y su número de teléfono, el año en el que la instalación entró en operación, el número de empleados en cada turno, etc.

b) Agua de primer uso.- Si es posible, se obtiene la información sobre el volumen de agua de primer uso (preferiblemente durante un año) para calcular el promedio del consumo y detectar los meses de mayor y menor consumo.

c) Almacenaje de productos químicos.- Se debe hacer una lista de los productos químicos almacenados que aunque no esten presentes en las aguas residuales generadas, tengan el potencial de impactar negativamente a la infraestructura del sistema de alcantarillado, en el supuesto de que se descargaran fortuitamente al mismo. Dichos productos incluyen solventes, pinturas, ácidos, bases, combustibles, aceites y biocidas. Se debe tomar el número de registros que correspondan al drenaje de piso y en particular de los que se encuentren cercanos a los productos químicos almacenados.

d) Efluentes distintos a las aguas residuales de proceso y conducidos por drenaje separado.- La descarga de efluentes diferentes a la descarga de proceso, puede provenir de muchas fuentes, entre las cuales la más común es el agua utilizada como medio refrigerante. Si es posible, se establece tanto en la conversación inicial como en la gira por las instalaciones, si el agua utilizada como refrigerante u otros tipos de efluentes estan contaminados, y si la disposición final de estos tiene lugar en la red del sistema de alcantarillado o en un cuerpo de agua receptor.

e) Uso de aditivos para equipos de generación de calor y refrigeración.- Las preguntas que se hacen al respecto, se refieren a los aditivos utilizados en el tratamiento del agua usada, ya sea para generación de calor o refrigeración, especialmente lo relativo al uso de algicidas (que puede contener cromatos). Se debe determinar la frecuencia con que se realizan las purgas de lodos de estos equipos, así como la naturaleza de cualquier contaminante que exista en las mismas, y conocer si estos desechos son vertidos a la red del sistema de alcantarillado.

f) Nombre, tipo y domicilio de cualquier empresa contratada que preste el servicio de recolección, transporte y disposición final de desechos.- Es importante recabar la información de aquellas empresas contratadas por el responsable de la descarga, que den el servicio de recolección, acopio, transporte y disposición final de los desechos generados por la instalación, tales como aceites gastados, solventes o lodos químicos.

4.- Recorrido por la instalación.- Después de la conversación inicial, se debe realizar siempre una gira completa por las instalaciones para llevar a cabo una inspección visual

de las mismas. Por muy completa que haya sido la entrevista, nunca puede reemplazar la inspección visual de los procesos generadores de las aguas residuales, ya que puede descubrirse que algunos desechos no fueron tomados en cuenta por el representante de la instalación, porque no se les dio la importancia debida o porque simplemente se le olvido mencionarlos. La gira ofrece la oportunidad de obtener más detalles y verificar las respuestas proporcionadas a ciertas preguntas importantes realizadas durante la entrevista inicial. La gira se inicia normalmente en el área de producción, partiendo del almacén de materias primas hasta acabar con el producto terminado.

5.- Alcance de la visita domiciliar de inspección.- La visita de inspección, ofrece una excelente oportunidad para recopilar la información detallada sobre la instalación, para efecto de poder evaluar el cumplimiento con lo establecido en la Norma. A continuación, se describe la información que debe obtenerse y documentarse en el transcurso de una inspección.

a) Un diagrama de flujo de uso del agua en toda la instalación, que indique el o los procesos generadores de las aguas residuales.

b) Una descripción de cada descarga de aguas residuales (incluyendo descargas intermitentes), así como el volumen, calidad de agua, tiempo de descarga y punto de vertido final.

c) Lo ideal es medir todos los gastos de los efluentes generados. Si dicha medición no puede llevarse a cabo, se le solicita al representante de la instalación la información sobre el tiempo que dura la descarga. Asimismo, se toma el dato del diámetro de la tubería de la descarga final y si es posible se mide el tirante de agua para efecto de proceder después al cálculo del gasto correspondiente. Si el efluente deriva de los equipos de aire acondicionado y refrigeración, generación de calor o compresores de aire, se toma el dato del equipo correspondiente que genera dicho efluente. Si la instalación tiene un medidor de gasto para las aguas residuales generadas, se toma nota de los valores observados que correspondan a un período de tiempo representativo. Se determinará que descargas se hacen por lotes o de manera intermitente. Los reactores, tanques de galvanoplastia y cualquier otro tanque en donde se realice un proceso por lote, contienen con frecuencia productos químicos que posiblemente son descargados intermitentemente; las soluciones para limpiar metales (decapado ácido) constituyen un buen ejemplo. Es de suma importancia conocer el volumen, naturaleza química y marca de los insumos químicos usados en el proceso productivo (ver Anexo II.5). Si la instalación cuenta con un pretratamiento para efluentes ácidos o alcalinos, se anotará este hecho así como el método utilizado para determinar si el desecho estabilizado ha sido tratado hasta un nivel aceptable. También es importante saber la forma en que dichos efluentes se introducen a la descarga final (si se hace gradual o súbitamente). El lavado general de la instalación (su frecuencia y el volumen de agua usada) también es importante, ya que en la mayoría de las instalaciones dicho lavado representa la descarga de mayor volumen y algunas veces de mayor importancia.

d) Si la instalación cuenta con algún tipo de pretratamiento, se describirá el proceso en detalle, así como la disposición final de cualquiera de los subproductos de dicho pretratamiento. Cuando se cuente con trampas para sólidos, o de grasas y aceites, se

anotará la frecuencia con que se les da limpieza y el nombre y domicilio de la compañía contratada para recolectar, acopiar, transportar y disponer finalmente estos desechos. Se recopilará cualquier tipo de información relativa al sistema de pretratamiento (resultados de laboratorio, pH de la descarga, el método para la disposición final del lodo, etc.)

e) La lista de los contaminantes que mayor vigilancia y control requieren, se divide a su vez en dos categorías:

- Contaminantes que entran en contacto directo con la descarga final.
- Contaminantes que normalmente no están presentes en la descarga, pero pueden introducirse en el agua residual por derrames accidentales de algún tanque de almacenamiento o debido a problemas operativos de equipos o máquinas.

f) Identificación de los puntos de muestreo para la rápida toma de muestras de aguas residuales representativas.

g) Revisión de los resultados de análisis de las aguas residuales de la descarga, en el caso de que se tengan.

h) Descripción del plan de contingencia y/o medidas de mitigación requeridas, para el caso de un derrame accidental de una sustancia o desecho peligroso almacenado, que pueda tener como destino final el sistema de alcantarillado. Se recabará la información sobre los derrames que haya habido en el pasado, así como de los problemas temporales con cualquiera de las unidades del proceso que puedan afectar significativamente la calidad del agua residual generada.

i) Una descripción del equipo para el control de la contaminación atmosférica si fuera el caso, mismo que puede generar una descarga de agua residual, así como los contaminantes que posiblemente pudieran encontrarse en dicho efluente. En algunas instalaciones industriales, el efluente procedente de la limpieza del aire puede ser el principal producto de desecho, y es posible que contenga una gran variedad de sustancias contaminantes que no se encuentren en ningún otro tipo de efluente. Las cabinas para recubrimiento con pintura, a veces utilizan “cortinas de agua” para contener y absorber los vapores de los solventes de la pintura. Es requerido describir dichos dispositivos si fuera el caso, y los contaminantes que posiblemente estén presentes en los efluentes procedentes de los mismos.

j) Una descripción de cómo se manejan, almacenan y disponen finalmente los desechos sólidos.

k) Una descripción de los cambios propuestos o realizados recientemente en los procesos productivos de la instalación, que pudieran deteriorar significativamente la calidad del agua residual generada.

l) Identificar los peligros específicos, estableciendo procedimientos para garantizar la seguridad del personal que realiza tanto la visita de inspección, como el muestreo de las aguas residuales.

### *Entrevista final*

Después de concluir el recorrido de la instalación, se lleva a cabo la entrevista final con el representante de la misma, para solicitar la información adicional que corresponda e informar sobre los resultados de la inspección, así como para proceder finalmente a levantar el acta de visita de inspección.

### *Realización del muestreo de la descarga de aguas residuales*

El muestreo puede llevarse a cabo simultáneamente junto con la inspección o independientemente de la misma. El propósito del mismo, es recabar la información específica sobre el nivel de concentración de los contaminantes descargados, determinando con ello si se está cumpliendo con lo establecido en la Norma.

Para el caso de un muestreo compuesto, el número mínimo de muestras simples necesarias para conformar la muestra compuesta y la frecuencia de muestreo, se apegarán a lo establecido en la Tabla No 2 de la citada norma.

#### **IV.2.7.2.6. Expedición de permisos para descarga y establecimientos de controles**

La JAPAC otorga un permiso único para la descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado local, documento con fundamento legal que muestra los límites máximos permisibles de contaminantes, establecidos para cada caso particular (ver Anexo II.2). La implantación del programa local, implicó entre otras cosas que el usuario debía entender claramente qué acciones son necesarias y esperadas. Asimismo, la JAPAC está obligada a orientar e informar al responsable de los requisitos mínimos que son requeridos para el control de la contaminación desde la fuente generadora, información técnica que debe ser proporcionado de manera clara y concisa.

En México la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, establece como instrumento de la política ambiental, la autorregulación y las auditorías ambientales. Por medio de estos instrumentos, se apoya y fomenta a los sectores productivos, para que mejoren su desempeño ambiental respetando la normatividad vigente en la materia, al establecer compromisos en cumplir con mayores niveles o metas en materia de protección ambiental (LGEEPA, 1988).

#### **IV.2.7.2.7. Actividades de seguimiento y/o verificación**

La JAPAC cuando así lo considera necesario, realiza los seguimientos para detectar aquellas descargas de aguas residuales problemáticas y a su vez realiza los trabajos de supervisión que aseguren el cumplimiento permanente de las condiciones de descarga que hayan sido establecidas para cada caso particular.

## **IV.2.8. Imposición de sanciones**

### **IV.2.8.1. Objetivos de las sanciones**

Las sanciones son el instrumento coercitivo que sirven para presionar al usuario, a cumplir con las condiciones establecidas en la Norma. Es decir, la operatividad del programa local depende en gran medida de la aplicación de sanciones. Asimismo, la aplicación de una sanción implica un acto de autoridad por parte de la JAPAC, la cual debe estar debidamente fundamentada en el derecho.

En un primer nivel, se pueden considerar las sanciones de tipo económicas por incumplimiento de la Norma, con fundamento en el principio de “quien contamina paga”. Este tipo de sanciones es un instrumento que obliga al usuario al cumplimiento, al resultar más económico para el responsable el implantar un sistema de pretratamiento en su instalación, con el objeto de reducir la concentración de cierto contaminante que de otra manera tendría que descargarlo al sistema de alcantarillado local.

En la aplicación de sanciones y su grado de severidad, la JAPAC toma mucho en cuenta el historial de cumplimiento del usuario infractor. Un usuario que normalmente cumple en tiempo y forma con lo establecido en la Norma y que en algún momento se le demostrará un incumplimiento temporal debido a una situación fortuita, no merece la misma sanción que un usuario que constantemente reincide en situaciones de incumplimiento (JAPAC, 2005).

### **IV.2.8.2. Aplicación de sanciones económicas**

#### **IV.2.8.3. Marco legal específico y cuotas para el cálculo del monto mensual a pagar, por concepto del incumplimiento a lo establecido en la Norma**

Mediante el decreto No 368 expedido por el H. Congreso del Estado de Sinaloa, publicado en el Diario Oficial del Estado con fecha de 6 de agosto del 2003, fue aprobado el actual régimen tarifario de la JAPAC, mismo que establece las cuotas para el cálculo mensual de los montos a pagar para aquellos usuarios que incumplan con lo establecido en la Norma (JAPAC, 2003). Dicho documento legal, establece que:

Con fundamento en el artículo 119 BIS de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, así como también en la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, los usuarios que descarguen sus aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal que difieran a la de tipo doméstico y/o pluvial, y que rebasen los límites máximos permisibles de los contaminantes establecidos en la Norma, pagarán por concepto de descargar cargas contaminantes excedentes en base a las cuotas indicadas en este decreto, según el tipo de contaminante descargado y el índice de incumplimiento para cada caso particular. En las tablas IV.14, 15 y 16, son mostradas la cuotas en pesos por cada kilogramo de contaminante excedente descargado, en función de su correspondiente índice de incumplimiento (Diario Oficial del Estado de Sinaloa, 2003).

**Tabla IV.14. Cuotas en pesos por kilogramo excedente**

<b>de contaminantes básicos descargados (DBO<sub>5</sub>, SST y G y A)</b>	
<b>Indice de incumplimiento</b>	<b>Pesos/kg</b>
De 0.00 hasta 0.10	Exento
Mayor de 0.10 hasta 1.00	2.53
Mayor de 1.00 hasta 2.00	3.43
Mayor de 2.00 hasta 3.00	3.94
Mayor de 3.00 hasta 4.00	4.31
Mayor de 4.00 hasta 5.00	4.58
Mayor de 5.00	4.72

<b>Tabla IV.15. Cuotas en pesos por kilogramo excedente de metales pesados y cianuros descargados</b>	
<b>Indice de incumplimiento</b>	<b>Pesos/kg</b>
De 0.00 hasta 0.10	Exento.
Mayor de 0.10 hasta 1.00	105.72
Mayor de 1.00 hasta 2.00	141.69
Mayor de 2.00 hasta 3.00	161.74
Mayor de 3.00 hasta 4.00	176.15
Mayor de 4.00 hasta 5.00	187.65
Mayor de 5.00	193.23

<b>Tabla IV.16. Cuotas en pesos por metro cúbico para el parámetro potencial hidrógeno</b>	
<b>Rango en unidades de pH</b>	<b>Pesos/m<sup>3</sup></b>
Menor de 5 y hasta 4	0.038
Menor de 4 y hasta 3	0.133
Menor de 3 y hasta 2	0.426
Menor de 2 y hasta 1	1.247
Menor de 1	1.732
Mayor de 10 y hasta 11	0.212
Mayor de 11 y hasta 12	0.663
Mayor de 12 y hasta 13	0.943
Mayor de 13	1.342

#### **IV.2.8.4. Procedimientos para calcular el monto mensual a pagar para contaminantes básicos, metales pesados y cianuros**

##### *Cálculo de la carga contaminante excedente*

Si los valores de las concentraciones expresadas en mg/L (como promedio mensual), rebasan los valores establecidos como límites máximos permisibles en la Norma, el cálculo para la carga contaminante excedente sera:

- 1.- Al promedio mensual observado, se le restará su respectivo valor establecido como límite máximo permisible.
- 2.- Lo que resulte de la anterior resta, se multiplicará por un factor de 0.001 para convertir las unidades de mg/L a kilogramos/m<sup>3</sup>.



3.- La diferencia de la concentración del contaminante correspondiente en  $\text{kg/m}^3$ , se multiplicará por el volumen de aguas residuales en metros cúbicos descargadas en el mes correspondiente, para obtener así la carga contaminante excedente descargada expresada en  $\text{kg/mes}$ .

#### *Cálculo del índice de incumplimiento*

Para cada contaminante que rebase el límite máximo permisible establecido, a la concentración observada como promedio mensual del contaminante, se le restará el valor del límite máximo permisible como promedio mensual respectivo, cuya diferencia deberá dividirse entre el mismo valor del límite máximo permisible, para obtener así el índice de incumplimiento del contaminante correspondiente.

#### *Identificación de la cuota a aplicar correspondiente*

En base al valor del índice de incumplimiento obtenido del contaminante correspondiente conforme al procedimiento anterior, se seleccionará el rango de valores que incluya el valor del índice calculado según las Tablas IV.14 y IV.15, para proceder a identificar la cuota correspondiente en pesos por kilogramo de contaminante, la cual se utilizará para el cálculo del monto mensual a pagar.

#### *Cálculo del monto mensual a pagar*

Para calcular el monto mensual a pagar para cada tipo de contaminante que rebase su correspondiente límite máximo permisible, se multiplicará la carga contaminante excedente calculada en  $\text{kg/mes}$  por la cuota correspondiente en pesos/kilogramo. Para el caso particular del contaminante potencia hidrógeno (pH), el importe del cobro se determinará de acuerdo con las cuotas indicadas en la Tabla IV.16, si las unidades de pH en la descarga se encontrasen fuera del rango de valores establecidos para este parámetro de calidad de agua, el volumen mensual descargado se multiplicaría por la cuota correspondiente en  $\text{pesos/m}^3$  para así obtener el monto mensual.

#### **IV.2.8.4.1. Ejemplos de cálculos de montos mensuales a pagar por incumplimiento de la Norma**

##### **Ejemplo No 1**

**Giro:** Industria procesadora de alimentos para consumo animal

**Gasto medio diario vertido**= 0.5 L/s

**Resultado de concentración (promedio mensual) observado para la  $\text{DBO}_5$** = 1,050 mg/L

**Volumen mensual descargado**=  $(0.5 \text{ L/s})(86,400 \text{ s/día})(30 \text{ días/mes}) (1\text{m}^3/1000 \text{ lt})= 1,296 \text{ m}^3/\text{mes}$

**Límite máximo permisible (promedio mensual) de  $\text{DBO}_5$** = 150 mg/L

**Índice de incumplimiento**=  $(1,050 \text{ mg/L} - 150 \text{ mg/L}) / 150 \text{ mg/L} = 6$

**Según la Tabla III.14, cuando el índice de incumplimiento es mayor de 5.0 corresponde a una cuota = \$ 4.72/kg**

**Carga contaminante excedente mensual**= $(1,050\text{mg/L}-150\text{mg/L})(0.001)(1,296\text{m}^3/\text{mes})=1,166.40\text{ kg/mes}$

**Monto mensual a pagar en pesos**=  $(1,166.40\text{ kg/mes})(\$ 4.72/\text{kg})= \$ 5, 503.52/\text{mes}$

## **Ejemplo No 2**

**Giro:** Industria de galvanoplastia

**Gasto medio diario vertido**= 0.5 L/s

**Resultado de concentración (promedio mensual) observado para plomo total**= 2.5 mg/l

**Volumen mensual descargado**=  $(0.5\text{ l/s})(86,400\text{ s/día})(30\text{ días/mes}) (1\text{m}^3/1000\text{ lt})= 1,296\text{ m}^3/\text{mes}$

**Límite máximo permisible (promedio mensual) para el plomo total**= 1.0 mg/L

**Índice de incumplimiento**=  $(2.5\text{ mg/L} - 1\text{ mg/L}) / 1\text{ mg/L} = 1.5$

**Según la Tabla III.15 cuando el índice de incumplimiento esta en el rango entre 1.0 a 2.0, corresponde a una cuota = \$ 141.69/kg**

**Carga contaminante excedente mensual**=  $(2.5\text{ mg/L}-1.0\text{ mg/L})(0.001)(1,296\text{ m}^3/\text{mes})= 1.944\text{ kg/mes}$

**Monto mensual a pagar en pesos**=  $(1.944\text{ kg/mes})(\$ 141.69/\text{kg})= \$ 275.44/\text{mes}$

## **Ejemplo No 3**

**Giro:** Industria de acabado de piezas metálicas

**Gasto medio diario vertido**= 0.5 L/s

**Resultado (promedio aritmético) observado para el pH, en unidades**= 1.5

**Volumen mensual descargado**=  $(0.5\text{ L/s})(86,400\text{ s/día})(30\text{ días/mes}) (1\text{m}^3/1000\text{ lt})= 1,296\text{ m}^3/\text{mes}$

**Según la Tabla III.16, cuando el valor de pH observado esta en el rango entre 1.0 y 2.0, corresponde a una cuota= \$1.247/m<sup>3</sup>**

**Monto mensual a pagar en pesos**=  $(1,296\text{ m}^3/\text{mes})(\$ 1.247/\text{m}^3)= \$ 1,616.11/\text{mes}$

### **IV.2.9. El manejo de la información**

El programa local posee entre sus herramientas más importantes, un sistema de información (plataforma de base de datos), que permite el registro y sobre todo el análisis oportuno de la información recabada para efecto de una rápida detección de riesgos, facilitando con ello la rápida toma de decisiones.

#### *Manejo confidencial de la información de uso restringido*

Generalmente, la información confidencial se refiere al proceso industrial o los materiales disponibles usados para la producción dentro de una instalación. Esta información por lo tanto no esta disponible al público, ya que se registra en forma especial indicando mediante una etiqueta esta condición. Asimismo su acceso es limitado y esta estrictamente controlado.

## V. RESULTADOS OBTENIDOS

### V.1. Organización del primer foro estatal dirigido al manejo de aceites gastados de tipo automotriz

#### *Antecedentes*

En la actualidad en nuestro país la regulación y el control del manejo de los materiales y residuos peligrosos, así como de las actividades altamente riesgosas, es del ámbito de competencia federal a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente, y Recursos Naturales (SEMARNAT).

El Instituto Nacional de Ecología, estima que cada año en el país se generan más de 325 millones de litros de aceites gastados (INE, 2000).

Un aceite gastado, es aquel que ha sido utilizado en los vehículos automotores y motores en general, que durante su uso se mezcló con impurezas de partículas de metal, agua y aditivos. Los mayores generadores de estos residuos son las agencias automotrices que tienen talleres de servicios en general, siguiéndole en importancia los talleres particulares.

#### 1.- Panorama del marco legal

La clasificación de un residuo como peligroso es una de las etapas más trascendentales de la gestión de los residuos, ya que de ella parte el que los que así sean clasificados se sometan a un control más riguroso con el propósito de incrementar la seguridad en su manejo y prevenir o reducir sus riesgos para la salud pública o el medio ambiente.

Por ahora, no existe una coincidencia en la forma en la que los distintos países clasifican los residuos, aunque en todos los casos entre los criterios que se emplean para sustentar dicha clasificación se encuentran las propiedades de los residuos consideradas como peligrosas, los volúmenes de generación y las condiciones y formas de manejo.

La LGEEPA, define como residuo peligroso a todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Por su parte, la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993 que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, establece en el anexo 3 tabla 2 que se refiere a la “clasificación de residuos por fuente no específica” de dicha norma, que el aceite lubricante gastado es clasificado por definición como un residuo peligroso con la clave de tóxico e inflamable. En la Tabla V.1 se muestra la clasificación de un aceite gastado con su correspondiente clave CRETIB.

<b>Tabla V.1. Clasificación de un aceite gastado como residuo peligroso</b>		
<b>Clave CRETIB</b>	<b>Residuo peligroso</b>	<b>INE</b>
T, I	Aceites lubricantes gastados	RPNE1-1/03

A la fecha, las disposiciones legales que permiten la regulación y el control de los residuos peligrosos en México, son aquellas que están contenidas en la LGEEPA, modificada en diciembre de 1996, en su reglamento en materia de residuos peligrosos publicado en 1988.

## 2.- Impactos ambientales por el manejo inadecuado de los aceites gastados

La falta de infraestructura de servicios para el correcto manejo integral de los aceites y lubricantes gastados, asociada a conductas irresponsables, ha traído consigo que un gran volumen de aceites y lubricantes gastados se viertan a las redes de drenaje local de los centros urbanos. Lo anterior ha provocado la afectación del medio ambiente de diversas formas, así se tiene que un litro de aceite gastado puede contaminar un millón de litros de agua apta para consumo humano.

Los aceites gastados de tipo automotriz, normalmente aparte de contener hidrocarburos y solventes, contienen metales pesados que pueden resultar muy tóxicos a la vida acuática de los cuerpos de agua receptores. Además por ser menos densos que el agua, forman una película superficial reduciendo la transferencia de oxígeno atmosférico en la interfase gas-líquido, además de obstruir el paso de luz requerida para la fotosíntesis. Asimismo el tratamiento de las aguas residuales municipales con un alto contenido de aceites es costoso, así como el incremento de las cuotas de derecho por descargar a cuerpos de aguas nacionales en los casos de incumplimiento.

## 3.- Instrumentos y sistemas de control de los aceites y lubricantes gastados

Entre los instrumentos más sobresalientes de la política ambiental, se encuentra el principio de proximidad que plantea que los aceites y lubricantes gastados deben manejarse tan cerca de la fuente generadora como sea posible, tanto por razones de seguridad como de costos.

El enfoque de la política ambiental para este caso, está basada en la consideración de que el correcto manejo de los aceites y lubricantes gastados tienen un valor económico, lo cual hace conveniente su reciclamiento ya que se puede tener una utilidad económica y a la vez reducir los riesgos de deterioro a la salud pública y medio ambiente.

La reducción de la generación de aceites gastado, así como el “reúso”, reciclado o regeneración, suelen constituir un ahorro y una oportunidad de mejora ambiental, sobre todo si con ello se disminuyen las presiones al medio ambiente y al mismo tiempo se generan fuentes de ingreso y de empleo. Por su parte, las empresas que ofrecen el servicio de manejo de aceites gastados son parte de la cadenas productiva, en la que se utiliza estos materiales como insumos de procesos de transformación que generan productos de consumo, de manera que dichas empresas cierran el círculo de la producción. La política ambiental en materia de residuos peligrosos, identifica como la principal prioridad evitar su generación y en segundo lugar llevar a cabo su reúso, reciclado o regeneración. El tratamiento constituye la tercer opción y tiene como propósito destruir o reducir el volumen y peligrosidad de este tipo de desechos.

#### 4.- Situación local

En la Ciudad de Culiacán se ubican 13 empresas que ofrecen el servicio de lavado y engrasado, 190 talleres mecánicos para automotores y 7 agencias distribuidoras de autos, en total se estima que el volumen de aceite de recambio es aproximado a 1.2 millones de litros mensuales, y que de estos se vierten al drenaje un volumen aproximado a los 20 mil litros diarios, que pueden significar hasta 600 mil litros mensuales (CANACINTRA-Culiacán, agosto de 2002).

En el estado, el total de generadores de aceites gastados registrados en la Delegación de SEMARNAT son 34, de los cuales para la Ciudad de Culiacán corresponden 4 distribuidoras de autos, 3 distribuidoras de maquinaria pesada y camiones de transporte y 3 grandes talleres mecánicos para automotores. Generalmente, empresas grandes como elaboradoras de bebidas purificadoras, de alimentos, etc., cuentan con sus propios talleres mecánicos para dar servicios a sus unidades automotoras.

De acuerdo a los reportes semestrales sobre la generación y el correcto manejo de aceites lubricantes gastados para el primer semestre del 2003, para la Ciudad de Culiacán se tiene registrado un volumen de 105,456 L, los cuales fueron recolectados, almacenados temporalmente y dispuestos por empresas recicladoras autorizadas por la SEMARNAT ubicadas en los Estados de México y Jalisco principalmente (SEMARNAT-Sinaloa, 2002). Como se observa, el porcentaje de la cantidad de aceites gastados que son adecuadamente manejados es mínima comparada al informe del volumen generado que estima CANACINTRA-Culiacán.

#### *Foro estatal sobre manejo de aceites gastados de tipo automotriz*

El primer foro estatal sobre el manejo de aceites gastados, fue organizado el 19 de octubre del 2002, mismo que fue convocado por CANACINTRA-Culiacán y apoyado en el aspecto financiero y logístico por el Gobierno del Estado de Sinaloa, el H. Ayuntamiento del Municipio de Culiacán, la JAPAC, SEMARNAT, PROFEPA, Fundación Sinaloa Eco-Región, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Asociación Mexicana de Distribuidores Automotores, y la Asociación de Talleres Mecánicos de Sinaloa; evento en el que se plantearon los problemas centrales en torno al manejo inadecuado de este tipo de residuos, tales como: el marco jurídico, las políticas de manejo, las estrategias para reducir la contaminación y los impactos negativos al ambiente así como las alternativas viables para un mejor manejo de dichos residuos (CANACINTRA-Culiacán, 2002).

#### *Resultados obtenidos*

De este evento se derivaron compromisos intersectoriales, que están permitiendo eliminar las prácticas inadecuadas de disposición de aceites gastados en el suelo, red de alcantarillado, cuerpos de aguas nacionales, tiraderos clandestinos; evitando así el deterioro de los recursos naturales y por ende reduciendo los niveles de contaminación ambiental.

Dentro de las estrategias implantadas que permiten el manejo adecuado de los aceites gastados generados, está la capacitación técnica permanente de los responsables de los

talleres mecánicos automotrices. Asimismo, para la primer etapa del cumplimiento de acuerdos, CANACINTRA-Culiacán, se dió a la tarea de iniciar el programa piloto de capacitación y acopio de información, así como el diseño, revisión, impresión y difusión del primer manual de para el manejo de aceites gastados, en donde se establecen criterios así como la normatividad ambiental vigente en la materia en lo que corresponde a la recolección, acopio, transporte y disposición final para estos desechos.

Entre las condiciones y requisitos de infraestructura establecidos con las que deben de cumplir los talleres generadores de aceites gastados, estan:

- 1.- Techumbre sobre las áreas de trabajo.
2. Pisos impermeables de cemento.
- 3.- Sistemas de rejillas para la retención de escurrimientos y derrames.
- 4.- Trampas para grasas y aceites.
- 5.- Area específica para el lavado de piezas.
- 6.- Area específica para la disposición temporal de los aceites gastados generados “in situ”.

Asi mismo en la Tabla V.2, se muestran las empresas autorizadas ante SEMARNAT-Sinaloa que ofrecen el servicio local de recolección, almacenamiento temporal y disposición final de aceites gastados de tipo automotriz.

<b>Tabla V.2. Empresas recolectoras de aceites gastados de tipo automotriz, ubicadas en la Ciudad de Culiacán, Estado de Sinaloa, México</b>		
<b>Razón social</b>	<b>Domicilio</b>	<b>Teléfono/fax</b>
Transferencias Ecológicas SA de CV	Privada 2 No 5407 Pte, Col San Rafael. Culiacán, Sinaloa.	(0166 7) 7613131
Grupo Ecosol de México SA de CV	Independencia 2088-A Sur, Centro Sinaloa. Culiacán, Sinaloa.	(01667) 7602521

Entre las condiciones y requisitos establecidos para un correcto manejo “in situ” con las que deben de cumplir los talleres generadores de aceites gastados, estan:

- 1.- Manejar por separado los aceites de recambio.
- 2.- Separar lodos e impurezas.
- 3.- Reducir el uso de solventes (diesel, gasolina) y cualquier tipo de producto desengrasante.

## **V.2. Caso exitoso de la implantación del PCD local**

### **V.2.1. Disminución de la concentración del parámetro de grasas y aceites en las aguas residuales en el influente de la Planta Norte**

#### **V.2.1.1. Antecedentes del caso**

Para efecto de recabar la información de campo requerida para la elaboración de los documentos que conformaron las bases de licitación, para llevar a cabo el concurso público nacional del proyecto para el saneamiento de la Ciudad de Culiacán, la JAPAC realizó en su momento el estudio de la caracterización de las aguas residuales que eran

descargadas al río Culiacán. Dicho estudio consistió en un programa mensual de seguimiento de la calidad del agua residual cruda con la correspondiente medición de gastos, que dio inicio en enero del año 1997 concluyéndose en diciembre del mismo, actividades que se realizaron con estricto apego a lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Asimismo, dichos trabajos de caracterización demostraron que la calidad del agua residual que genera la zona Norte de la ciudad, corresponde a una calidad de agua residual predominantemente de tipo doméstica, con la excepción del parámetro de grasas y aceites, cuyos valores de concentración observados como promedios mensuales fueron del orden de 100 mg/L. Lo anterior, obligó a la JAPAC al compromiso de reducir paulatinamente la concentración de dicho parámetro hasta el valor acordado de 80 mg/L de grasas y aceites como promedio mensual tal y como se muestra en la Tabla V.3, meta que se alcanzó a través de la vigilancia del cumplimiento de la Norma, componente central del PCD local (JAPAC, 2002).

<b>Tabla V. 3. Calidad del agua residual acordada para el influente de la Planta Norte (JAPAC, 1999)</b>			
Parámetro	Unidades	Límites máximos permisibles	
		Promedio mensual	Promedio diario
		Grasas y Aceites	mg/L

### V.2.1.2. Resultados del seguimiento de la concentración del parámetro de grasas y aceites, correspondientes al año 2001

En la Tabla V.4 se presentan los resultados analíticos de laboratorio de las concentraciones del parámetro de grasas y aceites como promedios mensuales, obtenidos durante el año 2001 (Fig V.1 y 2).

<b>Tabla V.4. Comportamiento bimestral de las concentraciones de grasas y aceites (mg/L) como promedios mensuales, correspondientes para el año 2001 (JAPAC, 2001)</b>	
Bimestre	Prom mensual
1	144.81
2	101.21
3	100.81
4	78.14
5	105.29
6	108.20
<b>Prom aritmético</b>	<b>106.41</b>

Bimestre monitoreado	Concentración, en mg/l
1	144.81
2	101.21
3	100.81
4	78.14
5	105.29
6	108.20



Figura V.1. Laboratorio para el control de procesos de la Planta Norte (EMPRESA, 2001)

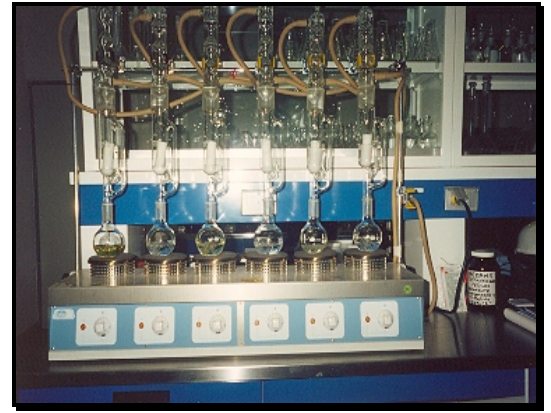


Figura V.2. Equipo de laboratorio para la determinación de concentración del parámetro de grasas y aceites

### V.2.1.3. Identificación y eliminación de las causas del problema

#### 1.- Causas identificadas

- Desconocimiento de la obligatoriedad del cumplimiento de la Norma.
- Negligencia en la aplicación y observancia de la Norma.
- Falta de dispositivos de pretratamiento en los establecimientos generadores de aguas residuales con altos niveles de grasas y aceites (Fig V.3, 4, 5 y 6).
- Falta de conciencia ecológica en la comunidad.



Figura V.3. Trampa para grasas y aceites de un establecimiento de comida rápida



Figura V.4. Interior de una trampa para grasas y aceites



Figura V.5. Trampa para grasas y aceites de un establecimiento de comida rápida, azolvada por falta de limpieza



Figura V.6. Desazolve de un pozo de vista mediante un camión tipo "vector", debido a obstrucción por presencia de grasas y aceites



En la Tabla V.5 se muestra las actividades realizadas durante el año 2002 para la eliminación de las causas que originaban la problemática.

<b>Tabla V.5. Causas identificadas con sus correspondiente acciones correctiva realizadas</b>	
<b>Causa identificada</b>	<b>Acciones correctivas realizadas</b>
Desconocimiento de la obligatoriedad del cumplimiento de la Norma	1.- Visitas técnicas personalizadas a los establecimientos 2.- Pláticas con los representantes y sus agremiados de las cámaras y asociaciones locales, sobre los objetivos y beneficios del PCD local 3.- Elaboración y entrega de folletos informativos acerca de la Norma 4.- Campaña masiva de información a través de los medios de comunicación, para dar a conocer la obligatoriedad del cumplimiento de la Norma
Negligencia en la aplicación y observancia de la Norma	1.- Imposición de sanciones económicas 2.- Mayor vigilancia del cumplimiento de la Norma 3.- Incremento en el número de inspectores, para ampliar la cobertura en la observancia del cumplimiento de la Norma 4.- Aplicación de sanciones administrativas como: corte del servicio de agua potable y/o clausura de la descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado local
Falta de dispositivos de pretratamiento en los establecimientos generadores de las aguas residuales con altos niveles de grasas y aceites	1.- Información a los establecimientos generadores, sobre los dispositivos de pretratamiento para la remoción del contaminante grasas y aceites 2.- Exhortación a los establecimientos con capacidad financiera, de contratar asesoría especializada en dispositivos de pretratamiento
Falta de conciencia ecológica de la comunidad	1.- Difusión de una campaña ecológica, para concientizar a la comunidad sobre el impacto negativo que genera la disposición de este tipo de contaminantes en el ambiente. 2.- Impartición de conferencias sobre el tema, en instituciones educativas

## 2.- Acciones correctivas realizadas

### 2.1 Visitas técnicas personalizadas a establecimientos generadores

#### *Actividades específicas*

- a) Actualización y depuración del padrón de usuarios.
- b) Reclasificación de acuerdo a la actividad o giro de la instalación.
- c) Selección de los establecimientos potencialmente más contaminantes.
- d) Elaboración de los documentos legales requeridos para la ejecución de las visitas domiciliarias de inspección correspondientes.

### 2.2 Reuniones informativas con los representantes y sus agremiados de las cámaras y asociaciones locales, sobre los objetivos y beneficios del PCD local

#### *Actividades específicas*

- a) Elaboración y disertación de ponencias, sobre los objetivos y bondades del PCD local.

### 2.3 Diseño, elaboración y entrega de folletos informativos sobre la Norma

#### *Actividades específicas*

- a) Diseño del folleto en coordinación con el área jurídica y de comunicación social.
- b) Revisión del borrador, validación e impresión del folleto.

c) Entrega de folletos.

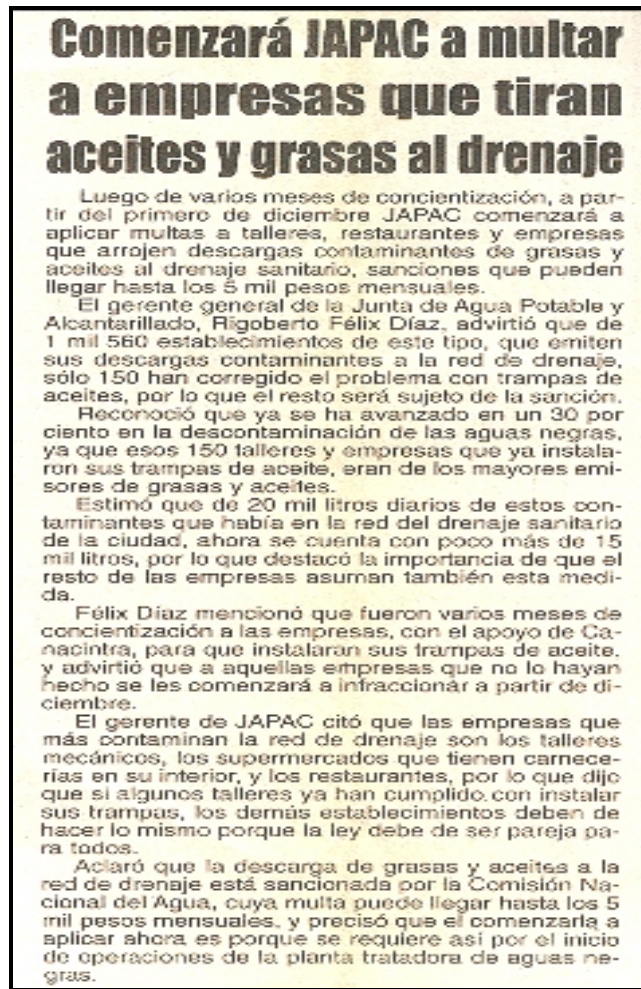
## 2.4 Mayor vigilancia del cumplimiento de la Norma

### *Actividades específicas*

a) Incremento en el número de visitas de inspección.

b) Elaboración de los oficios correspondientes de orden de visita de inspección y comisión.

c) Solicitud al usuario responsable, de realizar la evaluación de la calidad del agua residual descargada para cada establecimiento inspeccionado (Fig. V.7).



**Figura V.7. Nota periodística sobre la aplicación de sanciones a las instalaciones que descarguen grasas y aceites, periódico Sol de Sinaloa 18 de noviembre del 2001**

## 2.5 Información a los establecimientos generadores, sobre los dispositivos de pretratamiento para la remoción del contaminante grasas y aceites

### *Actividades específicas*

a) Información sobre las ventajas de contar con dispositivos de pretratamiento.

- b) Diseño, validación y difusión de sistemas de pretratamiento en base a trampas para remover grasas y aceites, en coordinación con la CANACINTRA (Fig V.8).
- c) Programación y realización permanente de reuniones informativas con las cámaras empresariales: CANACINTRA, CANACO y CANIRAC.

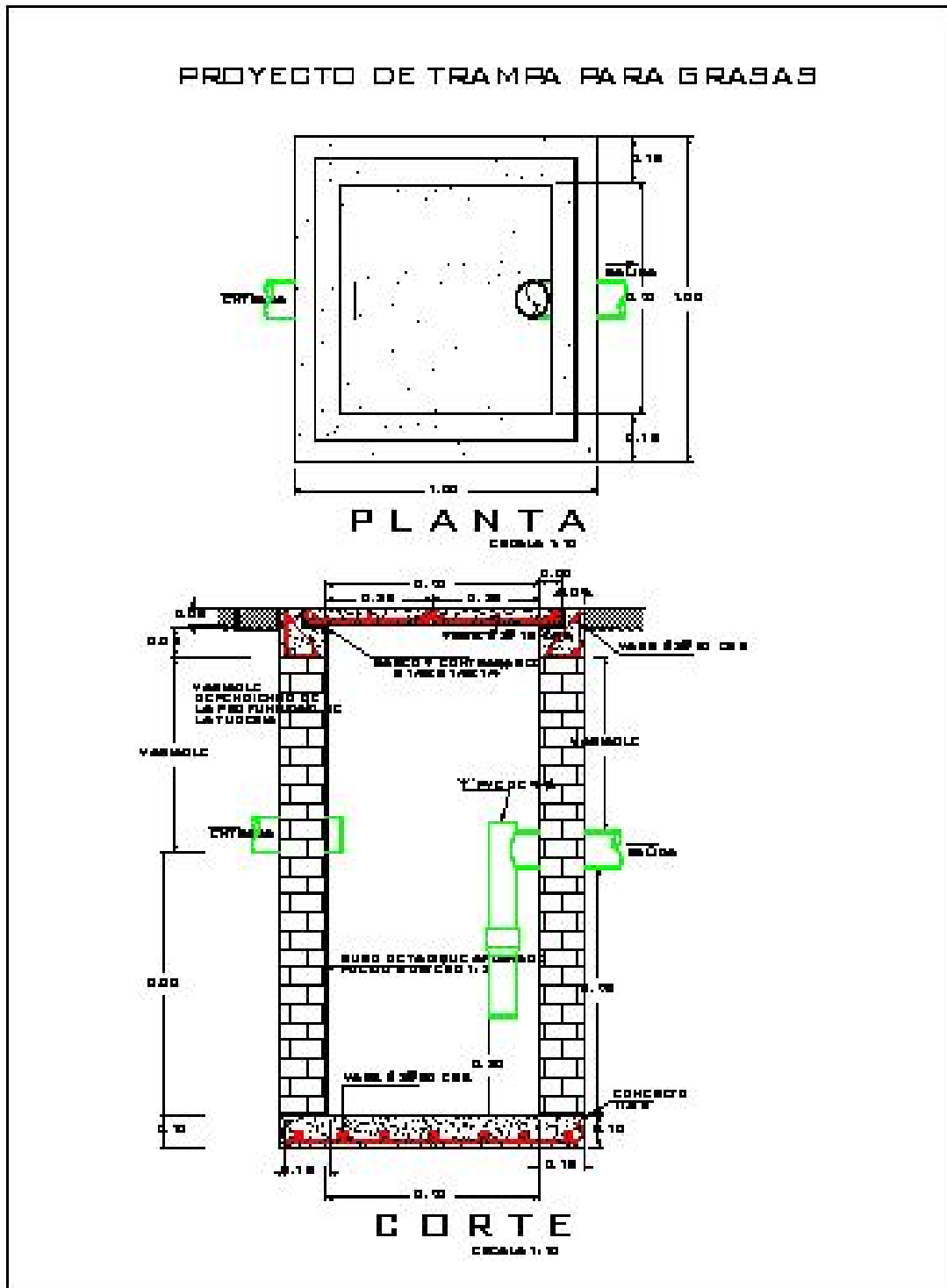


Figura V.8. Diseño estándar de una trampa para remover grasas y aceites (JAPAC, 2000)

#### V.2.1.4. Evaluación cuantitativa de las acciones correctivas realizadas, requeridas para el alcance del objetivo

En la Tabla V.6 se muestra la evaluación cuantitativa de las acciones realizadas, con los beneficios de mayor impacto obtenidos.

Tabla V.6. Evaluación cuantitativa de las acciones realizadas		
Actividad	Realizado	Beneficios de mayor impacto
Reuniones con los representantes y sus agremiados de las cámaras y asociaciones locales, sobre los objetivos y beneficios del PCD local	Se efectuaron 17 reuniones	1.- Cumplimiento del compromiso contractual de la JAPAC, al entregar un agua residual con la calidad acordada a la entrada de la Planta Norte 2.- Reducción en los costos de operación y mantenimiento en la Planta Norte 3.- Cumplimiento con mayor holgura con la calidad establecida para el efluente de la Planta Norte
Diseño, elaboración, impresión y entrega del folleto informativo sobre la Norma	Entrega de 6,000 folletos	
Mayor vigilancia del cumplimiento de la Norma	Se inspeccionaron 205 instalaciones	

#### V.2.1.5. Resultados y beneficios obtenidos del caso exitoso

En el siguiente gráfico (Fig. V.9) se muestra una comparación cuantitativa de los resultados obtenidos contra la meta previamente establecida.

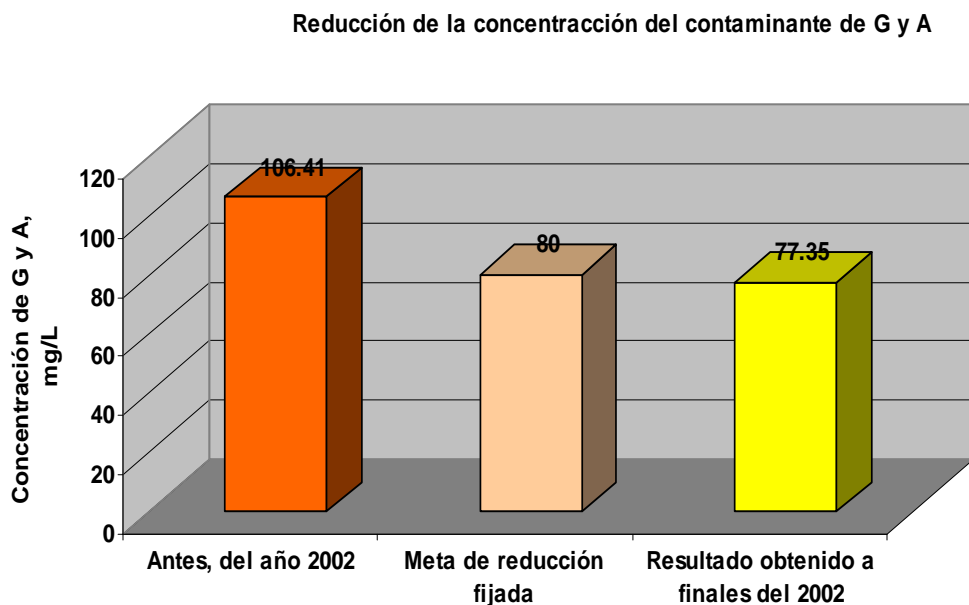


Figura V.9. Gráfico que muestra la meta de reducción fijada, alcanzada y superada, logrando así una disminución de 29.06 mg/L en la concentración del parámetro de grasas y aceites

#### *Beneficios para el sistema de alcantarillado local*

- 1.- Reducción en el número de reportes por obstrucciones en la red de drenaje.
- 2.- Menor deterioro del sistema de alcantarillado local.
- 3.- Disminución en los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo en la red de drenaje.

## Beneficios para la Planta Norte

- 1.- Cumplimiento del compromiso contractual de la JAPAC con la empresa concesionaria, al entregar un agua residual cruda con concentraciones del parámetro de grasas y aceites como promedio mensual, por debajo de lo acordado.
- 2.- Reducción en los costos de operación y mantenimiento en la Planta Norte, al mejorar la calidad del agua del influente.
- 3.- Cumplimiento con mayor holgura con la calidad establecida para el efluente de la Planta Norte.
- 4.- Minimizar el impacto ambiental en el cuerpo de agua receptor final.
- 5.- Minimizar el riesgo de imposición de sanciones económicas de parte del gobierno federal, a través de la CNA por incumplimiento a la calidad establecida para el efluente de la Planta Norte.
- 6.- Mayor confianza en una posible reutilización del agua residual tratada para riego agrícola.

### V.3. Cumplimiento con la calidad establecida para el agua residual tratada

#### V.3.1. Requerimientos de la calidad establecida para el agua residual tratada

En la Tabla V.7 se presenta la calidad acordada para el agua residual tratada (efluente) que genera la Planta Norte, la cual corresponde a la calidad de agua establecida en la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 para "Ríos. Uso en riego agrícola (A)."

Tabla V.7. Calidad establecida para el agua residual tratada del efluente de la Planta Norte (DOF, 1996)			
Parámetros	Unidades	Valores máximos permisibles	
		Promedio mensual	Promedio diario
Grasas y Aceites	mg/L	15	25
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables	ml/L	1	2
Sólidos suspendidos totales	mg/L	150	200
DBO5 total	mg/L	150	200
Nitrógeno total	mg/L	40	60
Fósforo total	mg/L	20	30
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1000	2000
Arsénico	mg/L	0.2	0.4
Cadmio	mg/L	0.2	0.4
Cianuro	mg/L	2.0	3.0
Cobre	mg/L	4.0	6.0
Cromo	mg/L	1.0	1.5
Mercurio	mg/L	0.01	0.02
Níquel	mg/L	2.0	4.0
Plomo	mg/L	0.5	1.0
Zinc	mg/L	10	20

El límite máximo permisible de huevos de helminto es de cinco por litro. El cumplimiento con el valor establecido para este parámetro, se basará en un promedio mensual calculado a partir de 4 valores medidos en un mes, que deriven de los análisis de muestras compuestas de 24 horas (JAPAC, 2005).

### V.3.2. Caracterización del agua residual tratada con apego a la NOM-001-SEMARNAT-1996

En la Tabla V.8 se muestran comparativamente los resultados de los análisis de laboratorio que implicaron un muestreo compuesto de 24 horas, con la calidad de agua establecida en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (JAPAC, 2005).

Día de muestreo: 13 y 14 de junio del 2005 (Fig V.13 y 14)

Laboratorio acreditado externo que realizó el estudio: ONSITE Laboratorios de México SA de CV.

Tabla V.8. Resultados de análisis de laboratorio que implicaron un muestreo compuesto versus calidad establecida en la NOM-001-SEMARNAT-1996			
Parámetros	Unidades	Promedio diario observado	Promedio diario NOM-001-SEMARNAT-1996
Grasas y Aceites	mg/L	8.61	25
Materia flotante	Ausen/Presen	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables	ml/L	< 0.1	2
Sólidos suspendidos totales	mg/L	78.00	200
DBO5 total	mg/L	127.00	200
Nitrógeno total	mg/L	31.20	60
Fósforo total.	mg/L	6.12	30
Coliformes fecales	NMP/100 mL	$5.5 \times 10^2$	2000
Arsénico	mg/L	< 0.001	0.4
Cadmio	mg/L	< 0.05	0.4
Cianuro	mg/L	< 0.02	3.0
Cobre	mg/L	0.08	6.0
Cromo	mg/L	< 0.05	1.5
Mercurio	mg/L	< 0.0005	0.02
Níquel	mg/L	< 0.05	4.0
Plomo	mg/L	< 0.1	1.0
Zinc	mg/L	< 0.02	20

La calidad del efluente de la Planta Norte es considerada aceptable y relativamente constante (Figs. V.10 y 11), aún cuando varíe drásticamente el gasto del influente (Fig. V.12) y la calidad del agua residual a tratar, las cuales son algunas de las ventajas que ofrece la tecnología del tratamiento primario mejorado con coagulante.

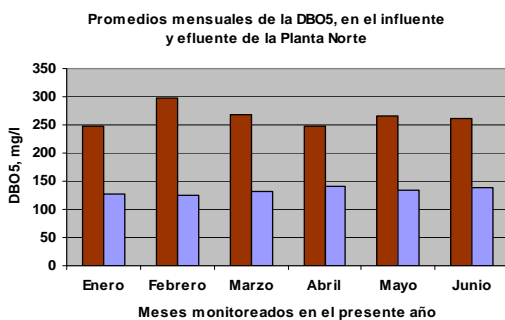


Figura V.10. Variación de la concentración del contaminante DBO<sub>5</sub> en el influente y efluente (JAPAC, 2005)

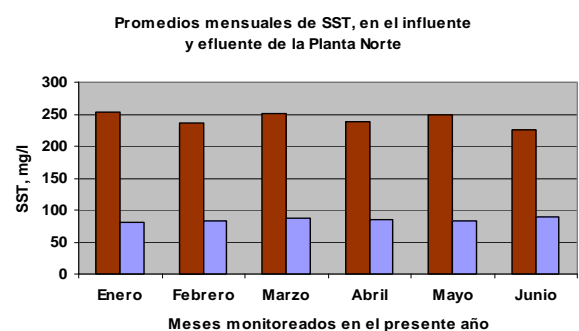


Figura V.11. Variación de la concentración del contaminante SST en el influente y efluente (JAPAC, 2005)

Promedio del gasto influente durante el mes vs mes observado

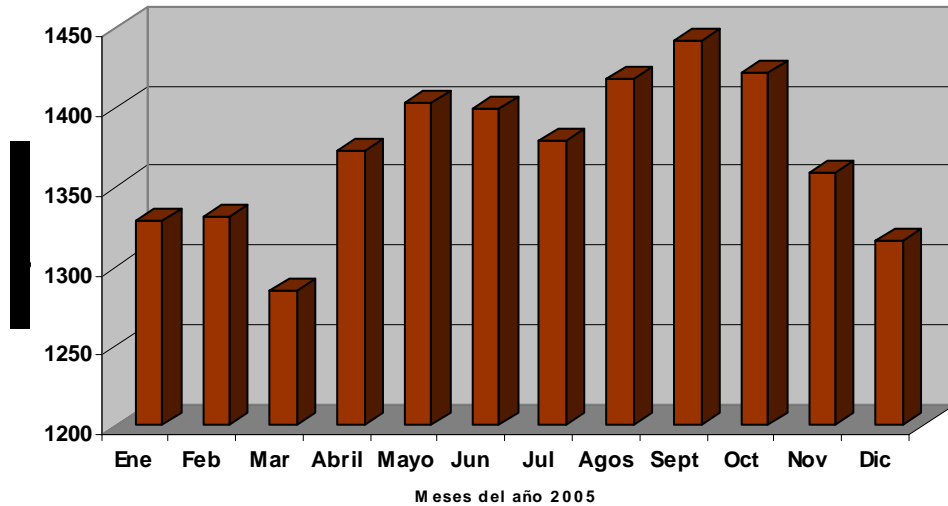


Figura V.12. Variación del gasto influente en el período Enero-Diciembre del 2005



Figura V.13. Muestreo compuesto del agua residual tratada (registro ubicado en la salida de la cámara de contacto de cloro)



Figura V.14. Descarga del agua residual tratada, al “dren” principal Cedritos

#### V.4. Cumplimiento con la calidad establecida para el lodo estabilizado y su disposición final

##### V.4.1. Panorama general sobre manejo de lodos, regulación, tratamiento y disposición final

###### *Definición y características generales de los lodos*

El lodo es un subproducto final inevitable en el tratamiento de aguas residuales. Muchos sólidos orgánicos, compuestos químicos orgánicos e inorgánicos tóxicos, son removidos durante el tratamiento de aguas residuales y concentrados en el lodo producto de este

tratamiento. Se estima que en Estados Unidos se producen anualmente un promedio de 5.3 millones de toneladas en peso seco de lodos en plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo municipales, por lo que se espera un incremento durante los próximos años (US EPA, 1999).

De acuerdo con Metcalf & Eddy, (1996) existen diversos tipos de lodo en una PTARM, los que podrían clasificarse de la siguiente manera:

- a) Lodo resultante de la sedimentación primaria. Es producido cuando los sólidos sedimentables se asientan en el agua residual cruda.
- b) Lodo resultante del tratamiento biológico. Es producido a partir de la actividad biológica de los microorganismos que intervienen en el proceso de tratamiento. Este tipo de lodo presenta una estructura floculenta y es separado en la unidad de sedimentación secundaria.
- c) Lodo químico. Se refiere al lodo que se produce en la etapa de tratamiento fisicoquímico, y que se deposita en las unidades de sedimentación posteriores; contiene tanto los materiales suspendidos y disueltos presentes originalmente, como los que se hayan agregado durante el proceso fisicoquímico.

#### *Composición típica*

La composición del lodo producido en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, depende de su origen y de la etapa de tratamiento que lo genera. El lodo primario proveniente de las unidades de sedimentación preliminar es de color gris, en el aún se pueden distinguir los compuestos más gruesos (residuos de frutas y verduras, etc).

El lodo primario se encuentra formado por material particulado de tipo orgánico e inorgánico que sedimenta con facilidad separándose en la sedimentación primaria.

En la Tabla V.9 se muestra la composición química típica de los lodos procedentes de un proceso de tratamiento primario.

<b>Tabla V.9. Composición química típica de lodo primario crudo y digerido (Metcalf and Eddy, 1996)</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Lodo primario crudo</b>		<b>Lodo primario digerido</b>	
	<b>Intervalo</b>	<b>Típico</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Típico</b>
Sólidos totales, %	2.0 - 8.0	5.0	6.0 - 12.0	10.0
Sólidos totales volátiles, %	60.8 - 80.0	65.0	30.0 - 60.0	40.0
Nitrógeno, %	1.5 - 4.0	2.5	1.6 - 6.0	3.0
Fósforo como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0.8 - 2.8	1.6	1.5 - 4.0	2.5
Valor de pH	5.0 - 8.0	6.0	6.5 - 7.5	7.0
Contenido de energía, Btu/lb	10000 - 12500	11000	4000 - 6000	5000



### *Características microbiológicas*

El principal componente en el caso de los lodos primarios son los sólidos sedimentables, mismos que traen consigo una variedad de microorganismos provenientes tanto del proceso de descomposición vía biológica del agua residual cruda que se da en la red de drenaje municipal, así como de los desechos fecales de los humanos y las excretas de animales domésticos.

La presencia de microorganismos patógenos en los lodos de desecho aplicados a terrenos agrícolas, es un factor de preocupación por el peligro potencial que representan ya que pueden entrar en contacto con el ser humano a través de diferentes vías, ya sea por la ingestión de suelo transportado por el aire durante actividades que implican movimientos de suelo, o ya sea de forma indirecta a través del consumo de verduras o frutas que se hayan cultivado en predios aledaños a terrenos agrícolas en donde fue aplicado lodo con el fin de mejorar el suelo. En la Tabla V.10 se muestran las principales tecnologías que se utilizan para reducir la concentración de patógenos en lodos, especificando que tipo de lodos generalmente se pueden obtener a partir de su aplicación.

<b>Tabla V.10. Tecnologías utilizadas para reducir patógenos y obtener lodos clase A o clase B</b>		
<b>Tecnología</b>	<b>Tipo de biosólidos que se pueden obtener</b>	
	<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>
Estabilización aerobia	X	X
Digestión	---	X
Estabilización alcalina	X	X
Composteo	X	X

### *Manejo de lodos en Europa*

En el Reino Unido el principal destino de los lodos residuales municipales es su aplicación en campos agrícolas, para 1991 el 42% de los lodos generados eran dispuestos de esta manera, mientras que el 30% se vertía en el mar; sin embargo se planteó que para el año 1998 se dejaría de disponer lodos de esta última forma (Davis,1996).

La política europea incorpora el concepto de desarrollo sustentable y tiene la siguiente prioridad en el manejo de los lodos: a) prevención, b) minimización, c) reciclaje, d) incineración (con cogeneración de energía) y e) disposición final en relleno sanitario (Davis, 1996).

### *Manejo de lodos en Estados Unidos y en México*

Como resultado de los procesos de tratamiento, los contaminantes en el gasto influente tienden en gran medida a formar parte de la composición de los lodos generados, ya sea por precipitación en forma de sulfuros, oxidación para el caso de algunos metales, absorción o quelación con ciertos compuestos orgánicos. La composición precisa de los lodos generados depende en gran medida de las características del agua residual y el proceso de tratamiento usado (US EPA, 1997).

En la Tabla V.11, se presentan las concentraciones típicas de algunos contaminantes presentes en los lodos. Estos valores fueron obtenidos de un estudio realizado en 40 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en los Estados Unidos de América y corresponden al valor de la mediana de los datos obtenidos.

<b>Tabla V.11. Resultados de concentraciones de algunos contaminantes presentes en los lodos, de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en los Estados Unidos de América. (Adaptado de Lue-Hing “et al”, 1992)</b>			
<b>Contaminante</b>	<b>Concentración, mg/kg (base seca)</b>	<b>Contaminante</b>	<b>Concentración, mg/kg (base seca)</b>
Cadmio	11.2	Dimetilnitrosamina	0.281
Cromo	248	Hexaclorobenceno	0.040
Cobre	411	Hexaclorobutadieno	0.112
Plomo	266	Benceno	0.336
Níquel	70	Tetracloruro de carbono	0.000006
Zinc	980	Cloroformo	0.026
Mercurio	1.7	Tetracloroetileno	0.150
Bencideno	0.281	Tricloroetileno	0.529
Benzopireno	0.001	Cloruro de vinilo	0.000076
Bis, 2 etilhexil, ftalato	105	BPC.	0.034

El contenido de organismos patógenos en los lodos, es una de sus propiedades más importantes que limita su uso con fines de mejoramiento de suelos para fines agrícolas, pues su manejo y aplicación puede representar un riesgo importante a la salud pública. El tipo y concentración de los microorganismos patógenos en un lodo, depende básicamente del estado epidemiológico de la comunidad de donde proviene el agua residual a tratar (Jiménez “et al”, 1998).

En la Tabla V.12, se muestra las grandes diferencias en el contenido de sólidos y microorganismos patógenos entre lodos primarios que generan plantas de tratamiento en la Ciudad de México y los datos obtenidos promedio para estos mismos parámetros en los lodos primarios generados en plantas de tratamiento de Estados Unidos de América.

<b>Tabla V.12. Comparación de las características físicas y microbiológicas de lodos crudos primarios de México y Estados Unidos de América (Jiménez “et al”, 1998)</b>					
<b>Procedencia del lodo</b>	<b>Sólidos totales (%)</b>	<b>Sólidos totales volátiles (%)</b>	<b>Coliformes fecales, UFC/g ST</b>	<b>Salmonella sp, UFC/g ST</b>	<b>Huevos de helminto, HH/g ST</b>
Cd de México	4.41	46.45	$9.46 \times 10^{10}$	$8.69 \times 10^9$	82
Estados Unidos de América	2 – 8	60 - 80	$10^6$ - $10^8$	$10^2$ - $10^7$	$10^{-3}$ - 2

### *Regulación en Estados Unidos y México*

La US EPA desarrolló el reglamento “estándares para el uso y disposición de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales domésticas”, plasmado en el Capítulo 40, Reglamento de Código Federal 503 (CFR 503) publicado el 19 de febrero de 1993, y que comúnmente se conoce como el apartado 503. Esta normatividad es de las primeras y más completas en el mundo en esta materia, por lo que sirvió de referencia para elaborar la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2004 que establece las especificaciones

y límites máximos permisibles de contaminantes para lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final.

Los lodos generados como subproducto del tratamiento de las aguas residuales municipales, se encuentran clasificados como residuos peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-1993 (DOF, 1993); norma oficial mexicana que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Los lodos se consideran peligrosos por su capacidad biológica infecciosa y en algunos casos por su toxicidad.

*Descripción del tren de tratamiento para el lodo generado en la Planta Norte (JAPAC, 2005)*

#### 1.- Purgado y espesado por gravedad

Los lodos purgados de los sedimentadores primarios con una concentración de sólidos totales de  $15 \text{ kg/m}^3$ , son transferidos por medio de bombas de cavidad progresiva a los espesadores estáticos por gravedad, de donde son extraídos una vez espesados con una concentración de sólidos totales de  $60 \text{ kg/m}^3$  para posteriormente ser alimentados previo calentamiento a los digestores.

#### 2.- Digestión o degradación anaerobia

El proceso de digestión o degradación anaerobia se realiza en una sola etapa. Asimismo, cada digestor es alimentado con lodo primario crudo espesado, previamente calentado a  $37^\circ\text{C}$  en intercambiadores de calor concéntricos a contracorriente. En estos intercambiadores de calor, circula agua a través del área hidráulica de los ámulos de los mismos, medio que le transfiere el calor requerido al lodo crudo espesado que circula a través de tubo concéntrico. Por otro lado, el combustible usado en la caldera para calentar al agua que es recirculada a través de los intercambiadores, es el biogás producido en los propios digestores, ya que en esta etapa se transforma el 40% de los sólidos totales volátiles contenido en los lodos, con producción de biogás como subproducto de la digestión.

#### *Generación de biogás y sus características*

El biogás que se genera en los digestores o reactores anaerobios es del orden de los 6,000 a 9,500  $\text{m}^3/\text{d}$ . Una parte de este subproducto, alrededor del 30%, se utiliza como combustible en las calderas que sirven para mantener la temperatura de  $35^\circ\text{C}$  requerida por las bacterias anaerobias mesófilas, las cuales son responsables de estabilizar el lodo primario crudo. El exceso de biogás producido es quemado en una antorcha ex-profeso para ello.

#### *Características del biogás generado*

- a) Se obtiene  $1.1 \text{ m}^3$  por cada kilogramo de sólidos totales volátiles transformados
- b) La concentración del gas metano es del orden del 67%
- c) La concentración del gas anhídrido carbónico es del 32%

- d) La capacidad calorífica del biogás está dentro del rango de 1,585 a 2,074 kJ/kg
- e) Desaguado mecánico

### 3.- Desaguado mecánico

Los lodos estabilizados son transferidos a un tanque de almacenamiento de lodos, de donde son transferidos al edificio para el desaguado, a través de bombas de cavidad progresiva. En dicho edificio los lodos bombeados previo acondicionamiento con adición de polímero catiónico para mejorar la eficiencia de desaguado, son alimentados a los filtros prensa de banda para su desaguado, equipos de proceso continuo cuya función es remover mecánicamente el agua hasta obtener un lodo con concentraciones de sólidos totales en el orden de 300 kg/m<sup>3</sup>.

La mezcla lodo-polímero, es alimentada sobre una primer banda en una zona denominada de escurrimiento. Después, los lodos pasan entre dos bandas para ser comprimidos progresivamente, a través de una serie de rodillos de pequeños diámetros que van aumentando la acción del prensado. En la salida del filtro prensa, las bandas se separan y la torta es separada mediante una cuchilla para su posterior evacuación (Fig. V.15).

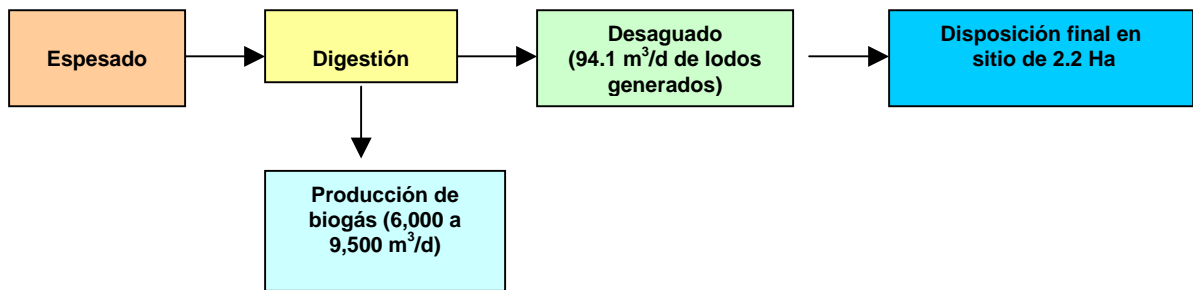


Figura V.15. Tren de tratamiento para el lodo generado en la Planta Norte (JAPAC, 2005)

#### V.4.1.1. Requerimientos de la calidad establecida para los lodos estabilizados generados

Los biosólidos o lodos primarios generados como subproducto del proceso de tratamiento del agua residual cruda, son estabilizados y desinfectados vía digestión en condiciones de mesofilia al grado de cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-052-SEMARNAT-1993. Sin embargo, dado que la norma en cuestión no establece límites máximos permisibles para el caso de la característica biológica-infecciosa, la NOM-052-SEMARNAT-1993 se complementó con los requerimientos establecidos en el apartado 503 título 40 del Código Federal Regulatorio de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (CFR 503, US EPA por sus siglas en inglés), para lodos clase “B” que son dispuestos finalmente en el suelo.

#### V.4.1.1.1. Límites máximos permisibles de metales pesados y de microorganismos patógenos establecidos para el lodo clase B, según la CFR 503 de la US EPA

##### *Metales pesados*

En la Tabla V.13 se presentan las concentraciones máximas permitidas de metales pesados en miligramos por kilogramo de lodo en base seca.

<b>Metal</b>	<b>Concentración, mg/kg</b>
Arsénico	41
Cadmio	39
Cromo	1,200
Cobre	1,500
Plomo	300
Mercurio	17
Níquel	420
Selenio	36
Zinc	2,800

##### *Requerimientos de reducción de microorganismos patógenos*

Los coliformes fecales es el parámetro indicador para los microorganismos patógenos del lodo estabilizado. El resultado de la concentración de coliformes fecales que derive de calcular la media geométrica de 7 valores de concentración observados que correspondan al análisis de siete muestras simples de lodo, deberá ser menor de  $2 \times 10^6$  coliformes fecales como número más probable por gramo de lodo en base seca o gramo de sólidos totales (NMP/gr base seca).

#### V.4.2. Caracterización del lodo estabilizado con apego a las Normas NOM-052-SEMARNAT-1993 y NOM-004-SEMARNAT-2002

Los lodos primarios subproducto del tratamiento del agua residual cruda, son estabilizados vía biológica a través de digestión en condiciones de mesofilia, al grado de cumplir cabalmente con lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-1993. Sin embargo, dado que no existen límites máximos permisibles para el caso de la característica "Biológica-Infeccciosa", ésta norma oficial mexicana se complementó en su momento con los requerimientos que establece la CFR 503 de la US EPA, para lodos clase B.

Desde que dio inicio el período de operación formal de la Planta Norte, que para el caso del tren de tratamiento del lodo fue a partir de junio del 2002, la empresa presenta a la JAPAC cada 90 días naturales, los resultados de los análisis CRETIB y los correspondientes de la CFR 503 de la US EPA (JAPAC, 2005).

##### *Caracterización del lodo estabilizado con apego a la NOM-052-SEMARNAT-1993*

A continuación se muestra la transcripción de los resultados de la caracterización de una muestra compuesta de lodo estabilizado que genera la Planta Norte, a la cual se le

efectuaron los análisis de laboratorio para determinar sus características de ser un residuo **Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable** y **Biológico-Infecioso** (CRETIB).

**Residuo identificado:** lodos digeridos y desaguados

**Fecha y hora de muestro:** 25 de abril del 2005, 11:15

**Laboratorio que realizó el muestreo y caracterización:** ONSITE, LABORATORIES DE MÉXICO SA DE CV

**Punto de muestreo:** Contenedor del camión para el transporte de lodos estabilizados al sitio de disposición final (Fig V.16, 17 y 18).

**Lugar de muestreo:** La Planta Norte

**Matriz:** lodo

**Fecha de emisión de resultados:** 10 de mayo del 2005

Nota: los datos presentados son representativos exclusivamente de las muestras analizadas.

Característica CRETI	Resultado
Corrosivo	<b>Negativo</b>
Reactivo	<b>Negativo</b>
Explosivo	<b>Negativo</b>
Tóxico	<b>Negativo</b>
Inflamable	<b>Negativo</b>



**Figura V.16. Muestreo aleatorio estratificado del lodo estabilizado**



**Figura V.17. Conformación de una muestra compuesta**



**Figura V.18. Rotulación de la muestra compuesta para su envío**

### *Caracterización del lodo estabilizado con apego a la NOM-004-SEMARNAT-2002*

En las Tablas V.14 y 15 se muestran los resultados analíticos de laboratorio tanto de patógenos y parásitos así como de metales pesados, que se obtuvieron al caracterizar una muestra de lodo estabilizado que genera la Planta Norte, con apego a lo establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (JAPAC, 2005).

<b>Tabla V.14. Resultados de patógenos y parásitos (JAPAC, 2005)</b>					
<b>Parámetro determinado</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Límites máximos permisibles que establece la NOM-004-SEMARNAT-2002</b>		
			<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>
Coliformes fecales	NMP/g ST	1.4X10 <sup>6</sup>	< 1000	< 1000	< 2 000 000
Salmonella spp	NMP/g ST	< 3	< 3	< 3	< 300
Huevos de helminto viables	HH/ 2 g ST	< 1	< 1	< 10	< 35

<b>Tabla V.15. Resultados de metales pesados (JAPAC, 2005)</b>			
<b>Metal medido en forma total, mg/kg (base seca)</b>	<b>Resultados</b>	<b>Límite máximo permisibles que establece la NOM-004-SEMARNAT-2004</b>	
		<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>
Arsénico	0.02	41	75
Cadmio	1.08	39	85
Cromo	6.73	1200	3000
Cobre	125.06	1500	4300
Plomo	13.85	300	840
Mercurio	1.01	17	57
Níquel	2.48	420	420
Zinc	217.73	2800	7500

Fecha de muestreo: 25 de abril del 2005. Laboratorio acreditado que realizó el análisis: ONSITE, LABORATORIES DE MÉXICO SA DE CV

Con base en los resultados analíticos de laboratorio, derivados de la caracterización del lodo estabilizado con apego a las NOM-052 y 004 de la SEMARNAT, se concluye que el lodo estabilizado que genera la Planta Norte es un desecho NO PELIGROSO, un lodo clase “C”, en función de su contenido de patógenos y un lodo de tipo “excelente” en función de su contenido de metales pesados. Asimismo, con base en los mismos resultados presentados, se concluye que el lodo estabilizado cumple cabalmente con los requerimientos establecidos en la CFR 503 de la US EPA (1993) para lodos clase “B”.

#### **V.4.3. Disposición final del lodo estabilizado**

Los lodos estabilizados y desaguados, son dispuestos finalmente en las celdas de un confinamiento o relleno sanitario con un área de 2.2 ha que dista a 5 km del predio en donde está ubicada la Planta Norte (Fig. V.19) construido ex-profeso para ello (JAPAC, 2005). Este sitio cumple cabalmente con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 .

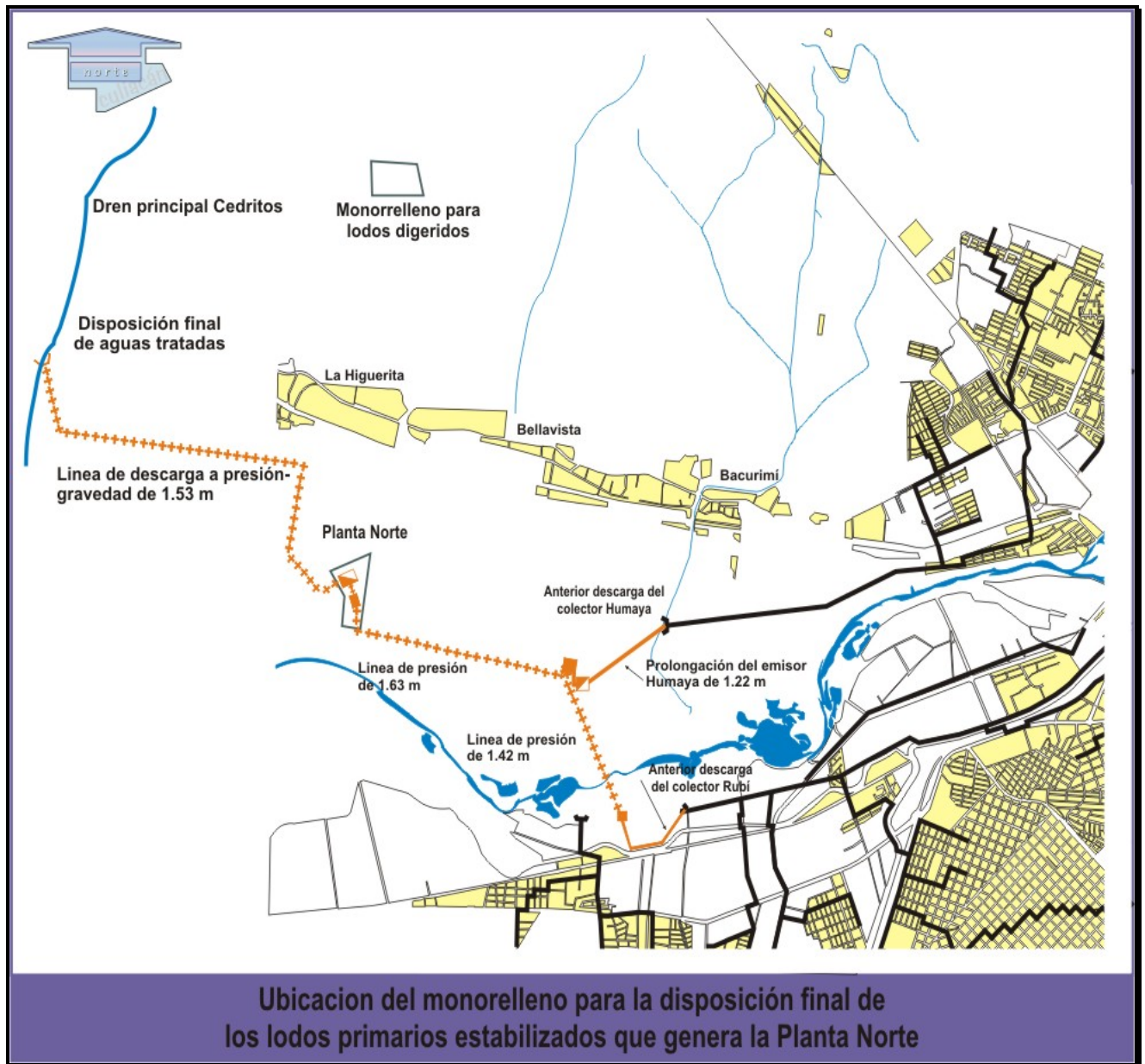


Figura V.19. Ubicación del sitio para la disposición final del lodo estabilizado (JAPAC, 2005)

## V.5. Elaboración de un plan de contingencia en respuesta a un derrame de una sustancia o residuo peligroso al sistema de alcantarillado local

### V.5.1 Descripción general del plan

Se puede responder de varias formas para contener, controlar o minimizar la cantidad de materiales peligrosos o los efectos que generen éstos, al ser descargados de manera fortuita o intencionalmente al sistema de alcantarillado local. Dichas acciones de mitigación pueden implementarse en tres lugares específicos, mismos que pueden considerarse como puntos de control:

1.- La fuente generadora, la cual pudiera ser una instalación industrial, comercial o de servicios.



2.- El sistema de alcantarillado municipal local (estaciones de bombeo de aguas residuales).

3.- Planta Norte

### V.5.2. Medidas de control y mitigación

#### *Fuente generadora*

Lo ideal es hacer lo posible por contener el derrame en la fuente generadora, para así reducir al mínimo la carga contaminante que potencialmente pudiera ser vertida a la red de alcantarillado. Entre las medidas que pueden implementarse para lograr este objetivo se encuentran las siguientes:

- 1.- Reparar inmediatamente o cubrir el tanque o envase que presente el derrame.
- 2.- Circundar dicho tanque o envase, usando costales de tierra o arena o espuma de poliuretano.
- 3.- Excavar líneas de zanjas o trincheras alrededor del derrame.
- 4.- Bombear el líquido derramado a contenedores portátiles para su almacenamiento emporal.
- 5.- Sellar las entradas a la red del drenaje interna de la instalación, en la zona circundante del punto de derrame.

Dichas acciones deben realizarse únicamente con personal debidamente calificado y equipado con la ropa de seguridad apropiada.

#### *Estaciones de bombeo de aguas residuales Rubí y Humaya*

El efluente procedente del derrame puede contenerse temporalmente para ser pretratado "in situ" o removido, en los tanques de las estaciones de bombeo de aguas residuales Rubí y Humaya, evitando con ello que el derrame alcance el sistema de tratamiento; si las condiciones hidráulicas (tiempo de retención) de una o de ambas estaciones y los gastos correspondientes de aguas residuales presentes en ese momento, lo permiten. En las Figuras V.20 y 21 se muestran una panorámica del tanque de la estación Rubí, así como el interior de éste.



**Figura V.20.** Tanque de la estación de bombeo Rubí, obsérvese el cabezal de descarga y las válvulas de admisión y expulsión de aire



**Figura V.21.** Tubería de descarga de las bombas sumergibles ubicadas en el tanque de la estación de bombeo Rubí

## Planta Norte

El material peligroso derramado puede ser controlado, disminuido o mitigado en la Planta Norte, implementando las siguientes medidas:

### 1.- Recolección y evacuación del material derramado.

Se procede a deshabilitar uno o dos de los cuatro sedimentadores primarios vaciándolos previamente, para recibir o recolectar el material derramado cuando éste llegue a la instalación. Si hay tiempo suficiente para contratar un servicio de evacuación, se podrá bombear el influente procedente del derrame a camiones cisterna y evacuarse a un lugar aprobado para ello, para su tratamiento y disposición final; o bien transferir poco a poco el material derramado al gasto efluente para así reducir al mínimo los posibles impactos en el cuerpo de agua receptor. Asimismo, la Planta Norte cuenta con una cámara de repartición del gasto influente, la cual permite a través del cierre y apertura de compuertas deslizantes, controlar el gasto alimentado a voluntad para cada uno de los sedimentadores. En las Figuras V.22 y 23 se muestran la cámara de repartición del gasto influente y los sedimentadores primarios convencionales.



Figura V.22. Vista panorámica de la cámara de repartición de gasto y los cuatro sedimentadores



Figura V.23. Primer plano de una de las compuertas deslizantes, la cual controla el gasto alimentado al sedimentador que se observa en la parte posterior de la imagen

### 2.- Tratamiento “in situ” del material derramado

Las opciones de tratamiento dependen de una variedad de factores como son el tipo y cantidad de material derramado y la disponibilidad del equipo, productos químicos y materiales apropiados. Muchas de las opciones de tratamiento causan reacciones violentas o implican el uso de sustancias peligrosas, por lo que deben de llevarse a cabo solamente por personal capacitado. Si dichas acciones de mitigación las realiza personal insuficientemente capacitado o sin la debida experiencia, el resultado puede ser un incidente igual o más peligroso que el causado por el mismo derrame. Por otro parte, se debe conocer la identidad del material derramado (propiedades fisicoquímicas) y su concentración antes de su tratamiento, por lo que será requerido tomar muestras para su caracterización inmediata antes de proceder a la selección y implementación del método.

## Neutralización

Los derrames que cambien drásticamente el valor de pH fuera del rango de 5.5 -10.0, pueden neutralizarse aplicando un ácido o una base. Se deberán utilizar ácidos débiles ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  o  $\text{CO}_2$  en forma gaseosa) o bases débiles ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ), para reducir lo más posible la violencia de las reacciones de neutralización y como consecuencia la generación y emisión de gases tóxicos. Los compuestos neutralizadores pueden también aplicarse en el lugar del derrame, en el sistema de alcantarillado, o en el gasto influente de la Planta Norte. El parámetro potencial hidrógeno del gasto influente en la Planta Norte, es medido y registrado de manera sistémica (Fig. V.24).



Figura V.24. Área de la sección transversal de uno de los tres canales venturís para la medición del gasto influente en la Planta Norte. Obsérvese al lado derecho el electrodo para la medición del parámetro potencial de hidrógeno

## Oxidación-Reducción

La oxidación-reducción de ciertos compuestos químicos peligrosos puede llevarse a cabo añadiendo agentes oxidantes o reductores, lo que se deberá hacer con excesivo cuidado ya que las reacciones son violentas y pueden dar lugar a productos intermedios peligrosos. La oxidación puede usarse en el tratamiento de cianuros, fenoles, ácidos orgánicos y otros compuestos orgánicos volátiles. El cloro es el agente oxidante más comúnmente utilizado en las instalaciones para tratamiento de aguas. El cloro es efectivo en el tratamiento de desechos que contengan cianuro, aminas alifáticas y fenoles, pero normalmente se necesita un alto valor de pH (por encima de 10.0) para asegurar que la reacción de oxidación sea completa, lo que puede hacer inapropiado el uso del cloro para tratar material derramado.

También puede utilizarse peróxido de hidrógeno para tratar derrames de aminas, fenoles, cianuro o compuestos orgánicos. Otro agente oxidante es el permanganato de potasio, que puede utilizarse para oxidar fenoles y aldehídos.

El uso de agentes reductores para tratar derrames, puede resultar en mayores concentraciones de los parámetros demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno total.

Entre los agentes reductores que pueden usarse en derrames de cloro o para reducir el fenol, se encuentra el sulfito de calcio, el metabisulfito de sodio, y el bióxido de azufre.

Dichos agentes reductores también pueden aplicarse en derrames que contengan cromo hexavalente, para reducirlo a cromo trivalente que puede ser separado en un tanque sedimentador mediante su precipitación a un alto valor de pH.

#### *Carbón activado*

La adsorción de los compuestos orgánicos tóxicos presentes en derrames o descargas de aguas residuales, puede lograrse aplicando carbón activado en los canales desarenadores-desengrasadores de la Planta Norte. El carbón activado en polvo tiene mejor capacidad de adsorción que el carbono activado granular, al poseer mayor área superficial por unidad de masa, pero el segundo sedimenta mejor que el primero.

#### *Uso de agentes quelantes*

Se trata de agentes que reaccionan con los metales pesados de tal forma que hacen que el metal se vuelva inactivo químicamente y, por lo tanto, menos tóxico. Existen dos tipos de agentes quelantes, ambos reaccionan con los metales pesados pero uno de ellos permanece en solución y se le llama secuestrador, mientras que el otro causa la precipitación del complejo quelato-ión metálico.

Normalmente se usa como secuestrador el ácido tetrácetico etil-diamina, pero debe evitarse en exceso ya que tiene propiedades tóxicas en concentraciones elevadas (aproximadamente 1000 mg/L). La oxina, o 8-quinoleína hidroxilada, es un agente quelato que puede hacer precipitar una gran variedad de metales.

### 3.- Paso sin tratamiento del material peligroso derramado

Si el material peligroso derramado no se puede separar, remover o tratar por alguna causa, puede considerarse su desvío como última opción para evitar así su paso por las etapas del tren de tratamiento, habilitando el "by pass" para posteriormente verter sin tratamiento alguno al cuerpo de agua receptor.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **VI.1. Conclusiones**

Las conclusiones que derivan del presente trabajo, y de los objetivos antes planteados son:

1.- La implantación del PCD local revierte la problemática antes descrita, ya que genera un círculo virtuoso con la obtención de beneficios inmediatos, de mediano y largo plazo, los cuales principalmente son:

- a) Control de la contaminación y cumplimiento con la normatividad vigente en la materia de aguas.
- b) Correcta operación y mantenimiento, así como una reducción significativa en sus costos correspondientes; tanto para el sistema de alcantarillado local como para la Planta Norte.

2.- Para el diseño y el establecimiento del PCD, se tuvo que considerar las condiciones locales, tales como:

- a) Legislación local vigente en la materia.
- b) Calidad del agua establecida, para la descarga de aguas residuales que genera la cabecera municipal de la Ciudad de Culiacán.
- c) Nivel socioeconómico.

3.- La mala práctica de verter contaminantes incompatibles a los sistema de alcantarillado municipal, presentes en las aguas residuales; es una realidad preocupante en la mayoría de las ciudades de este País. La razón de ello se debe al malentendido de que los sistemas de alcantarillado municipales, son considerados o vistos como verdaderos sitios o vertederos finales para todo tipos de desecho; lo cual genera un efecto dominó pernicioso. La sociedad en su conjunto, debe de entender que la infraestructura de cualquier sistema de alcantarillado municipal; está diseñada, construida, operada y mantenida, únicamente para recolectar aguas residuales cuyos contaminantes puedan ser removidos mediante tratamiento convencional en las plantas tratadoras municipales.

### **VI.2. Recomendaciones**

Para efecto de establecer condiciones particulares de descarga a los usuarios responsables, se le ha hecho la recomendación a la JAPAC, el uso del programa de cómputo PRELIM versión 5.0, el cual se describe a continuación:

*Programa de cómputo PRELIM versión 5.0 (Pretreatment Limitations Model v5.0), para el establecimiento de límites locales*

Una de las herramientas que podrían usarse para el PCD local, que coadyuvaría para el establecimiento de condiciones particulares de descarga o límites locales, es el uso del programa de cómputo denominado PRELIM v5.0. Una vez que la información específica de la instalación correspondiente es introducida al programa, éste realiza los cálculos y la asignación de las condiciones particulares de descarga para cada caso particular (US EPA, 1996).

#### *Características generales del PRELIM 5.0*

El programa está diseñado para correr en una computadora personal IBM o compatible, de por lo menos 640 kilobytes de memoria RAM convencional en disco duro y un sistema operativo de disco versión 3.3 o mayor.

El programa de cómputo PRELIM versión 5.0, está diseñado para ser usado conjuntamente con el Manual para el Desarrollo y Establecimiento de Límites de Descarga Locales, bajo un Programa de Pretratamiento (US EPA, 1987).

El programa puede ser usado por el personal de la JAPAC que administra el PCD local, para el desarrollo, establecimiento o revisión de los valores de límites locales.

El PRELIM 5.0, simula la metodología y los cálculos establecidos en el manual para el establecimiento de límites locales de la US EPA. Es decir, los cálculos que realiza PRELIM 5.0 para establecer límites locales, básicamente se fundamentan en la carga másica máxima permitida del contaminante en cuestión, en la entrada de la PTARM

# ANEXOS

# **I ACERVO FOTOGRAFICO Y DE IMÁGENES**



## I.1. Implantación del PCD local



Caso de la explosión en el sistema de alcantarillado de la Ciudad de Guadalajara, el día 22 de abril de 1992 (SIAPA, 1999)



El incidente de Guadalajara, demostró el hecho de la apatía y la indiferencia por parte de las autoridades responsables, el de vigilar la estricta prohibición del vertido de desechos peligrosos a este tipo de infraestructura (SIAPA, 1999)



Calles colapsada, por la explosión en la red de drenaje, en una zona de la Ciudad de Guadalajara (SIAPA, 1999)



Primera plana del periódico "México Hoy", viernes 26 de abril del 2002.



Visita domiciliaria de inspección, instrumento de suma importancia en la vigilancia del cumplimiento de la Norma (JAPAC, 2006)



El manejo de la información sobre el estado del cumplimiento de cada uno de los usuarios, se realiza a través de una base de datos o plataforma diseñada especialmente para ello (JAPAC, 2000)

## I.2. Visitas domiciliarias de inspección, aforo y muestreo compuesto (JAPAC, 2006)



Revisión del registro de la descarga de un hospital conectada a la red de drenaje con el objeto de proceder a realizar un muestreo compuesto de 24 horas, así como la medición de los gastos instantáneos



Medición del tirante de la lámina de agua, para proceder a calcular el gasto instantáneo



Medición del espesor de la lámina de agua



Muestreo simple o instantáneo, para que al término del período de muestreo, proceder a la conformación de la muestra compuesta



Identificación y preservación "in situ" de las muestras simples o instantáneas recolectadas



Vehículo del área de saneamiento de la JAPAC, área que tiene como responsabilidad la vigilancia del cumplimiento de la Norma

### I.3. Inspección y evaluación del estado de las tuberías de la red de drenaje, mediante camioneta equipada con cámara móvil (JAPAC, 2006)



Camioneta Van equipada con cámara móvil para la inspección de tuberías para drenaje o agua potable



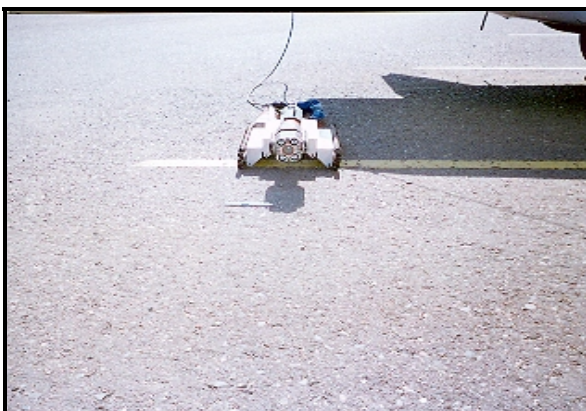
Revisión y evaluación rutinaria de los equipos antes de la realización de un trabajo de inspección



La camioneta cuenta con equipo de respiración autónoma, sonda o cable de acero, contador de la distancia recorrida por la cámara móvil y monitor de video entre otras cosas



Cámara móvil con desplazamiento a través de oruga, con lente (lado derecho) de giro de hasta 360 °. Obsérvese la pluma en el pavimento al lado derecho de la cámara para tener una dimensión de esta



Parte frontal de la cámara móvil. Obsérvese el lente giratorio de la misma



Interior de la camioneta Van, en donde se observa el monitor de video para el seguimiento del recorrido en tiempo real de la cámara. La toma de video es comúnmente grabada en una cinta de video VHS

# **II FORMATOS DEL PCD LOCAL**

## **II.1. Solicitud para el permiso de descarga**

### **SOLICITUD PARA EL PERMISO DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES**

**INSTALACIONES QUE SE ENCUENTRAN EN OPERACIÓN  
EN EL MOMENTO DE PRESENTAR ESTA SOLICITUD**

**ESTE CUESTIONARIO SE DEBERÁ DE  
PRESENTAR EN ORIGINAL Y COPIA**

**A partir de la fecha de recepción del presente formato, el responsable de la descarga cuenta con 30 (treinta) días naturales, para remitirlo en el siguiente domicilio:**

**Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, Departamento de Saneamiento; Blvd. Culiacán y Avenida Prof. Rolando Arjona Amabilis S/N; Country Tel. 758-6000.**

## SECCIÓN A.- DATOS DE IDENTIFICACIÓN

### 1.- Datos de identificación.

Razón Social:	
Denominación de las instalaciones:	
Domicilio:	
Colonia y CP:	
Ciudad:	
RFC:	
Teléfono y/o Fax:	
Actividad ó giro según alta en Hacienda:	

### Colindancias del predio en donde se ubica la instalación:

Norte:	Este:
Sur:	Oeste:

**NOTA:** Anexar un croquis de localización, indicando el ó los puntos en donde se encuentra la conexión a la red del sistema de alcantarillado.

### 2.- Domicilio del propietario, representante legal ó poseedor.

Nombre:	
Domicilio particular:	
Colonia y CP:	
Teléfono y/o Fax.:	

### 3.- Indicar el numero de empleados.

Total de Empleados directos e indirectos (operación, mantenimiento, seguridad, control de calidad etc.):	
--	--

### 4.- Días laborables y horario de trabajo:

Horas que trabaja al día:	Días a la semana:	Turnos/24 hrs:
---------------------------	-------------------	----------------

Marcar con una X los meses que labora al año.

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	------	------	------

Fecha en que inició la operación de sus instalaciones:	
Cámara o Asociación a la que pertenece:	



5.- Indicar los productos utilizados en la limpieza de equipos e infraestructura en general, como: solventes, desengrasantes, detergentes, sanitizantes, ácidos, álcalis, etc:

Nombre comercial	Sustancia activa	Estado físico	Consumo mensual	Unidad de medida	Proveedor	Lugar de almacenamiento

### SECCIÓN C- SUMINISTRO DE AGUA

1.- Marque con una X las fuentes de abastecimiento de agua, que son aprovechadas en sus instalaciones:

Tipo de aprovechamiento	Vol medio aprovechado por unidad de tiempo	
	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /año
Red de agua potable de la JAPAC		
Aguas subterráneas		
Aguas superficiales		
Otros (especifica.)		
<b>Total:</b>		

2.- Información presentada en el recibo por el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento:

Nombre:	
Domicilio:	
Numero de cuenta:	
Giro registrado:	
Número de medidor (es):	

NOTA: Anexar copia del último recibo de pago ante la JAPAC.

### SECCIÓN D.- USOS DEL AGUA

1.- Favor de indicar el promedio del gasto de agua, para cada uno de los usos en la instalación:

Tipo de uso	Volumen m <sup>3</sup> /dia			Observaciones
	Mínimo	Medio	Máximo	
Proceso				
Calderas				
Enfriamiento				
Uso de sanitarios				
Limpieza de equipos				
Riego de jardines y áreas verdes				
Comedor				
Otros (especificar)				
<b>Total.</b>				





## SECCIÓN F – PRETRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS

1.- Marque con una X los sistemas de pretratamiento para agua residual generada, que actualmente tiene ó tiene proyectado implantar en su empresa:

Actual	Proyectado	Tipo de pretratamiento
( )	( )	Trampa para sólidos
( )	( )	Trampa para grasas y aceites
( )	( )	Filtración
( )	( )	Planta de tratamiento de aguas residuales convencional
( )	( )	Otro

Especificar:

---

---

---

2.- Describir brevemente el sistema de pretratamiento existente:

---

---

---

---

3.- ¿Con que frecuencia le da mantenimiento a su sistema de pretratamiento?:

---

---

---

4.- ¿Nombre ó razón social de la empresa que presta el servicio de mantenimiento?

---

---

5.- ¿Cuenta con bitácora para el mantenimiento de su sistema de pretratamiento?

SI ( ) NO ( )

## SECCIÓN G. - PREVENCIÓN DE DERRAMES

1.- ¿Tiene su instalación un área específica para el almacenaje de sustancias y/ó residuos generados, considerados como peligrosos?

SI ( ) NO ( )

Especificar:

---

---

---

---

2.- ¿Cuenta con un sistema de contención, en el área de almacenaje en caso de derrames accidentales de sustancias ó residuos líquidos considerados como peligrosos ?

SI ( ) NO ( )

3.- ¿Si existiera un derrame accidental, ¿hacia donde se dirigiría?

- ( ) A una fosa de retención
- ( ) Al sistema de alcantarillado municipal
- ( ) Alcantarillado pluvial
- ( ) Al suelo ó subsuelo
- ( ) Otro

**Especificar:**

---

---

---

4.- Cuenta con un plan de contingencia en caso de derrame accidental, para mitigar los efectos del vertido de sustancias y/ó residuos peligrosos líquidos, hacia el sistema de alcantarillado municipal:

SI ( ) NO ( )

**Especificar:**

---

---

---

## SECCIÓN H.- GENERACIÓN DE RESIDUOS

1.- Describir tipo y cantidad de residuos sólidos, líquidos o semilíquidos que se generan en sus instalaciones:

---

---

---

---

---

2.- Empresa que recolecte, transporte y disponga finalmente cualquiera de los residuos antes mencionados, proporcionando razón social, domicilio y permisos correspondientes ó numero(s) de licencia otorgados por la autoridad competente en la materia (SEMARNAT, SCT, Gobierno del Estado, H. Ayuntamiento, etc):

---

---

---

---

---

---

---

## **SECCIÓN I.- CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS**

1.- Anexar resultados de los análisis de laboratorio, de cada una de las descargas de aguas residuales (exceptuando la de tipo doméstico) realizados durante el último semestre. Los resultados de laboratorio que se anexen, deberán ser reportados a través de un laboratorio de prueba y ensayo con acreditamiento ante EMA AC.

## **SECCIÓN J.- CUMPLIMIENTO**

Manifestamos que los datos proporcionados en esta solicitud son ciertos y podrán estar sujetos a verificación por parte de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán; la que en caso de encontrar falsedad en la información proporcionada se procederá a invalidar la presente solicitud de permiso y aplicará las sanciones que correspondan de acuerdo con la legislación vigente en la materia.

NOTA: si las instalaciones cambian de propietario ó poseedor, actividad, si se cierra ó se cambia de domicilio y/ó cambia la calidad de las aguas residuales que son descargadas al sistema de alcantarillado municipal, deberá(n) notificar por escrito a esta Junta, en cuyo caso éste Organismo Operador hará las modificaciones que juzgue conveniente estableciendo las adecuaciones al presente registro.

---

**Nombre y firma del Representante Legal,  
Propietario ó Poseedor**

**Cd de Culiacán, Sinaloa; a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del año 2007**

## II.2. Permiso de descarga

PERMISO JAPAC No. **GO-DS-XXX-XXX-05**

Con fundamento en los artículos 121 y 123 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; artículo 1, 88 párrafo segundo de la Ley de Aguas Nacionales, artículos 134, 135 y 136 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales; artículos 102 fracción II, incisos a, b, c y d, 103, 104, fracción I, II y III y 105 de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Sinaloa; Artículos 23, fracción II y 31 de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa; artículo 1 inciso 8 del régimen tarifario de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Sinaloa No. 094 de fecha 06 de agosto del 2003; a la NOM-002-SEMARNAT-1996 y a la solicitud presentada ante este Organismo Operador, se emite el presente **PERMISO PARA DESCARGAR AGUAS RESIDUALES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO MUNICIPAL**, a:

**RAZON SOCIAL:**

**DENOMINACIÓN DE LAS INSTALACIONES:**

**RFC:**

**DOMICILIO:**

### PERMISO

Con base en el análisis técnico de la documentación presentada y a la inspección practicada a sus instalaciones, la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, a través del Departamento de Saneamiento, dictaminó técnicamente **PROCEDENTE la SOLICITUD DE PERMISO** para descargar aguas residuales al sistema de alcantarillado sanitario municipal, en **UN VOLUMEN AUTORIZADO DE \_\_\_\_\_ METROS CÚBICOS POR AÑO.**

La descarga de agua residuales, deberá cumplir con las condiciones específicas que se anexan y forman parte del presente documento, mismas que corresponden a las condiciones particulares de descarga para ese establecimiento.

El presente permiso estará vigente en función de la presentación de resultados de análisis de la(s) descarga(s) de aguas residuales de conformidad a las condiciones específicas, que se indican en el presente permiso como anexos.

El incumplimiento de esta obligación podrá motivar la aplicación de las cuotas por descarga de aguas residuales, que son indicadas en el régimen tarifario en vigor.

Culiacán, Sinaloa, a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2007

---

**GERENTE GENERAL**

**CONDICIONES ESPECIFICAS PARA EL PERMISO DE DESCARGA**

**Nombre del usuario:**

**RAZON SOCIAL:**

**DENOMINACION:**

**Primero.-** El presente permiso otorgado consta de 4 hojas, que forman parte del mismo, que comprende(n) \_\_\_\_ descargas de agua residuales.

**Segundo.-** Ubicación de la descarga de aguas residuales.

1. **Domicilio:**
2. **Entre las calles:**
3. **Colonia:**
4. **Localidad:**
5. **Entidad**

**Tercero.-**

1. **Descarga No:**
2. **Actividad principal:**
3. **Horas que labora:**                    hora día:        día/semana:        mes / año:
4. **Tipo de descarga:**
5. **Volumen de la descarga:**        \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup> / día        \_\_\_\_\_m<sup>3</sup> / año
- 6.- **Procedencia de la descarga:**
- 7.- **Ubicación de la descarga:**
- 8.- **Colector receptor:**

**Volumen total de descarga:**        \_\_\_\_\_m<sup>3</sup> / día        \_\_\_\_\_m<sup>3</sup> / año

**PERMISO JAPAC No. GO-DS-XXX-XXX-05**

**Cuarto.-** Condiciones que debe cumplir la(s) descarga(s) de aguas residuales \_\_\_de \_\_\_ y \_\_\_ de \_\_\_, de acuerdo con lo que establece la norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. se señala a continuación:

Parámetro (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	Límites máximos permisibles		
	Promedio Mensual	Promedio Diario	Instantáneo*
Grasas y aceites	50	75	100
Demanda bioquímica de oxígeno	150	200	-
Sólidos suspendidos totales	150	200	-
Sólidos sedimentables (ml/L)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12
Ph (unidades)	5.5 - 10.0		
Temperatura (°C)	40		
Materia flotante	AUSENTE		

\*Son únicamente valores de referencia. En el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo que se indican en la tabla anterior, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la JAPAC en el momento que se le solicite, los promedios diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respalden.

**Quinto.-** El responsable de la(s) descarga(s) estará exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la anterior tabla del presente permiso, cuando demuestre que, por las características del proceso productivo o el uso que le dé al agua, no generan o concentran los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán por escrito y bajo protesta de decir verdad. La JAPAC podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el usuario. En caso de falsedad el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales aplicables.

**Sexto.-** El responsable queda obligado a realizar el "monitoreo" y análisis de la(s) descarga(s) de aguas residuales cada 6 meses con la finalidad de determinar el promedio diario y promedio mensual, analizando los parámetros señalados en la condición cuarta y el reporte de los resultados de análisis se entregarán en el Departamento de Saneamiento de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán durante los primeros 15 días de cada semestre de cada año, contados a partir de la fecha de entrega del presente permiso. El reporte semestral deberá contener los resultados de análisis de su(s) descarga(s) y deberá caracterizarse dos muestras compuestas como mínimo, para reportar el promedio diario y promedio mensual correspondiente al semestre que se informa en lo concerniente a las condiciones y parámetros regulados contenidos en este documento.

**Séptimo- Definiciones.**

**Promedio Diario (PD).**- Es el valor que resulte del análisis de una muestra compuesta, tomada en un día representativo del proceso generador de la descarga.

**Promedio Mensual (PM).**- Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal de los valores que resulten del análisis de laboratorio practicados al menos a dos muestras compuestas tomadas en días representativos de las descargas en un periodo de un mes.

**Octavo.- Serán causas de revocación del presente documento, las siguientes:**

a) Cuando exista cambio, modificación o alteración del punto final de vertido y de sus volúmenes descargados establecidos, en la condición Primera, Segunda y Tercera de este anexo y que no haya sido notificado previamente por escrito a este Organismo Operador.

b) Cuando el vertido de la descarga de aguas residuales afecten o puedan afectar fuentes de abastecimiento de agua potable o a la salud pública.

c) Que exista resolución por parte de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado por infracciones interpuestas por actas de inspección o verificación levantadas y que se indique su revocación.

d) Cuando se incumpla las condiciones específicas del presente permiso.

e) Cuando deje de existir la descarga de aguas residuales motivo por el que se extendió el presente permiso.

f) Cuando se deje de cumplir con los términos del contrato establecido para el suministro de agua potable.

**Noveno.-** El permisionario queda obligado a efectuar el pago de cuotas por descarga de contaminantes que excedan los límites máximos permisibles establecidos en la condición Cuarta. El pago de cuotas será de acuerdo a los resultados de análisis que presente y que excedan dicha tabla y de los volúmenes de aguas residuales descargadas al sistema de alcantarillado Municipal.

Las cuotas son las establecidas en el Artículo 1 inciso 8 del Régimen Tarifario de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Sinaloa No. 094 de fecha 06 de agosto de 2003.



**PERMISO JAPAC No. GO-DS-XXX-XXX-05**

**Décimo.-** El responsable de la descarga queda obligado a cumplir con lo dispuesto en las condiciones específicas del presente permiso para descargar aguas residuales al sistema de alcantarillado sanitario municipal. Cualesquier cambio que resulte del cierre de las instalaciones, traspasos o acto de compraventa y/o variación en los volúmenes de descarga autorizados y/o cambio de giro o actividad, deberá comunicarlo por escrito a la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. De no acatar esta disposición, podrá ser sancionado por incumplimiento a las condiciones específicas del permiso otorgado y en su caso, como usuario solidario del nuevo propietario o poseedor de las instalaciones.

**Décimo primero.-** El presente permiso, será permanente y para su refrendo deberá presentar dentro del plazo de 15 (quince) días hábiles, antes del término de cada semestre, los resultados de análisis de (o los) muestreo(s) realizado(s) en la(s) descargas de aguas residuales de sus instalaciones, de acuerdo a la condición específica sexta que se indica en párrafos precedentes.

**Décimo segundo.-** El no tener permiso para descargar aguas residuales vigente, puede repercutir en la aplicación de sanciones que se enmarcan en las leyes aplicables vigentes en la materia, por incumplimiento a las condiciones específicas que se mencionan en párrafos precedentes y por incumplir con la NOM-002-SEMARNAT-1996.

### II.3. Acta de notificación sin citatorio

#### ACTA DE NOTIFICACIÓN (sin citatorio)

En la Ciudad de Culiacán, Municipio de Culiacán, Estado de Sinaloa, siendo las \_\_\_\_\_ horas con \_\_\_\_\_ minutos del día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año 200\_\_\_\_; el C. \_\_\_\_\_ quien se identifica con credencial de Inspector de Saneamiento No. \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ y con vigencia \_\_\_\_\_ expedida a su favor por el Ing. Rigoberto Félix Díaz, en su carácter de Gerente General y Representante Legal de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, me constituí en el inmueble ubicado en \_\_\_\_\_ en este municipio de Culiacán, estado de Sinaloa y habiéndome cerciorado debidamente de ser el domicilio \_\_\_\_\_ así señalarlo la denominación y nomenclatura del la calle o lugar de las instalaciones visitadas y por así manifestarlo el C. \_\_\_\_\_ en busca del C. Representante Legal, Propietario o Poseedor de la empresa, con el objeto de notificarle en forma personal el contenido del oficio No. \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ emitida por la citada autoridad y toda vez que en este acto se encuentra presente el C. \_\_\_\_\_ en su carácter de Propietario, Representante Legal o Poseedor de dichas instalaciones, quien se identifica con \_\_\_\_\_ y acredita su personalidad en términos de la escritura pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ pasada ante la fe del Lic. \_\_\_\_\_, notario público número \_\_\_\_\_ de la Ciudad de \_\_\_\_\_ de conformidad con los artículos 61 y 62 de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa, procedo en este acto a notificarlo personalmente, haciéndole entrega legal y formal del original con firma autógrafa del oficio señalado anteriormente, el cual recibe de conformidad, dándose por notificado del contenido del mismo y firmando para constancia ante la presencia de quienes fungen como testigos, motivo por el cual se da por concluida la presente diligencia de notificación.

#### RECIBI NOTIFICACIÓN

#### ENTREGO

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma

TESTIGO

TESTIGO

\_\_\_\_\_  
Nombre, identificación y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre, identificación y firma

## II.4. Acta de notificación con citatorio

### ACTA DE NOTIFICACIÓN (con citatorio)

En la Ciudad de Culiacán, municipio de Culiacán, Estado de Sinaloa, siendo las \_\_\_\_\_ horas con \_\_\_\_\_ minutos del día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año 200\_\_\_\_; el C. \_\_\_\_\_ quien se identifica con credencial de inspector de saneamiento número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ y con vigencia \_\_\_\_\_ expedida a su favor por el Ing. Rigoberto Félix Díaz, en su carácter de Gerente General y representante legal de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, me constituí en el inmueble ubicado en \_\_\_\_\_ en este municipio de Culiacán, Estado de Sinaloa y habiéndome cerciorado debidamente de ser el domicilio de \_\_\_\_\_ por así señalarlo la denominación y nomenclatura de la calle o lugar de las instalaciones visitadas y por así manifestarlo el C. \_\_\_\_\_ en busca del C. propietario, representante legal o poseedor de la empresa, con el objeto de notificarle en forma personal el contenido del oficio No. \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ emitida por la citada autoridad y encontrándose o no encontrándose presente en este acto, no obstante el citatorio que le fue dejado el día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del presente año a las \_\_\_\_\_ horas, procedo en los términos del artículo 61 y 62 de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa, a practicar la presente diligencia con el (la) C. \_\_\_\_\_ quien se ostenta como - \_\_\_\_\_ y se identifica con \_\_\_\_\_ con domicilio en \_\_\_\_\_ haciéndole entrega legal y formal del original con firma autógrafa del oficio referido anteriormente, el cual recibe de conformidad, así como la presente acta de notificación, firmando para constancia ante la presencia de quienes fungen como testigos, motivo por el cual se da por concluida la presente diligencia de notificación.

**RECIBI NOTIFICACIÓN**

**ENTREGO**

\_\_\_\_\_  
**Nombre y firma**

\_\_\_\_\_  
**Nombre y firma**

**TESTIGO**

**TESTIGO**

\_\_\_\_\_  
**Nombre, identificación y firma**

\_\_\_\_\_  
**Nombre, identificación y firma**

## II.5. Acta de visita de inspección

Acta de visita No. **001/005**  
Foja No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

### ACTA DE VISITA DE INSPECCION

En la Ciudad de Culiacán, municipio de Culiacán, estado de Sinaloa, siendo las \_\_\_\_\_ horas con \_\_\_\_\_ minutos del día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año 2007 él(los) C.C. Inspector(es) de saneamiento \_\_\_\_\_ quien(es) se identifica(n) con credencial(es) número(s) \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ y con vigencia \_\_\_\_\_ expedida a su favor por el Ing. Rigoberto Félix Díaz, Gerente General y Apoderado Legal de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, misma(s) que el visitado tubo a la vista, cerciorándose de su vigencia y de que la(s) fotografía(s) corresponde(n) a su(s) portador(es), siendo devuelta a su(s) titolare(s), una vez conocida por el visitado, mostrándose conforme con su contenido, se constituyeron en el domicilio de \_\_\_\_\_ con Registro Federal de Causantes No. \_\_\_\_\_ ubicado en \_\_\_\_\_ a fin de cumplir con el oficio de comisión número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ mediante la cual se no(s) designó para ejecutar la Orden de Visita contenida en el oficio número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ expedido por el Ing. Rigoberto Félix Díaz en su carácter de Gerente General y Apoderado Legal de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán; el cual ha sido notificado en términos de Ley, al (a la) C. \_\_\_\_\_, en su carácter de \_\_\_\_\_ que se identifica con \_\_\_\_\_ vigente, documento oficial que se tuvo a la vista, que presenta una fotografía en su parte \_\_\_\_\_, cuyos rasgos fisonómicos coinciden con los de la persona que la exhibe, misma que le fue devuelto a su titular para su resguardo. El representante Legal se identifica como queda dicho y acredita su personalidad con la escritura pública número \_\_\_\_\_ de fecha \_\_\_\_\_ otorgada ante la fe del Lic. \_\_\_\_\_ Notario Público número \_\_\_\_\_ de la Ciudad de \_\_\_\_\_

Acto seguido se le hace saber al visitado que tiene derecho a proponer a dos testigos de su parte, mismos que deberán permanecer hasta el final de la presente diligencia y firmar para constancia, apercibido que en caso de no proponerlos los visitantes los designarán, en virtud de lo anterior se procedió a designar a los (las) CC. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ por parte del \_\_\_\_\_  
testigos que se identifican con \_\_\_\_\_ y  
\_\_\_\_\_ con domicilio en \_\_\_\_\_ y  
\_\_\_\_\_ respectivamente.

**DATOS GENERALES**

De conformidad con lo señalado por el artículo 68 de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa, el suscrito inspector en compañía de los testigos designados y la persona con quien se entiende la presente diligencia, en cumplimiento de la orden de visita que ya fue legalmente notificada, se procedió a realizar la inspección que se me encomendó, en los términos que el propio documento señala, encontrándose lo siguiente:

Giro o Actividad: \_\_\_\_\_ Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_ Medidor No. \_\_\_\_\_  
Domicilio: en \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_  
Col. \_\_\_\_\_ Culiacán, Sinaloa, Teléfono: \_\_\_\_\_ Horas que labora la empresa al día: \_\_\_\_\_, días/semana \_\_\_\_\_, meses/año \_\_\_\_\_ No. de empleados \_\_\_\_\_  
superficie total de terreno \_\_\_\_\_

**VERIFICACION DE CAMPO**

Utilizan agua en su(s) proceso(s): \_\_\_\_\_; en que se utiliza: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Están separadas las aguas de origen sanitario y/o pluviales de las de proceso: \_\_\_\_\_, cuales están separadas: \_\_\_\_\_

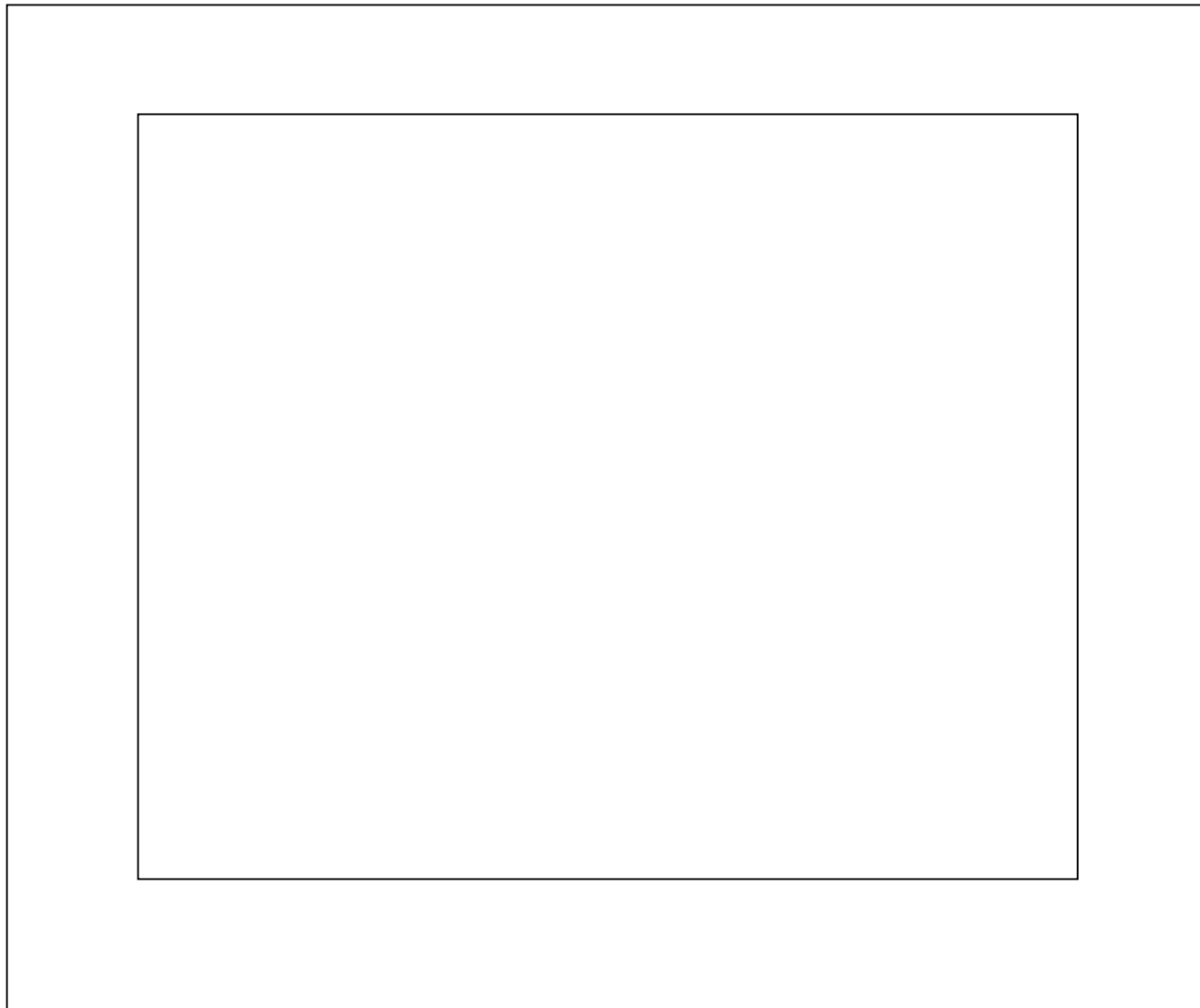
Al utilizar agua en su proceso \_\_\_\_\_ se agrega algún producto químico. De que tipo(s) de químico(s) \_\_\_\_\_

Cuenta con un dispositivo de pretratamiento para las aguas residuales de proceso: \_\_\_\_\_ Que consiste en \_\_\_\_\_ La empresa \_\_\_\_\_ cuenta con \_\_\_\_\_ sistema(s) de trampas para sólidos, grasas y aceites.

Se le da mantenimiento a la(s) trampa(s) cada: \_\_\_\_\_ por \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_. La disposición que se le da a los residuos extraídos de la(s) trampa(s) consiste(n) en: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



Croquis de las instalaciones de recolección, conducción, pretratamiento y punto final de la(s) descarga(s) de aguas residuales al sistema de alcantarillado sanitario municipal.



Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Sabedores de que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoce garantías de primer orden a todo individuo que se encuentre dentro de la República Mexicana, entre las que se encuentra la llamada garantía de audiencia, por tratarse esta actuación de un acto de autoridad que emite la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, se le comunica al visitado que tiene derecho de manifestar lo que a su derecho convenga con relación a la inspección practicada, por lo cual, en uso de dicha prerrogativa manifestó lo siguiente:

---

---

---

---

---

---

---

---

Concluida la visita se procede a realizar las observaciones consistentes en los siguientes actos y omisiones (EN EL PRESENTE RUBRO, SE ASENTARAN SITUACIONES COMO REINCIDENCIA, CONDUCTA DEL VISITADO AL MOMENTO DEL LEVANTAMIENTO DEL ACTA, SITUACIONES DE MODO, TIEMPO Y LUGAR EN QUE SE LEVANTO EL DOCUMENTO, ETC. O CUALESQUIER OTRA SITUACION QUE SE PRESENTE.), así como dejar debidamente asentados el nombre del visitado, testigos y demás personas que en la presente acta intervinieron, por lo que los visitantes hacen constar lo siguiente:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

No habiendo mas que agregar por parte del visitado y el visitador, se cierra la presente diligencia con \_\_\_\_\_ fojas útiles a las \_\_\_\_\_ horas del día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año 2007.

**EI VISITADO**

**INSPECTOR DE SANEAMIENTO**

\_\_\_\_\_  
**Nombre y firma**

\_\_\_\_\_  
**Nombre y firma**

**TESTIGO**

**TESTIGO**

\_\_\_\_\_  
**Nombre y firma**

\_\_\_\_\_  
**Nombre y firma**



# **III FIGURAS (PLANOS) AMPLIADAS**

### **III.1. Plano de foto área que muestra la ubicación de la Planta Norte**



## **III.2. Planos de arreglo de conjunto (layout) y perfil hidráulico de la Planta Norte**





## REFERENCIAS

- Cascio J. Woodside G. y Mitchell P. (1997) “Guía ISO 14000. Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental”; McGrawHill
- Chemistry for Environmental Engineering, Fourth edition, Clair N. Sawyer, Perry I. Mccarty, Gene F. Perkin; Mcgraw-hill
- CNA (2005). Estadísticas del agua en México 2005
- OMS (1992). World Resources
- LGEEPA (1988). DOF
- CNA (1998). Resumen técnico de los Estudios para el Abastecimiento del Agua Potable y del Saneamiento del Agua Residual de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal. Comisión Nacional del Agua, Gobierno del Estado de Jalisco, SIAPA. Reporte interno
- Curso de capacitación para el Control de Descargas, Ciudad Juárez, México; 18-22 de octubre de 1999
- Davis, R D (1996). The Impact of EU and UK, Environmental Pressures on the Future of Sludge Treatment and Disposal. Water and Environmental Management. Vol. 10, No.1, Feb. Londres, Inglaterra
- DOF (1996). “Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996”, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1997. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. México
- DOF (1998). “Norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996”, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano ó municipal; Diario Oficial de la Federación, 3 de junio de 1998. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. México
- DOF (1994). “Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales”; Diario Oficial de la Federación, 12 de enero de 1994. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. México
- DOF (1993). “Norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993”, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente; Diario Oficial de la Federación. 22 de octubre de 1993. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. México
- Farías, U. (1993). “Derecho Mexicano de Aguas Nacionales”; Ed Porrúa, 393 pp. México D.F. México
- JAPAC (2005). Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México

- **JAPAC (2004).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **JAPAC (2003).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **JAPAC (2000).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **JAPAC (1999).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **JAPAC (1997).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **Jiménez B y Ramos J (1999).** Tratamiento Primario Avanzado. Publicación del Instituto de Ingeniería, UNAM. México D.F. México
- **Metcalf & Eddy (1996).** Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Tomo I. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V., México, D.F. México
- **CNA (2004).** Situación del sector agua potable, alcantarillado y saneamiento
- **Ramahlo, R.S. (1983).** Introduction to Wastewater Treatment Processes. 2a Edición. Academic Press
- **Ramírez-Gama R M, “et al” (1995).** Manual de prácticas de microbiología general. Publicación de la Facultad de Química, UNAM. México D.F. México
- **Santos M.S. (1998).** Estabilización Térmica Alcalina con Bajas Dosis de CaO para Lodos Provenientes de un tratamiento Primario Avanzado. Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México
- **Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del 2004;** Comisión Nacional del Agua
- **US EPA (1999).** “Wastewater Pretreatment Training for Mexican Officials”. Reference Manual. 1st Ed. Office of Water. Environmental Protection Agency. Washington, DC, EEUUA
- **US EPA (1995).** “NPDES Compliance Inspection Manual”. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EEUUA
- **US EPA (1999).** Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States, EPA, 530-R-99-009. Environmental Protection Agency. P. 13, Washington, DC, EEUUA
- **US EPA (1993).** Title 40 CFR 503, (1993). EPA/625/R-92/013, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, EEUUA
- **US EPA (1996).** “Guidance Manual on the Development and Implementation of Local



**Discharge Limitations Under the Pretreatment Program”. Office of Water. Environmental Protection Agency. 357 pp. Washington, DC, EEUUA**

- **EPA (1994). A Plain English Guide to the EPA, Part 503. Biosolids Rule. Environmental Protection Agency. P. 152, Washington, DC, EEUUA**
- **EPA (1992). Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Environmental Protection Agency. P. 176, Washington, DC, EEUUA**

## REFERENCIAS

- Cascio J. Woodside G. y Mitchell P. (1997) “Guía ISO 14000. Las nuevas normas internacionales para la administración ambiental”; McGrawHill
- Chemistry for Environmental Engineering, Fourth edition, Clair N. Sawyer, Perry I. Mccarty, Gene F. Perkin; Mcgraw-hill
- CNA (2005). Estadísticas del agua en México 2005
- OMS (1992). World Resources
- LGEEPA (1988). DOF
- CNA (1998). Resumen técnico de los Estudios para el Abastecimiento del Agua Potable y del Saneamiento del Agua Residual de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal. Comisión Nacional del Agua, Gobierno del Estado de Jalisco, SIAPA. Reporte interno
- Curso de capacitación para el Control de Descargas, Ciudad Juárez, México; 18-22 de octubre de 1999
- Davis, R D (1996). The Impact of EU and UK, Environmental Pressures on the Future of Sludge Treatment and Disposal. Water and Environmental Management. Vol. 10, No.1, Feb. Londres, Inglaterra
- DOF (1996). “Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996”, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1997. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. México
- DOF (1998). “Norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996”, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano ó municipal; Diario Oficial de la Federación, 3 de junio de 1998. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. México
- DOF (1994). “Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales”; Diario Oficial de la Federación, 12 de enero de 1994. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. México
- DOF (1993). “Norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993”, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente; Diario Oficial de la Federación. 22 de octubre de 1993. Poder Ejecutivo Federal. México D.F. México
- Farías, U. (1993). “Derecho Mexicano de Aguas Nacionales”; Ed Porrúa, 393 pp. México D.F. México
- JAPAC (2005). Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México

- **JAPAC (2004).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **JAPAC (2003).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **JAPAC (2000).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **JAPAC (1999).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **JAPAC (1997).** Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán. Informe técnico. Área de Saneamiento. Culiacán, Sinaloa, México
- **Jiménez B y Ramos J (1999).** Tratamiento Primario Avanzado. Publicación del Instituto de Ingeniería, UNAM. México D.F. México
- **Metcalf & Eddy (1996).** Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Tomo I. McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V., México, D.F. México
- **CNA (2004).** Situación del sector agua potable, alcantarillado y saneamiento
- **Ramahlo, R.S. (1983).** Introduction to Wastewater Treatment Processes. 2a Edición. Academic Press
- **Ramírez-Gama R M, “et al” (1995).** Manual de prácticas de microbiología general. Publicación de la Facultad de Química, UNAM. México D.F. México
- **Santos M.S. (1998).** Estabilización Térmica Alcalina con Bajas Dosis de CaO para Lodos Provenientes de un tratamiento Primario Avanzado. Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México
- **Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del 2004;** Comisión Nacional del Agua
- **US EPA (1999).** “Wastewater Pretreatment Training for Mexican Officials”. Reference Manual. 1st Ed. Office of Water. Environmental Protection Agency. Washington, DC, EEUUA
- **US EPA (1995).** “NPDES Compliance Inspection Manual”. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EEUUA
- **US EPA (1999).** Biosolids Generation, Use, and Disposal in the United States, EPA, 530-R-99-009. Environmental Protection Agency. P. 13, Washington, DC, EEUUA
- **US EPA (1993).** Title 40 CFR 503, (1993). EPA/625/R-92/013, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, EEUUA
- **US EPA (1996).** “Guidance Manual on the Development and Implementation of Local

- **EPA (1994). A Plain English Guide to the EPA, Part 503. Biosolids Rule. Environmental Protection Agency. P. 152, Washington, DC, EEUUA**
- **EPA (1992). Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Environmental Protection Agency. P. 176, Washington, DC, EEUUA**

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**Aguas pluviales.-** Aquellas que provienen de las lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y el granizo

**Aguas residuales de proceso.-** Las resultantes de la producción de un bien o servicio comercializable

**Aguas residuales domésticas.-** Las provenientes del uso particular de las personas y del hogar

**Aguas residuales.-** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas

**Autoridad competente.-** Los Gobiernos de los Estados, del Distrito Federal, y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua

**Bioacumulación.-** La capacidad de las sustancias para acumularse en los tejidos de un organismo vivo como resultado de una exposición temporal o permanente

**Colectores.-** Conducciones que reciben el agua de los subcolectores y la atarjeas. Son de mayor diámetro que los subcolectores

**Condiciones particulares para descargas al alcantarillado urbano o municipal.-** El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus límites máximos permisibles en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, establecidos por la autoridad competente, previo estudio técnico correspondiente, con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas

**Contaminantes.-** Son aquellos parámetros o compuestos que, en determinadas concentraciones, pueden producir efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente, dañar la infraestructura hidráulica o inhibir los procesos de tratamiento de las aguas residuales

**Descarga.-** Acción de verter aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal

**Dren.-** La palabra no existe en el Diccionario de la Real Academia Española, pero en la jerga agronómica se utiliza para definir al aparato excretor de un distrito de riego agrícola en donde es vertido el sobrante de una corriente de agua usada

**Dren principal Cedritos.-** Dren de retorno agrícola en donde es vertido el agua residual tratada del efluente de la Planta Norte

**Empresa.-** La empresa trasnacional francesa Degremónt de México SA de CV, quien resultó ganadora en el concurso para la elaboración y ejecución del proyecto

**Instantáneo.-** Es el valor que resulta del análisis de laboratorio a una muestra de agua residual tomada de manera aleatoria o al azar en la descarga

**Límite máximo permisible.-** Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales

**Lodos.-** Productos sólidos provenientes de los procesos de tratamiento del agua residual

**“Monitoreo”.-** Palabra usada en las normas oficiales mexicanas que no existe en el Diccionario de la Lengua Española y que tiene el significado de dar seguimiento a un proceso (seguimiento monitorio, con señales o datos)

**Muestra compuesta.-** La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la especificación 4.10 de la Norma

**Muestra simple.-** La que se toma en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cualitativa y cuantitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, el volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo

**Nivel de explosividad (LEL, en inglés).-** Concentración mínima necesaria para que ocurra una explosión por gases inflamables y/o explosivos (*lower explosivity level*)

**Parámetro.-** Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua

**Planta Norte.-** Planta de tratamiento de aguas residuales municipales “Norte”, para la Ciudad de Culiacán, Estado de Sinaloa, México

**Promedio diario (P.D).-** Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta, tomada en un día representativo del proceso generador de la descarga

**Promedio Mensual (P.M).-** Es el valor que resulta de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de laboratorio practicados al menos a dos muestras compuestas, tomadas en días representativos de la descarga en un período de un mes

**Proyecto ejecutivo.-** Comprendió la elaboración de las memorias de cálculo civil, eléctrico, mecánico, hidráulico, de procesos y sanitario, los planos de construcción e instalaciones, las listas de materiales, los catálogos de conceptos y las cantidades de obra para la construcción y equipamiento de la Planta Norte

**Proyecto.-** Por este concepto, se hará referencia en forma global al proyecto ejecutivo de la introducción de los servicios para la Planta Norte, la construcción, equipamiento y puesta en marcha de la Planta Norte, prolongación de colectores, líneas de presión y de estaciones de bombeo; así como la operación, conservación y mantenimiento de la Planta Norte durante 20 años

**Punto de descarga.-** Es el sitio seleccionado para la toma de muestras, en el que se garantiza que fluya la totalidad de las aguas residuales de la descarga

**“Reúso”.-** Palabra usada en las normas oficiales mexicanas que no existe en el Diccionario de la Lengua Española y que tiene el significado de dar un nuevo uso al agua o a otro insumo. La palabra correcta es reutilización

**Sistema de alcantarillado urbano o municipal.-** Es el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de un servicio público de alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales

**Sostenible.-** Dicho de un proceso: Que puede mantenerse por sí mismo, como lo hace, p. ej., un desarrollo económico sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes

**Subvalveo.-** Zona saturada que se ubica debajo de una corriente de agua superficial

**Sustentable.-** Que se puede sustentar o defender con razones, que se puede sostener. En México se usa como sinónimo de sostenible

**Norma.-** Norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano ó municipal

**In Situ.-** Frase latina que significa en el mismo sitio

**Contaminantes básicos.-** Son los contaminantes presentes en las aguas residuales que pueden ser removidos mediante tratamiento convencional

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>BANOBRAS</b>	<b>Banco Nacional de Obras</b>
<b>CANACINTRA</b>	<b>Cámara Nacional de la Industria de la Transformación, Delegación Sinaloa</b>
<b>CANACO</b>	<b>Cámara Nacional del Comercio local</b>
<b>CANIRAC</b>	<b>Cámara Nacional de la Industria Restaurantera AC local</b>
<b>CFR 503</b>	<b>Código Federal Regulatorio de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos, que regula el manejo, tratamiento y disposición final de los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales</b>
<b>CNA</b>	<b>Comisión Nacional del Agua</b>
<b>CRETIB</b>	<b>El código de clasificación de las características que hacen a un residuo peligroso y que significan corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso</b>
<b>DBO<sub>5</sub> total</b>	<b>Demanda bioquímica de oxígeno al quinto día medida de manera total (material disuelto y en suspensión)</b>
<b>DOF</b>	<b>Diario Oficial de la Federación</b>
<b>DQO</b>	<b>Demanda química de oxígeno</b>
<b>EMA AC</b>	<b>Entidad Mexicana de Acreditamiento Asociación Civil</b>
<b>FINFRA</b>	<b>Fideicomiso N° 1902 denominado Fondo de Inversión en Infraestructura, constituido en el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, Sociedad Nacional de Crédito, Institución Fiduciaria</b>
<b>G y A</b>	<b>Grasas y aceites</b>
<b>HH/ g ST</b>	<b>Huevos de helminto viables por gramo de sólidos totales</b>
<b>INEGI</b>	<b>Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática</b>
<b>JAPAC</b>	<b>Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán</b>
<b>LAN</b>	<b>Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento</b>
<b>LEEPAES</b>	<b>Ley Estatal de Ecología y Protección al Ambiente del Estado de Sinaloa</b>
<b>LEL</b>	<b>Lower Explosive Level por sus siglas en inglés, (nivel mínimo explosivo)</b>
<b>LGEEPA</b>	<b>Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente</b>
<b>NMP/ 100 mL</b>	<b>Número más probable por cada cien mililitros de agua</b>



	residual
<b>NOM-001-SEMARNAT-1996</b>	Norma oficial mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
<b>NOM-002-SEMARNAT-1996</b>	Norma oficial mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano ó municipal
<b>NOM-003-SEMARNAT-1997</b>	Norma oficial mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se “reúsen” (reutilicen) en servicios al público
<b>NOM-004-SEMARNAT-2002</b>	Norma oficial mexicana que establece para lodos y biosólidos, las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final
<b>NOM-010-STPS-1999</b>	Norma oficial mexicana que establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral
<b>NOM-052-SEMARNAT-1993</b>	Norma oficial mexicana que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente
<b>NOM-083-SEMARNAT-2003</b>	Norma oficial mexicana que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, “monitoreo” (seguimiento), clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial
<b>PCD</b>	Programa de control de descargas
<b>PEMEX</b>	Petróleos Mexicanos
<b>pH</b>	Potencial hidrógeno
<b>PIB</b>	Producto interno bruto
<b>PRELIM v5.0</b>	Pretreatment Limitations Model v5.0 por sus siglas en inglés, programa de cómputo desarrollado por US EPA para el

	<b>establecimiento de límites locales</b>
<b>PROFEPA</b>	<b>Procuraduría Federal de Protección del Medio Ambiente</b>
<b>PTARM</b>	<b>Planta de tratamiento de aguas residuales municipales, que opera y mantiene la autoridad municipal</b>
<b>SEMARNAT</b>	<b>Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales</b>
<b>SIAPA</b>	<b>Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Zona Metropolitana de Guadalajara</b>
<b>SST</b>	<b>Sólidos suspendidos totales</b>
<b>US EPA</b>	<b>Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América</b>