



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

"EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN A AGUAS SUBTERRÁNEAS Y AGUAS SUPERFICIALES DEL ARROYO EL COCINERO PRODUCIDA POR LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA PETROQUÍMICA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

VLADIMIR ALEXIS NERI QUEZADAS



FACULTAD DE QUÍMICA

México, D.F.



EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE QUÍMICA

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado

Presidente : Natalia Elvira de la Torre Aceves
Vocal : Reynaldo Sandoval González
Secretario : Aurora de los Ángeles Ramos Mejía
1er. Suplente : Marco Antonio Uresti Maldonado
2do. Suplente : Alfonso Duran Moreno

Sitio donde se desarrolló el tema: Poza Rica, Veracruz y Biblioteca de la Facultad de Química, UNAM.

Asesor del tema:


~~M. en C. Natalia de la Torre Aceves.~~

Sustentante:


Vladimir Alexis Neri Quezadas

A mi pequeña Paola, puesto que todo éste esfuerzo lo realizo pensando en ella y en poder ofrecerle un mejor futuro.

A mi esposa, por todo su amor, ayuda y paciencia para alcanzar juntos esta meta.

*A mi madre, que plantó la semilla y la
inquietud de que se puede ser siempre mejor
y que vale la pena esforzarse.*

*A mi hermano, porque los sueños pueden y
deben transformarse en hechos.*

*A mis abuelos, que siempre serán las raíces
que me sostienen.*

*A mi Tío Moisés, cuyo anhelo ha sido el que
alcance mis metas y hoy le retribuyo su
esfuerzo.*

INDICE

	Pag.
PROLOGO	8
INTRODUCCION	10
1. GENERALIDADES.	
• Características fisicoquímicas del agua residual.	13
• Legislación Mexicana de Protección al ambiente.	20
2. ANTECEDENTES.	
• Ubicación del Complejo Petroquímico	23
• Características generales del arroyo El Cocinero	24
• Proceso de obtención de la Materia Prima.	25
• Descripción del proceso de obtención de Polietileno.	29
• Descripción del sistema de descarga de aguas residuales del complejo.	34
3. MUESTREO DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL Y DEL ARROYO.	
• Aforo y muestreo.	36
• Distribución de los puntos de muestreo sobre el arroyo.	37
4. DETERMINACIÓN DEL GASTO DEL ARROYO "EL COCINERO"	
• Medición de la sección transversal de la corriente.	44
• Medición de velocidades.	45
• Determinación del caudal.	45
5. PERFORACIÓN Y PERFILES ESTRATIGRAFICOS DE POZOS.	
• Perforación de pozos.	50
• Perfiles estratigráficos.	55

	Pag.
6. MUESTREO DE POZOS.	
• Desarrollo de los pozos.	66
• Muestreo de pozos.	68
7. CARACTERIZACION FISICOQUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE AGUA.	
• Muestras de las descargas de agua residual y del arroyo "El Cocinero".	70
• Muestra de agua de los pozos.	71
8. RESULTADOS DE ANÁLISIS.	72
9. DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA.	89
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	98
11. BIBLIOGRAFÍA.	102
12. ANEXOS	104
• ANEXO I PROCEDIMIENTO DE MUESTREO PARA AGUA DE ABASTECIMIENTO "AGUA SUBTERRÁNEA".	105
• ANEXO II PROCEDIMIENTO DE MUESTREO PARA AGUA RESIDUAL.	106
• ANEXO III CRITERIOS INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA EN QUEBEC	107

PROLOGO

Las actividades cotidianas del ser humano: transportación, educación, alimentación, etc. así como la satisfacción de sus diversas necesidades, afectan al entorno en diversas formas y magnitudes. La afectación negativa del entorno es lo que conocemos como contaminación, y puede clasificarse en contaminación del aire, agua y suelo.

Al tomar recursos naturales del medio para someterlos al uso o tratamiento industrial y no devolverlos en su condición original, estamos contaminando y deteriorando nuestro medio. El deterioro que causa un recurso contaminado es provocado por la incompatibilidad de características físicas, químicas y biológicas existentes entre éste y los demás componentes del medio.

Desde la época precolombina, las culturas indígenas tenían conocimiento de que lo que se toma de la naturaleza debe retornarse en las mismas condiciones y que no se debe tomar más de lo que se pueda retornar. La importancia que estos pueblos daban a la flora, fauna y recursos naturales es claramente demostrada en los dioses que integran su teogonía: dioses de la lluvia, la tierra, el agua, el maíz y diversas deidades con encarnación animal (jaguares, águilas, etc.). Esta cosmovisión fue retomada por el mundo moderno a mediados del siglo pasado y se ha extendido hacia el común de la población, logrando crear instituciones y organismos dedicados a la prevención y combate de la contaminación ambiental.

Dentro de este contexto se resalta la importancia de evaluar la afectación o deterioro del medio con el fin de determinar su causa, magnitud y estudiar opciones para eliminar, tratar o reducir el impacto de las actividades humanas en el ambiente.

La realización de evaluaciones de impacto implica la participación de profesionales de distintas áreas, entre las que destaca la química, pues esta ciencia contempla la caracterización y tratamiento de efluentes industriales, así como tecnologías de remediación ambiental, procesos industriales limpios y optimización en el uso de la energía.

Es responsabilidad de toda la humanidad el proteger la flora, fauna y recursos naturales de nuestro mundo; sin embargo, los profesionales de la química tenemos la capacidad y el deber de desarrollar tecnologías limpias que satisfagan las necesidades del ser humano sin afectar al entorno.

INTRODUCCION

En este nuevo milenio uno de los cambios que se han comenzado a dar en la mentalidad de la población mundial, es la conciencia de protección ambiental, el aprovechamiento racional de los recursos y la creación de tecnologías limpias.

Como país firmante del TLC, México se ha comprometido a cumplir de manera efectiva con su propia legislación ambiental. Adicionalmente, el proceso de globalización en que estamos inmersos exige que las industrias estén certificadas con ISO-14000, estándar internacional en administración ambiental, para que sus productos puedan acceder a mercados extranjeros. En este sentido y de cara a un comercio mundial, la evaluación ambiental es aceptada internacionalmente como una forma de cumplimiento de la ley en los términos de los acuerdos de cooperación ambiental internacional.

Otro aspecto importante es que los gobiernos internacionales han comenzado a instaurar normas y reglamentos que protegen la fauna, los recursos naturales y supervisan las políticas ambientales de la industria. En México la SEMARNAT ha instaurado las auditorías ambientales y la certificación de "Industria Limpia".

La auditoría ambiental se define como el examen metodológico de procesos e instalaciones productivas respecto a la contaminación y riesgo que generan, así como la evaluación del cumplimiento de la normatividad ambiental, parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería aplicables, con el objeto de definir las medidas preventivas, correctivas y en su caso de respuesta, necesaria para proteger el ambiente.

Una de las herramientas fundamentales dentro de las auditorías es la evaluación del impacto ambiental y la supervisión de las condiciones de descarga de aguas residuales.

Sólo con la evaluación de impacto ambiental se puede determinar si la industria en cuestión cumple con la normatividad ambiental establecida, y en caso de no cumplirla, esta evaluación es la base para conocer las causas de la contaminación, mejorar el uso de los recursos, reducir la generación de efluentes y diseñar los sistemas de tratamiento.

La evaluación ambiental también tiene una repercusión económica, pues la Comisión Nacional del Agua establece multas para las empresas que generan y descarga efluentes con contenido de contaminantes por encima de los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad. Con una evaluación ambiental se pueden detectar, tratar y disminuir estos efluentes con lo que se cumple con la normatividad y se evita el pago de multas.

En este trabajo se evalúa la afectación que sufre el arroyo "El Cocinero", cuerpo receptor de las descargas industriales de un complejo petroquímico. De forma integral también se verificará la afectación a los mantos freáticos aledaños a los sitios de descarga, pues pueden llegar a ser afectados por las aguas industriales descargadas que inevitablemente penetran por percolación a éstos.

Esta evaluación se realizó a solicitud de la industria petroquímica, pues esta empresa está preocupada por la preservación del ambiente, la salud de sus trabajadores y de los habitantes de la zona, además de su deseo de continuar con su certificación como industria limpia.

La evaluación de impacto ambiental se realizó teniendo como marco las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-ECOL-1996 y NOM-127-SSA1-1994 en conjunción con el procedimiento para muestreo de aguas subterráneas establecido por el estándar ASTM D-4448.

1. GENERALIDADES

CAPITULO UNO GENERALIDADES

1.1 Características fisicoquímicas del agua residual.

El agua residual puede definirse como aquella agua que ha sufrido cambios en sus características físicas, químicas y biológicas como resultado de su utilización en la industria, a nivel doméstico, servicios o en la agricultura. Estos cambios en sus características provocan que el agua no esté en condiciones adecuadas para reincorporarse al medio de donde se tomó, por lo que debe de someterse a tratamiento.

Para determinar y diseñar los sistemas de tratamiento a los que debe ser sometida un agua residual, es necesario conocer las características de ésta mediante análisis. Los análisis que se realizan al agua residual para conocer sus características físicas, químicas y biológicas son los siguientes:

Tabla 1.1. Parámetros normalmente empleados para determinar las propiedades fisicoquímicas del agua residual.

Parámetro	Fuente	Contemplado NOM-001-ECOL
<i>FISICOS</i>		
Sólidos	Aguas domésticas e industriales	Si
Temperatura	Aguas domésticas e industriales	Si
Color	Aguas domésticas e industriales	No
Olor	Drenajes en descomposición, aguas industriales	No

QUÍMICOS

Proteínas		Como DBO
Carbohidratos		Como DBO
Grasas y aceites		Si
Detergentes		No
Fenoles		No
Pesticidas		No
pH		Si
Cloruros		No
Alcalinidad		No
Nitrógeno		Si
Fósforo		Si
Sulfatos		No
Compuestos tóxicos		No
Metales Pesados		Si
Oxígeno disuelto		No
Acido sulfhídrico		No
Metano		No

BIOLÓGICOS

Bacterias (Coliformes)	Aguas domésticas; plantas de tratamiento	Si
Virus y parásitos	Aguas domésticas	Si

Fuente: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering.

Las características del agua residual indicadas a continuación, serán empleadas para determinar la calidad de los efluentes analizados en este trabajo, y de esta forma estimar el grado de afectación al entorno.

Características Físicas.

a) **Sólidos Totales.** Una de las características físicas más importante del agua residual es su contenido de sólidos totales, los cuales están compuestos por materia flotante, materia en suspensión, partículas coloidales y diversas sustancias en suspensión.

b) **Temperatura.** La temperatura del agua residual generalmente es mayor que la de la fuente que se tomó, debido a la adición de agua caliente proveniente

de casas y actividad industrial. La temperatura del agua es un parámetro muy importante ya que tiene efectos en la vida acuática, en la velocidad a la que se llevan a cabo diversas reacciones químicas y el contenido de oxígeno disuelto en el agua, puesto que el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en fría.

c) **Color.** Generalmente un agua residual "joven" posee un color grisáceo; sin embargo, conforme se degradan los compuestos orgánicos y disminuye el contenido de oxígeno disuelto, el color cambia a negro.

d) **Olor.** El olor característico del agua residual es debido a los gases producto de la descomposición de la materia orgánica. El agua residual "joven" tiene un olor menos desagradable, pues contiene poco ácido sulfhídrico, producto de la descomposición bacteriana de los sulfatos. Las aguas industriales pueden contener compuestos odoríficos o que producen olores al descomponerse.

Características Químicas.

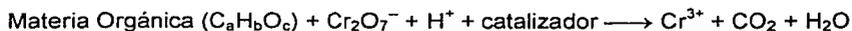
a) **Contenido de Materia orgánica.** Aproximadamente el 75% de los sólidos suspendidos en el agua residual corresponden a materia orgánica. Estos compuestos contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Los principales grupos de sustancias orgánicas que se presentan en el agua residual son las proteínas, carbohidratos y las grasas y aceites. De estos, el más importante por su baja capacidad de degradación son las grasas y aceites.

El término "grasas " incluye a los aceites, ceras, grasas y otros compuestos relacionados. Las grasas en general son los compuestos orgánicos más estables y no son fácilmente degradados por acción bacteriana. Los ácidos minerales atacan las grasas, sin embargo, esta reacción produce glicerina y ácidos grasos.

La gasolina, el diesel y los aceites lubricantes son obtenidos a partir del petróleo y contienen hidrocarburos. Estos aceites suelen ser desechados en el drenaje por talleres y garajes, la mayoría de ellos flotan en la superficie de los efluentes y una pequeña parte se integra a los sólidos del agua residual. Este tipo de contaminantes interfieren con la actividad biológica y causan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

b) Demanda Bioquímica de Oxígeno. Este es el parámetro utilizado para determinar el nivel de contaminación orgánica en cuerpos de agua y aguas residuales. Esta medición se puede informar a diferentes intervalos de tiempo siendo el más común a 5 días (DBO₅) La determinación de la DBO involucra la medición del oxígeno disuelto empleado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica. La medición de la DBO es un dato muy significativo en el diseño de tratamientos de agua residual y en el análisis de afectación ambiental, porque se emplea para determinar la cantidad de oxígeno que será necesaria para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente. Los datos de DBO son empleados para medir la eficiencia de los procesos de tratamiento.

c) Demanda Química de Oxígeno. La Demanda Química de Oxígeno (DQO), se define como el volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato o permanganato, en medio ácido. La reacción principal usando dicromato como agente oxidante puede representarse en general como:



La prueba de DQO es empleada para determinar el contenido de materia orgánica en aguas residuales y naturales, así como en aguas residuales industriales y municipales que contienen compuestos que son tóxicos para los microorganismos. La DQO de una agua residual es, en general, mayor que la DBO debido a que más compuestos pueden ser oxidados químicamente que biológicamente. Para muchos tipos de aguas residuales, es posible correlacionar la DQO con la DBO. Esto puede ser muy útil porque la DQO puede ser determinada en 3 horas, comparado con los 5 días que requiere como mínimo la DBO.

d) Potencial de hidrógeno (pH). La concentración del ión hidronio es un parámetro importante en la determinación de la calidad del agua tanto de fuentes naturales como residual. El intervalo de concentración viable para la mayoría de los organismos biológicos es estrecho y crítico. Las aguas residuales con una concentración adversa de iones hidronio son difíciles de procesar por medios biológicos, si la concentración no se modifica antes de la descarga, el efluente puede alterar el pH en los cuerpos receptores.

e) Alcalinidad. La alcalinidad de las aguas residuales se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, sodio, magnesio, entre otros compuestos provenientes principalmente del uso de jabones y detergentes.

f) Nitrógeno. El nitrógeno junto con el fósforo son esenciales en el crecimiento de microorganismos y plantas, ya que son reconocidos como nutrientes o bioestimulantes. Ya que el nitrógeno es esencial en la síntesis de proteínas, se requieren datos del contenido de nitrógeno para evaluar la tratabilidad del efluente. Un exceso de este elemento en las aguas residuales, propicia el crecimiento acelerado de algas indeseables (eutroficación).

La fuente principal de nitrógeno suelen ser los desechos de materia orgánica que contiene proteínas y urea, estos se descomponen bajo la acción bacteriana en nitratos y amoníaco.

g) Fósforo. El fósforo es esencial en el crecimiento de algas y otros microorganismos. Debido a que se han presentado casos de crecimiento desmedido de algas en diversos cuerpos de agua superficiales, se está controlando la cantidad de compuestos de fósforo que se descargan en drenajes producto de la actividad doméstica e industrial. Las principales fuentes de fósforo son los detergentes, suavizantes de aguas y fertilizantes empleados en las actividades humanas.

h) Metales Pesados. Trazas de varios metales, como níquel (Ni), manganeso (Mn), plomo (Pb), cromo (Cr), cadmio (Cd), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), y mercurio (Hg) son constituyentes importantes del agua residual. Varios de estos metales son necesarios para el desarrollo de la actividad biológica y la ausencia de cantidades suficientes de estos puede limitar el crecimiento. La presencia en cantidad excesiva de cualquiera de estos metales puede interferir con la reutilización del agua debido a su toxicidad.

i) Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto es requerido para la respiración aerobia de los microorganismos y para otras formas de vida aerobias (p. ej. peces) Sin embargo, el oxígeno es poco soluble en agua. La cantidad de oxígeno que se disuelve en agua esta determinada por: la solubilidad del gas, la presión parcial del gas en la atmósfera, la temperatura y la composición del agua. La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual es recomendable, pues evita la formación de olores desagradables generados por la acción de microorganismos anaerobios.

Características Biológicas.

a) Algas. La presencia de algas en aguas superficiales puede ser un gran problema, debido a que, en condiciones favorables, se reproducen rápidamente y cubren ríos, lagos y lagunas en grandes colonias flotantes. Los efluentes domésticos e industriales suelen ser ricos en nutrientes, por lo que su descarga en lagos causa un enriquecimiento biológico y aumenta la velocidad de crecimiento de algas. La presencia de algas afecta el valor del agua de un reservorio natural, porque generalmente causan problemas de olor y sabor.

b) Virus. Los virus excretados en las heces humanas pueden convertirse en un riesgo potencial para la salud pública. Por ejemplo, *una persona con hepatitis puede producir de 10,000 a 100,000 dosis infecciosas del virus por gramo de excretas. Adicionalmente, varios tipos de virus pueden sobrevivir hasta 41 días en agua o drenajes a 20 °C y por 6 días en un río normal. (Metcalf & Eddy, p. 262-263).* Un buen número de brotes de enfermedades virales pueden ser atribuidos a la transmisión del virus a través de suplementos de agua. De ahí la importancia de diseñar sistemas de desinfección eficientes en el tratamiento de aguas residuales.

c) Coliformes. Los microorganismos patógenos que suelen ser excretados por el hombre pueden producir enfermedades gastrointestinales como son: Fiebre tifoidea, disentería, diarrea y cólera. Debido a que es difícil aislar los organismos patógenos presentes en el agua residual o contaminada, los microorganismos coliformes, que son más numerosos (una persona excreta de 100 a 400 billones de organismos coliformes por día) y más fáciles de determinar, son utilizados como indicadores de otros microorganismos. La presencia de organismos coliformes es tomada como indicador de que organismos patógenos pueden estar presentes, la ausencia de coliformes es tomada como indicación de que el agua está libre de microorganismos causantes de enfermedades.

1.2 Legislación Mexicana de Protección al ambiente.

En materia de aguas residuales y protección a cuerpos receptores de éstas, el Gobierno Mexicano emitió la Ley General de Protección al Ambiente y las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

- NÓM-001-ECOL-1997: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en agua y bienes nacionales.
- NOM-002-ECOL-1997: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residual en drenajes urbanos y municipales.

Adicionalmente, en este trabajo se empleará la norma NOM-127-SSA1-1994 "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Esta norma se empleará debido a que aún no se ha promulgado una norma que evalúe la calidad o proteja los depósitos de agua subterráneos.

La Legislación Mexicana ha sido constantemente modificada y actualmente se encuentra rezagada con respecto a la legislación internacional. Entre otros aspectos, no contempla la contaminación por compuestos radioactivos o pesticidas, entre otros contaminantes.

Para determinar si se afecta o no a las aguas del arroyo "El Cocinero" se compararan las características de los efluentes del Complejo petroquímico y las muestras tomadas de los mantos subterráneos, con los límites establecidos en las normas NOM-001-ECOL y NOM-127-SSA1.

De manera auxiliar se emplearan los criterios de contaminación de suelos y aguas subterráneas establecidos en Québec, Canadá. Estos criterios son muy similares a los empleados en Estados Unidos y otros países.

2. ANTECEDENTES

CAPITULO DOS ANTECEDENTES

2.1 Ubicación del Complejo Petroquímico.

El Complejo Petroquímico se encuentra ubicado cerca de la ciudad de Poza Rica, Veracruz . Se sitúa sobre la carretera Poza Rica – Palma Sola y colinda con la colonia Ruiz Cortínez del poblado de Coatzintla, Veracruz.



Figura 2.A. Principales ríos de la zona.

Es importante conocer el proceso químico empleado en la producción de polietileno, de esta forma se determinarán las posibles fuentes generadoras de residuos y las características químicas y físicas de éstos.

2.2 Características Generales del arroyo "El Cocinero".

El arroyo "El Cocinero" nace en las inmediaciones del poblado de Corralillos, Veracruz; a lo largo de su cauce atraviesa varios poblados entre los que destacan, Coatzintla, La Laja y Poza Rica; para incorporarse a las aguas del río Cazones.

Este arroyo recibe las descargas sanitarias de los poblados e industrias que se encuentran adyacentes a su curso. También se descargan en el arroyo las aguas generadas en las actividades agrícolas y pecuarias de la zona.

Evidentemente, el arroyo no tiene la capacidad de amortiguar la carga de contaminantes que se vierten en él, por lo que se encuentra contaminado y en condiciones deplorables. Actualmente este arroyo tiene un bajo caudal y en algunas secciones se encuentra estancado debido a la basura y materia sólida que se vierte en él.

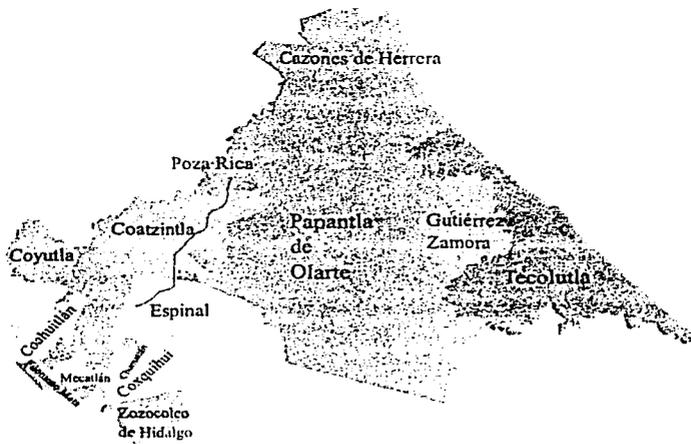


Figura 2.B. Principales municipios de la zona que atraviesa el arroyo.

El arroyo "El Cocinero" se considera muerto en el aspecto ecológico pues no alberga vida silvestre en su seno. Algunas empresas han comenzado a instaurar programas dedicados a evitar la contaminación de este arroyo.

2.3 Proceso de Obtención de la Materia Prima.

En el complejo petroquímico, el etano se emplea para producir etileno y a su vez se polimeriza el etileno para formar polietileno y sus derivados. El polietileno es el producto final que se obtiene de la reacción de polimerización del etileno.

Primeramente, se mencionará el proceso de producción de etileno a partir de la pirólisis de hidrocarburos

La pirólisis de hidrocarburos para producir etileno y compuestos cíclicos se realiza en reactores de tipo tubular con calentadores a fuego directo. El número de los hidrocarburos que reaccionan y se producen se incrementa durante la pirólisis. De acuerdo con el principio de Le Chatelier, esta reacción es favorecida a bajas presiones. Por lo tanto, se agrega vapor en la alimentación para reducir la presión parcial de los hidrocarburos y obtener mayores conversiones. En la Industria se emplea una fracción peso de vapor de 0.3 para la producción de etano.

La formación de olefinas a partir de parafinas y naftas es un proceso endotérmico que requiere temperaturas del orden de 750 a 900 °C y absorbe calor a razón de 165,000 a 185,000 kJ/m².h, dependiendo del grado de conversión, y es favorecida por tiempos de residencia cortos, del orden de 0.05 a 0.5 segundos. (John J. Mc Ketta, p. 117-135). Para la obtención de etileno se alimentan los reactores de pirólisis con etano y propano, el uso de estas moléculas lineales favorece una alta conversión a etileno. A continuación se enlistan diferentes sustancias empleadas para la producción de etileno y las conversiones correspondientes.

Tabla 2.1. Valores típicos de conversión para pirólisis empleando diferentes composiciones en la alimentación.

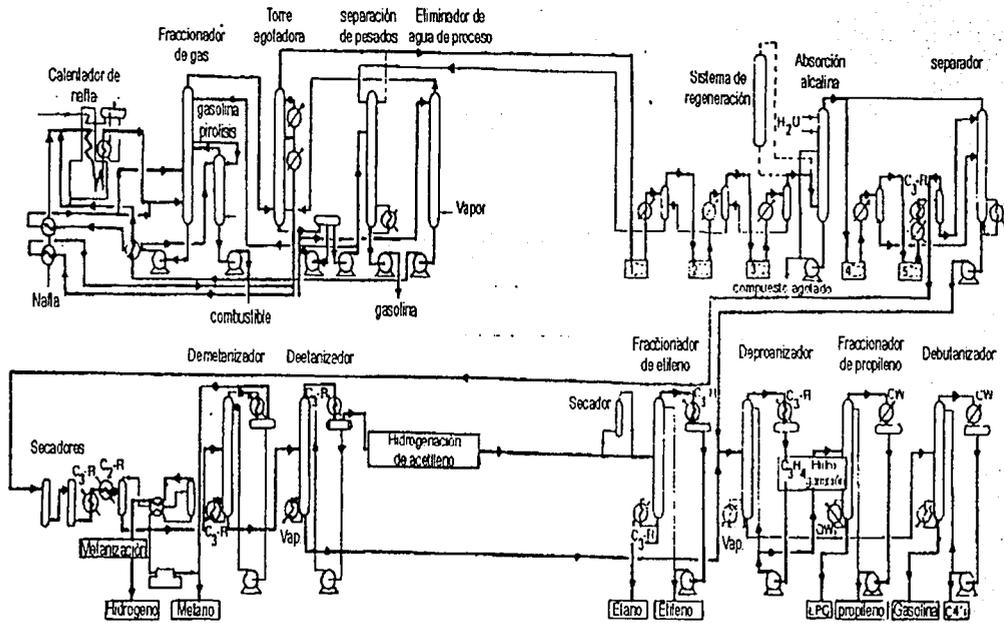
Conversión %	Etano		Propano		n-Butano	Isobutano	n-Pentano	Isopentano
	50	60	75	90				
C ₂ H ₄	41.6	48.2	24.8	34.5	35.8	10.3	36.5	18.0

El etano y propano que no reaccionaron en la pirólisis son recirculados hacia el inicio del proceso. Es importante verificar el contenido de impurezas en el etileno obtenido y que se va a emplear en polimerización, ya que la cantidad de estas no sólo afecta la calidad del polietileno, sino que determina el volumen de etileno obtenido de la corriente de purga que deberá ser recirculado para la eliminación de impurezas.

El proceso de separación del etileno, y su refinación consiste de varias operaciones unitarias. La mezcla de compuestos proveniente del horno de pirólisis se separa en productos que cumplirán con los estándares de pureza mediante el uso de las operaciones de compresión, secado, fraccionamiento, adsorción y conversión catalítica.

Los vapores obtenidos de la pirólisis son enviados a un tren de 5 compresores hasta obtener una presión de 3.5 Mpa (34 atm.) , los condensados obtenidos de las primeras etapas son considerados gasolina de pirólisis; los de las últimas dos etapas, son enviados al separador-condensador de gases de petróleo. La columna de remoción de gas ácido se localiza en las etapas intermedias de compresión (1.4 Mpa), después del tercer compresor, donde la gasolina de pirólisis ha sido condensada y los componentes ácidos aún se encuentran en la corriente de gas. Se emplea una solución diluida de hidróxido de sodio para remover la acidez.

Los vapores y condensados provenientes de la última etapa de compresión son colectados, enfriados y enviados a diferentes secciones. Los vapores son separados del condensado y pasan por un tren de refrigeración, se separa el hidrógeno en las primeras etapas para posteriormente pasar a la torre desmetanizadora. El condensado es deetanizado y secado por destilación para fraccionarse posteriormente y recuperar el propano y propileno presente. El etileno es subsecuentemente recuperado del domo de un fraccionador, mientras que el etano es reciclado al horno de pirólisis para aumentar la producción de etileno. El diagrama de la producción de etileno a partir de naftas se muestra a continuación.



NOTAS

- CW Agua de condensación
- OW Agua para agotamiento
- C₂-R Hidrogenación de propileno
- C₂-R Hidrogenación de etileno

Figura 2.C. Diagrama de producción de etileno por pirólisis.

2.4 Descripción del proceso de obtención de polietileno.

En la Industria en cuestión se producen dos tipos de polietilenos:

- Polietileno de Baja Densidad (LDPE). Empleado mayoritariamente en la fabricación de películas, recubrimientos y moldeo por extrusión.
- Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Utilizado en moldeo por soplado e inyección.

Polietileno de Baja Densidad

El LDPE tiene densidades en el intervalo de 0.915 a 0.930 g/cm³. Los grados comerciales del LDPE son de 45 a 55 % cristalinos y tienen un punto de fusión en la región de 110 a 115 °C

El primer paso en el proceso de polimerización es la iniciación. El oxígeno se descompone para producir radicales libres los cuales se combinan con el etileno para iniciar el crecimiento de la cadena de polímero, como se muestra en la tabla 2.2 (Etapa A). En la etapa de propagación, el crecimiento de la cadena prosigue por la continua adición de unidades de etileno al radical macroalquídico (Etapa B). Finalmente el crecimiento de la cadena es completado por la eliminación mutua de los radicales poliméricos (Etapa C), transferencia de cadena con el etileno, transición beta de radicales terciarios poliméricos o transferencias de cadena con un disolvente (Etapa D)

El polietileno de baja densidad es producido por una reacción catalizada por radicales libres empleando oxígeno. Las condiciones de síntesis son normalmente de 250 a 300 °C de temperatura y presiones de 12 a 28 Mpa (118 a 276 atm.). Los tiempos nominales de residencia en el reactor son de 10 a 50 segundos.

El calor de polimerización es de 800 Kcal/gmol aproximadamente, el cual debe ser removido durante el corto tiempo de residencia disponible. Solamente una pequeña parte de este calor puede ser removida a través de las paredes del reactor. Para compensar esta limitación, se emplean reactores tubulares verticales, además de utilizar el etileno sobre enfriado proveniente de los separadores refrigerados. *Todos estos factores limitan la velocidad de producción de etileno y la relacionan directamente con la tasa de producción y recirculación de etileno; así como con el aumento de temperatura en el reactor. El balance en la transferencia de calor limita la conversión del reactor a un intervalo de 15 a 20% por paso (Joseph C. Salomone, p. 5953-5957).*

Los reactores empleados en el Complejo consisten de largos tubos encaquetados sometidos a alta presión con una boquilla central para la adición de catalizador y/o monómero. Debido al pequeño diámetro y la gran área de transferencia, una mayor parte del calor de polimerización puede ser removida comparada con el uso de otros tipos de reactores.

Tabla 2.2 Etapas de la reacción de polimerización del etileno.

$R-O-O-R \longrightarrow I^*$ $I^* + CH_2=CH_2 \longrightarrow I-CH_2-CH_2^*$	A. Iniciación
$I-CH_2-CH_2^* + CH_2=CH_2 \longrightarrow RCH_2-CH_2^*$	B. Propagación
$2 RCH_2-CH_2^* \longrightarrow RCH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2R$	C. Terminación
$RCH_2-CH_2^* + CTA - H \longrightarrow RCH_2-CH_3 + CTA^*$ $CTA^* + CH_2=CH_2 \longrightarrow CTA-CH_2-CH_2^*$	D. Transferencia de cadena c/ disolvente
$RCH_2-CH_2-CH_2-CH_2^* + CH_2=CH_2 \longrightarrow RCHCH_2-CH_2^*$ C_4H_9	E. Transferencia de cadena intramolecular
$R_1CH_2R_2 + R^* \longrightarrow RH + R_1C^*HR_2$	F. Transferencia de cadena intermolecular

CTA : Agente de transferencia de cadena.

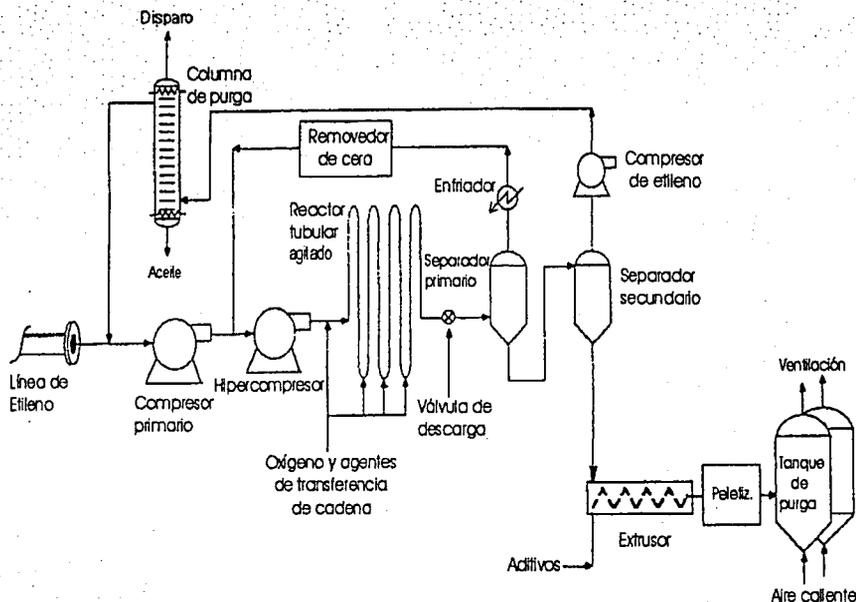


Figura 2.D. Proceso de producción de polietileno de baja densidad a alta presión

El etileno es transportado a la planta por medio de líneas a alta presión provenientes del horno de pirólisis. *El etileno es bombeado al reactor a un flujo de 15 a 60 ton/h. Conforme la corriente de monómero entra al reactor, se inyecta oxígeno o peróxidos mediante bombas de alta presión (Joseph C. Salomone, p. 5977-5980).* Después de la reacción el LDPE fundido y el etileno que no reaccionó se descargan del reactor mediante la válvula de descarga de producto.

Polietileno de Alta Densidad

En el Complejo se emplea el proceso de polimerización en solución para la producción de HDPE. El proceso en solución permite altas tasas de producción con un reactor relativamente compacto; además de permitir una amplia variedad de densidades, pero está limitado en cuanto al intervalo de puntos de fusión del producto.

El proceso en solución es preferido para la producción de polietileno con un peso molecular relativamente bajo y una estrecha distribución de pesos moleculares, este tipo de polímeros son empleados en el moldeo por inyección y en la extrusión de películas. Particularmente en el moldeo por inyección y soplado, son preferidos los polímeros con baja distribución de pesos moleculares por que presentan menor abultamiento en el proceso de extrusión.

El HDPE tiene un punto de fusión de aproximadamente 135 °C. Se disuelve únicamente en disolventes de peso molecular relativamente alto y a temperaturas cercanas al punto de fusión del polietileno. Por esta razón, la temperatura del reactor debe ser suficientemente alta para evitar que el polímero cristalice. Normalmente se emplean temperaturas en el intervalo de 150 a 250 °C para la polimerización en solución.

En la polimerización en solución, el HDPE se encuentra disuelto en el seno del disolvente orgánico empleado (usualmente ciclohexano). El tiempo de residencia de la reacción es de pocos minutos (5 a 10). Debido a la alta temperatura empleada en el proceso, es necesario presurizar el reactor para evitar la evaporación del disolvente.

Usualmente de un 18 a 25 % en masa del polímero se acumula en la solución antes de que sea descargado del reactor hacia un tanque flash, donde la mayor parte del disolvente se evapora para reciclarlo. *El disolvente residual en el polímero (5 % en peso) es removido en un extrusor con evaporador durante el proceso de peletizado, este proceso reduce el contenido de disolvente a menos de 0.05% (Joseph C. Salomone, p. 5965-5975).*

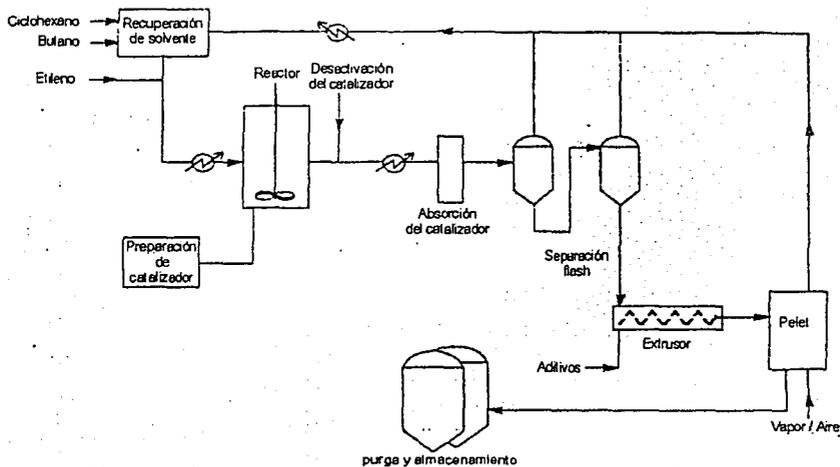


Figura 2.E. Proceso de producción de polietileno de alta densidad en solución.

2.5 Descripción del sistema de descarga de aguas residuales del Complejo Petroquímico.

El Complejo Petroquímico cuenta con tres drenajes principales de agua residual, estos drenajes colectan los efluentes sanitarios, pluviales, químicos e industriales generados en las instalaciones del Complejo. Los drenajes son los siguientes:

1. Descarga Pluvial Sur. Localizado cerca de los silos de almacenamiento de producto del Complejo, recibe efluentes del tipo sanitario y pluvial exclusivamente, su caudal máximo se presenta durante horas laborales del complejo. Esta descarga es la primera que se incorpora al cauce del arroyo "El cocinero".
2. Descarga Química Industrial. Este drenaje colecta los efluentes químicos e industriales generados en los procesos que involucran la producción de polietileno. Dado que se emplea hidróxido de sodio en el proceso de purificación del etileno, este drenaje tiene un pH alcalino. El sitio en el que se incorpora esta descarga al cauce del arroyo esta localizado cerca de una central de almacenamiento de crudo.
3. Descarga Pluvial Norte. Es la última en incorporarse al curso del arroyo "El cocinero", recibe efluentes sanitarios y pluviales provenientes de la sección norte del Complejo Petroquímico.

La tubería de conducción de drenaje esta fabricada en concreto y tiene un diámetro promedio de 1 m en las secciones de descarga al arroyo " El cocinero".

**3. MUESTREO DE LAS DESCARGAS
DE AGUA RESIDUAL Y DEL ARROYO
“EL COCINERO”**

3. MUESTREO DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL Y DEL ARROYO "EL COCINERO"

- **Aforo y muestreo.**

Se realizó el aforo y muestreo de las descargas de agua residual Pluvial Sur, Pluvial Norte, Químico - Industrial del Complejo Petroquímico y de los puntos seleccionados como representativos sobre el arroyo "el Cocinero".

El procedimiento de muestreo y aforo, así como el equipo utilizado en estas actividades, se mencionan en el Anexo II "Procedimiento de muestreo para agua residual".

Se tomaron muestras simples durante 24 horas (cada 4 horas) de las descargas Pluvial Sur, Pluvial Norte y Químico Industrial del Complejo Petroquímico. y seis puntos del arroyo "Cocinero" (a nivel medio y superior), tomando la primer muestra a las 6:00 A.M. y la última a las 2:00 A.M. del día siguiente. A partir de las muestras simples, se elaboraron las muestra compuestas correspondientes a cada uno de los puntos seleccionados en el arroyo "El Cocinero" y de las descargas de agua residual del Complejo Petroquímico. La frecuencia del muestreo es la indicada por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Para determinar la afectación del arroyo "El Cocinero" por las tres descargas de agua residual de la Industria Petroquímica (Pluvial Norte, Químico-Industrial y Pluvial Sur) se seleccionaron 6 puntos de toma de muestra sobre el arroyo "El Cocinero", dos por cada descarga y en el sitio de descarga de agua residual.

- **Distribución de los puntos de muestreo sobre el arroyo "El Cocinero":**

El punto uno de muestreo se ubicó sobre el arroyo "El Cocinero", cien metros corriente arriba del lugar de descarga Pluvial Sur; el punto dos, en la descarga y el punto tres, cien metros corriente abajo de la descarga Pluvial Sur. El punto cuatro, se ubicó cien metros corriente arriba de la descarga Químico-Industrial,

El punto cinco se ubicó sobre la descarga Químico-Industrial; el punto seis, cien metros corriente debajo de ésta descarga. El punto siete se ubicó cien metros corriente arriba de la descarga Pluvial Norte; el punto ocho en la descarga Pluvial Norte y el punto nueve, se ubicó cien metros corriente abajo de la descarga pluvial norte.

En cada punto del arroyo "El Cocinero" se tomaron muestrás a nivel superficial y a profundidad media, para determinar el grado de afectación que tiene éste arroyo debido a las descargas de agua residual del Complejo Petroquímico.

La información de campo recopilada durante el muestreo fue la siguiente: temperatura, pH y caudal de descarga en cada uno de los sitios. La información de campo obtenida se indica en las siguientes tablas (1,2, 3 y 4).

Tabla 3.1. Datos de campo del muestreo de la descarga pluvial sur.

Fecha:11-08-00				
Tipo de muestra: Compuesta.		Punto de muestreo: Descarga Pluvial Sur		
Hora	Flujo (l/s)	Temperatura (°C)	pH (unidades)	Materia Flotante
06:00	24.0	32.0	6.84	Ausente
10:00	18.1	34.0	6.89	Ausente
14:00	53.9	33.0	5.56	Ausente
18:00	24.0	32.0	6.91	Ausente
22:00	18.1	32.0	6.89	Ausente
02:00	13.5	30.0	6.30	Ausente

Tabla 3.2. Datos de campo del muestreo de la descarga pluvial norte.

Fecha:11-08-00				
Tipo de muestra: Compuesta.		Punto de muestreo: Descarga Pluvial Norte		
Hora	Flujo (l/s)	Temperatura (°C)	pH (unidades)	Materia Flotante
06:00	8.5	26.5	6.81	Ausente
10:00	14.0	30.0	6.87	Ausente
14:00	8.5	33.0	6.32	Ausente
18:00	11.6	32.0	6.97	Ausente
22:00	4.5	31.0	6.70	Ausente
02:00	4.5	30.0	6.56	Ausente

Tabla 3.3. Datos de campo del muestreo de la descarga química-industrial.

Fecha:11-08-00				
Tipo de muestra: Compuesta.		Punto de muestreo: Descarga Química-Industrial		
Hora	Flujo (l/s)	Temperatura (°C)	pH (unidades)	Materia Flotante
06:00	18.1	31.0	6.81	Ausente
10:00	34.9	35.0	8.64	Ausente
14:00	26.6	33.0	6.26	Ausente
18:00	23.8	33.0	6.03	Ausente
22:00	23.8	35.0	3.27	Ausente
02:00	22.6	32.0	3.27	Ausente

Tabla 3.4. Datos de campo del muestreo de agua del arroyo el cocinero.

PUNTO DE MUESTREO	Temperatura (°C)						pH (unidades)					
	Hora	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00
Punto 1 Superficie	26	28	30	30	28	28	7.00	6.92	6.76	6.76	7.30	6.86
Punto 1 Medio	26	28	30	30	28	28	7.12	7.25	6.79	6.76	7.20	6.97
Punto 3 Superficie	26	28	30	28	28	27	7.01	7.00	6.68	6.83	6.73	6.94
Punto 3 Medio	26	28.5	30	29	28.5	27	7.00	7.13	6.70	6.83	7.00	6.94
Punto 4 Superficie	27	27	28.5	30	29	28	6.82	6.82	6.27	6.74	6.99	7.20
Punto 4 Medio	27	27	28.5	30	30	29	6.98	6.84	6.60	6.59	7.10	7.10
Punto 6 Superficie	27	27	28	27	28	28	6.90	6.94	7.00	7.00	7.02	7.60
Punto 6 Medio	27	27	42	42	40	39	6.99	6.89	7.01	7.01	7.02	6.80
Punto 7 Superficie	26	28.5	30	30.5	29	28	6.92	6.78	6.81	7.15	7.22	7.22
Punto 7 Medio	26	28.5	30	32	32	30	6.76	6.75	6.61	7.12	7.22	7.22
Punto 9 Superficie	26	27	30	32	32	30	7.51	7.51	7.05	7.08	7.18	7.18
Punto 9 Medio	26	27	35	34	32	30	7.51	7.51	7.00	6.87	7.18	7.18

La identificación de los puntos de muestreo sobre el arroyo se indican en las figuras 1 A, 1 B y 1 C.

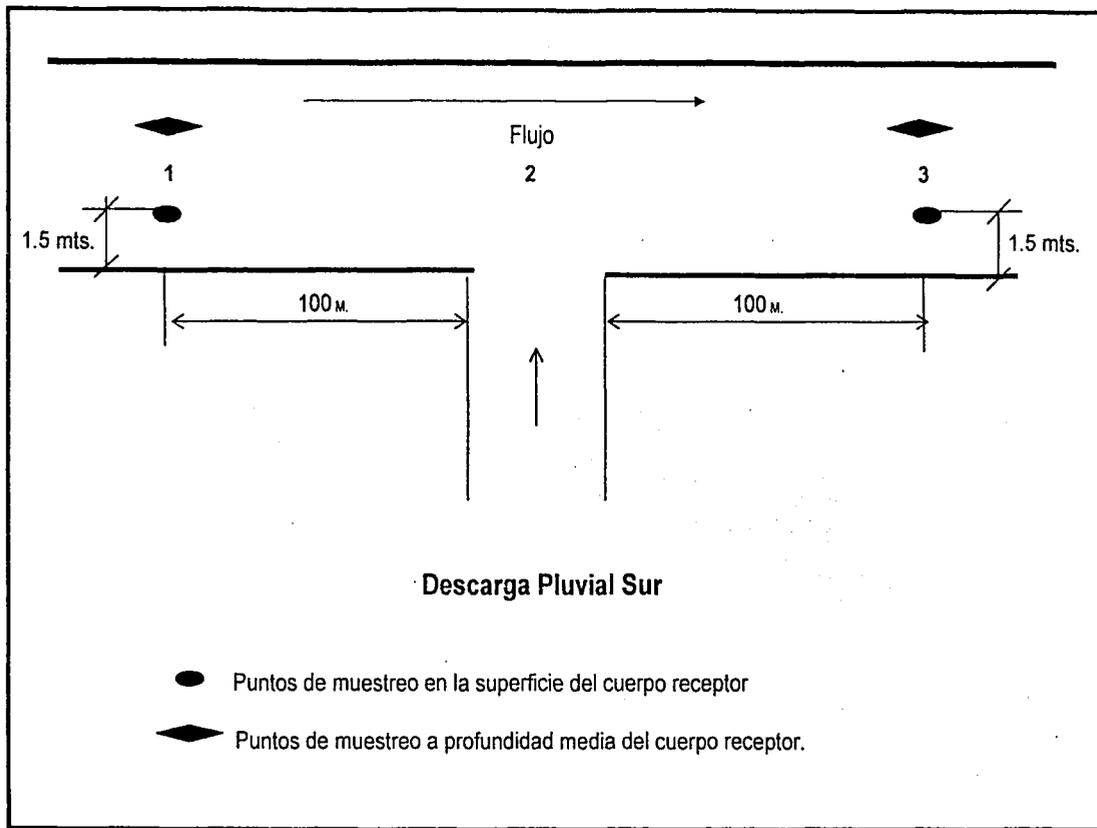


Figura 3 A. Localización de los puntos de muestreo sobre el arroyo "El Cocinero"

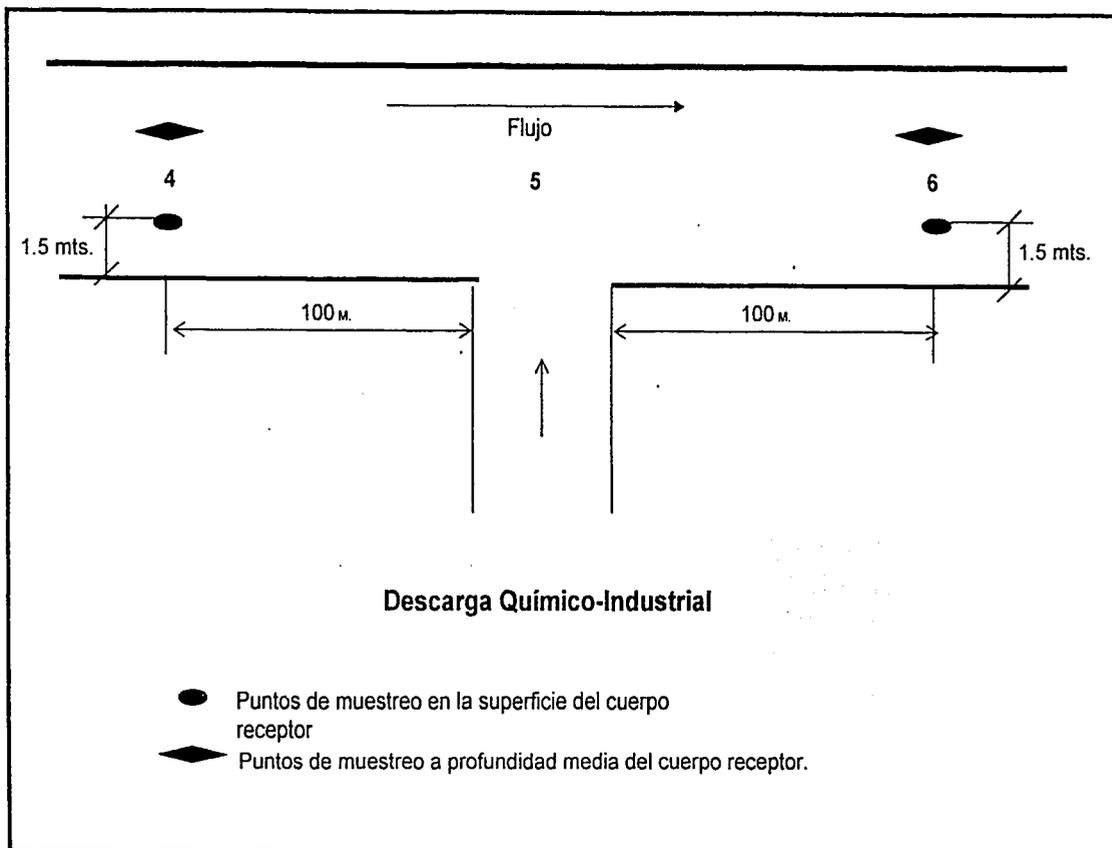


Figura 3 B. Localización de los puntos de muestreo sobre el arroyo "El Cocinero"

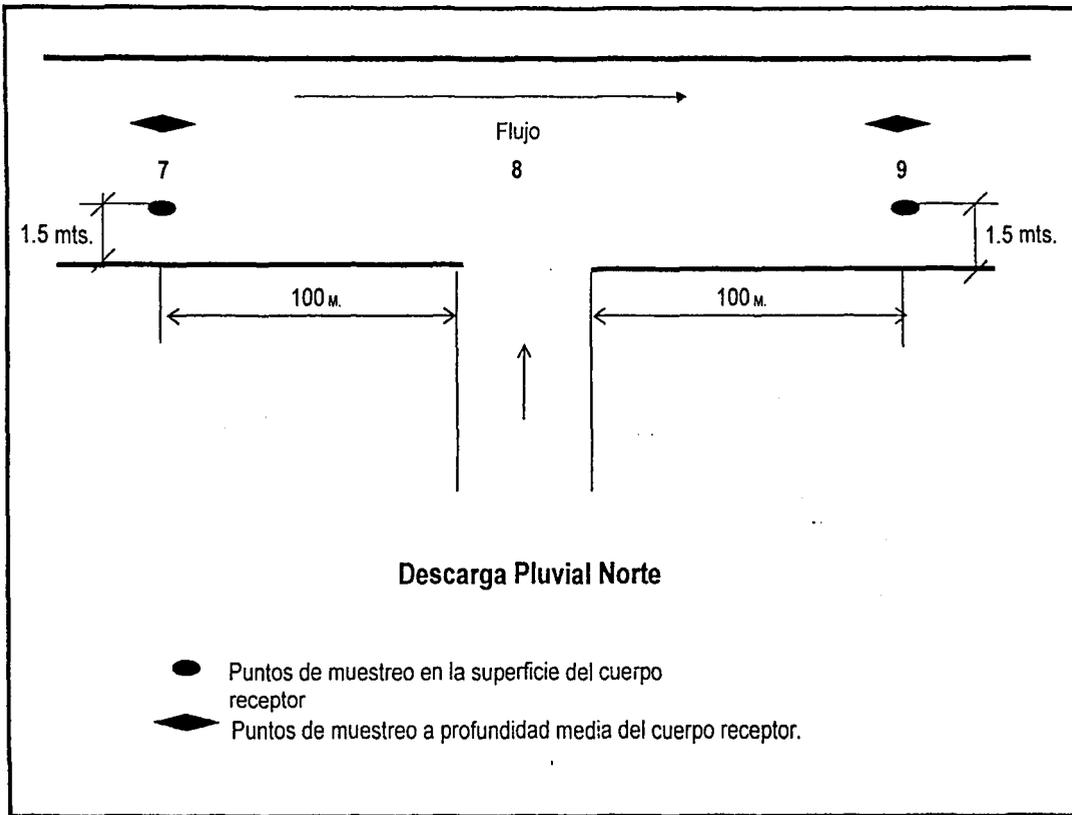


Figura 3 C. Localización de los puntos de muestreo sobre el arroyo "El Cocinero"

4. DETERMINACIÓN DEL GASTO DEL ARROYO “EL COCINERO”

4. DETERMINACIÓN DEL GASTO DEL ARROYO “EL COCINERO”

Se realizó la medición de la corriente y sección del cauce para determinar el gasto del Arroyo “El Cocinero”, el cual es utilizado como cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales de la Industria Petroquímica.

Se seleccionaron dos sitios para determinar el gasto del arroyo “El Cocinero”. Para efectuar la medición del gasto, se utilizó el método Sección-velocidad, el cual consiste en calcular de forma separada la sección transversal de la corriente y la velocidad del agua.

- **Medición de la sección transversal de la corriente.**

Para conocer el perfil de la sección transversal se realizaron sondeos y se procedió de la siguiente manera:

Por vadeo.- como el arroyo se puede vadear, se efectuaron los siguientes pasos:

- a) Se tendió un cable resistente a lo ancho del río, perpendicular al sentido de la corriente, marcando sobre el cable los márgenes de la corriente y se midió el ancho del arroyo.
- b) El ancho del arroyo se dividió en un número de partes seleccionadas, marcando las cuerdas en esos puntos.
- c) Posteriormente se midieron las profundidades en cada punto empleando una unidad de medida graduada en centímetros. La profundidad y ancho de cada segmento se anotó en el Informe de Aforo para posteriormente calcular las áreas parciales de los segmentos seleccionados mediante fórmula.

Medición de velocidades.

Se realizó con flotadores y molinete.

- a) Molinete: Se usó un molinete marca Watermeasurement Corporation. El molinete utilizado permite hacer la lectura electrónica digital de la velocidad en m/s y pies/s.
- b) Flotadores: Se usaron pelotas de caucho, calibradas previamente en laboratorio, las cuales eran conducidas en suspensión por la corriente por la adición de pesos para que adquiriese una velocidad igual a dicha corriente. El procedimiento para calcular la velocidad con flotadores fue de acuerdo con las recomendaciones descritas por la norma *ASTM D-4448-80*.

- **Determinación del caudal.**

En cada uno de los sitios se realizaron seis aforos, en lapsos de tres horas cada uno, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.1. Datos de los caudales del sitio 1 en un periodo de 24 hrs.

Sitio 1	
Hora	Gasto (m ³ /s)
11:30	0.461
14:30	0.0369
17:30	0.0451
20:30	0.0369
23:30	0.0277
02:30	0.0184
Gasto diario	0.0352

Se observa que en el sitio 1, el gasto promedio calculado en un periodo de 24 hrs., es de 0.0352 m³/s.

Tabla 4.2. Datos de los caudales del sitio 2 en un período de 24 hrs.

Sitio 2	
Hora	Gasto (m^3/s)
13:30	0.2233
15:30	0.2080
16:30	0.2052
19:30	0.1786
22:30	0.1675
01:30	0.1563
Gasto diario	0.1898

Para el sitio de medición No. 2 se obtuvo un gasto promedio calculado de 0.1898 m^3/s en un periodo de 24 hrs.

Existe una diferencia de caudal entre el sitio 1 y el sitio 2 de 0.1543 m^3/s , el complejo petroquímico aporta un flujo total de 0.0587 m^3/s distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 4.3. Flujos aportados por las descargas de agua residual de la Industria Petroquímica al Arroyo "El Cocinero".

Descarga	Flujo m^3/s
Efluente Pluvial Sur	0.0252
Efluente Químico-Industrial	0.0249
Efluente Pluvial Norte	0.0086
Flujo total	0.0587

De los datos anteriores, se deduce que existe una diferencia de caudal medido entre el punto 1 y 2 del arroyo "el cocinero" de 0.1543 m^3/s del cual el complejo petroquímico aporta 0.0587 m^3/s .

Se realizó una inspección del número de descargas de agua residual con la finalidad de determinar de donde proviene el excedente del caudal medido, encontrando que existe una incorporación de un arroyo más pequeño al arroyo "El Cocinero", como se muestra en la figura 2:

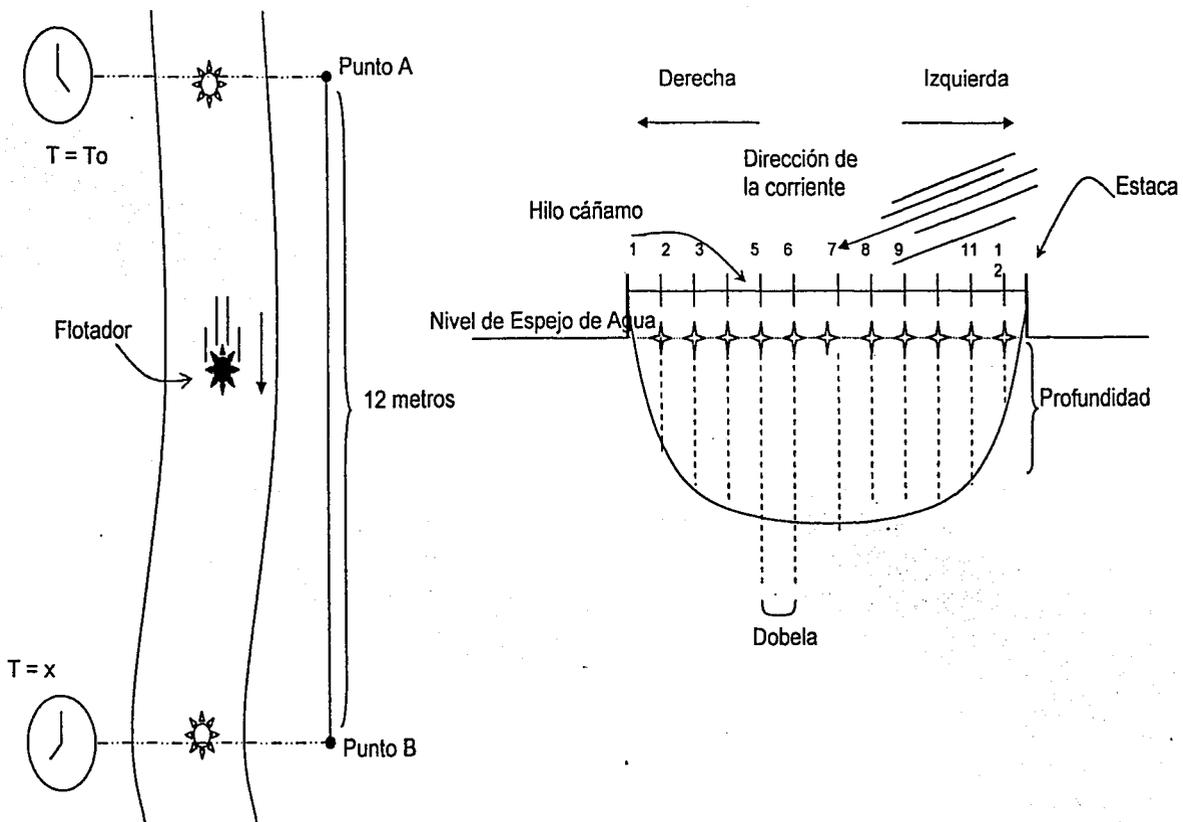


Figura 4.A. Determinación del gasto del arroyo "El cocinero".

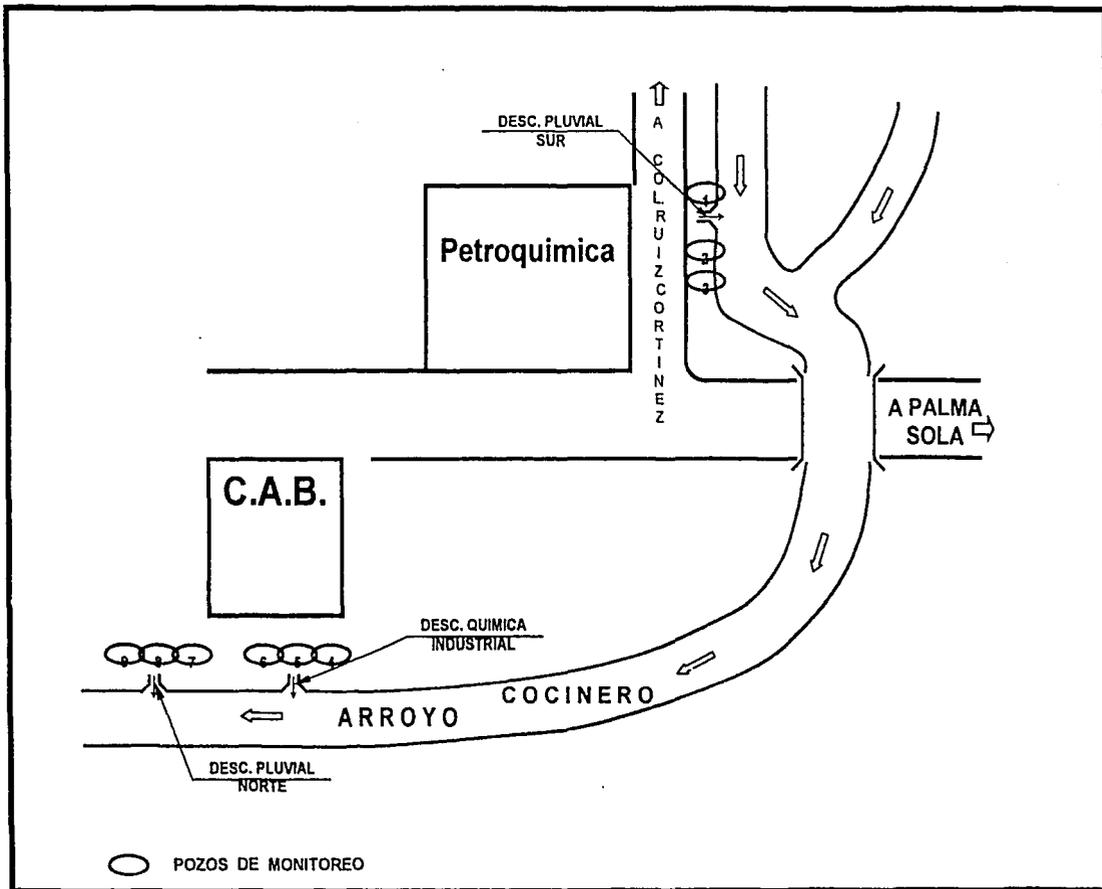


Figura 4.B. Localización de la Incorporación al Arroyo "El Cocinero"

5. PERFORACIÓN Y PERFILES ESTRATIGRAFICOS DE POZOS

5.PERFORACIÓN DE POZOS Y PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

- Perforación de pozos.

Para evaluar la afectación del manto freático por las tres descargas del complejo petroquímico se perforaron nueve pozos de monitoreo, tres por cada descarga.

La perforación de los pozos fue con barrena de 5 5/8 plgs de 5.80 a 10 m de profundidad con máquina neumática de perforación de 15 HP. Una vez alcanzada la profundidad donde aparece el nivel freático, se procedió a la instalación de la tubería de PVC cédula RD-41, siendo 2.0 m de ranurado y el resto de tubería ciega (*Gibson-Rexford, Cap. 6 y 8*).

La instalación de los pozos fue de acuerdo a los puntos para realizar el monitoreo del manto freático y poder detectar el grado de contaminación que ejercen las descargas de agua residual de la Industria Petroquímica. (*Ground Water, Cap 2*)

La profundidad del nivel freático que aparece en cada uno de los perfiles estratigráficos, es la que se detectó al momento de la perforación, pudiendo variar después del desarrollo de los pozos en las diferentes épocas del año.

Toda la perforación e instalación de los pozos en las descargas de agua residual de la Industria Petroquímica se realizó en el periodo del 4 de agosto al 13 de septiembre de 2000.

Para cada descarga de agua residual los pozos se ubicaron de la siguiente manera: el primero, cien metros antes de la descarga; el segundo, en el sitio de descarga y el tercero, cien metros después de la descarga. Esta disposición de los pozos permite identificar si existe afectación al manto freático por las descargas de agua residual generadas por el complejo petroquímico (*Ernest W. Steel, Cap. 4*).

Los pozos perforados durante el trabajo, se identificaron con un número consecutivo que va del 1 al 9, tal como se muestra en la tabla 8:

Tabla 5.1. Ubicación de los pozos perforados.

No. De Pozo	Ubicación
1	100 metros antes de la descarga Pluvial Sur.
2	Costado de la descarga Pluvial Sur.
3	100 metros después de la descarga Pluvial Sur.
4	48.6 metros antes de la descarga Química - Industrial.
5	Costado de la descarga Química - Industrial.
6	15 metros después de la descarga Química - Industrial.
7	100 metros antes de la descarga Pluvial Norte.
8	Costado de la descarga Pluvial Norte.
9	100 metros después de la descarga Pluvial Norte.

Figura 5.A. Localización de Pozos 1, 2 y 3 en Descarga Pluvial Sur

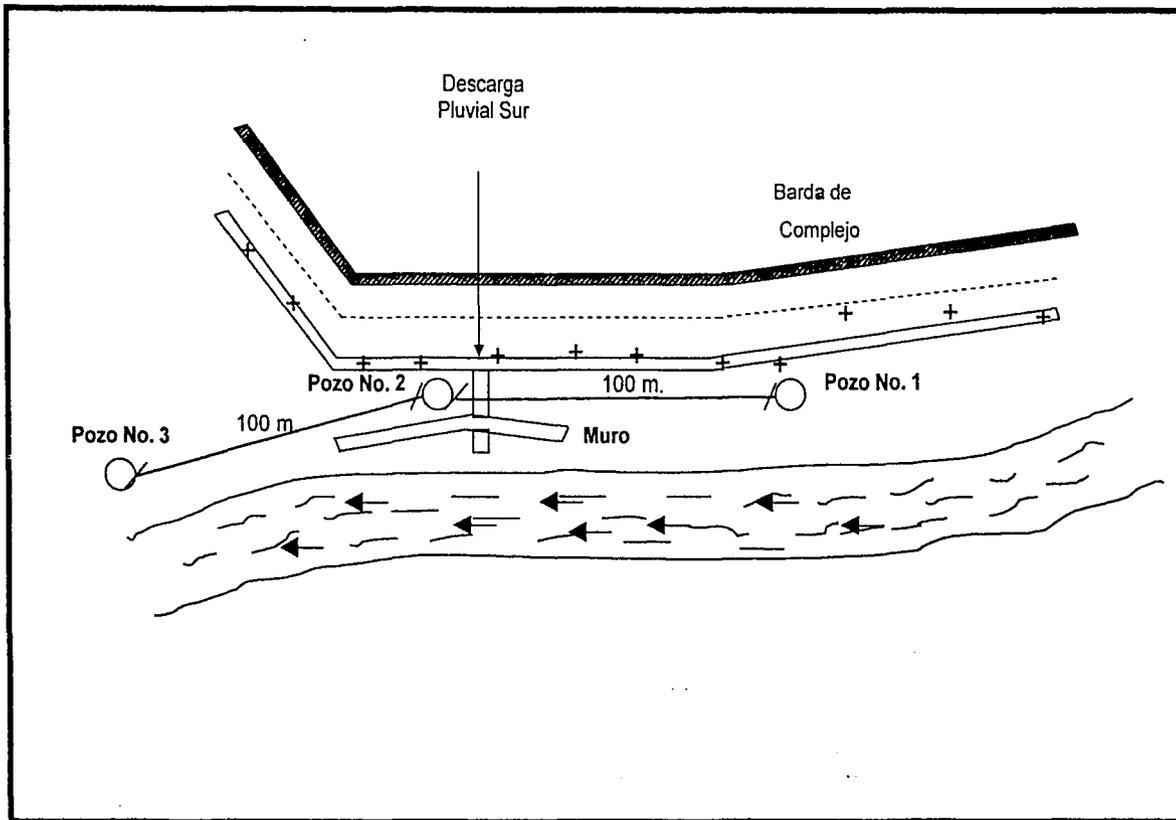


Figura 5.B. Localización de Pozos 4, 5 y 6 en Descarga Química-Industrial

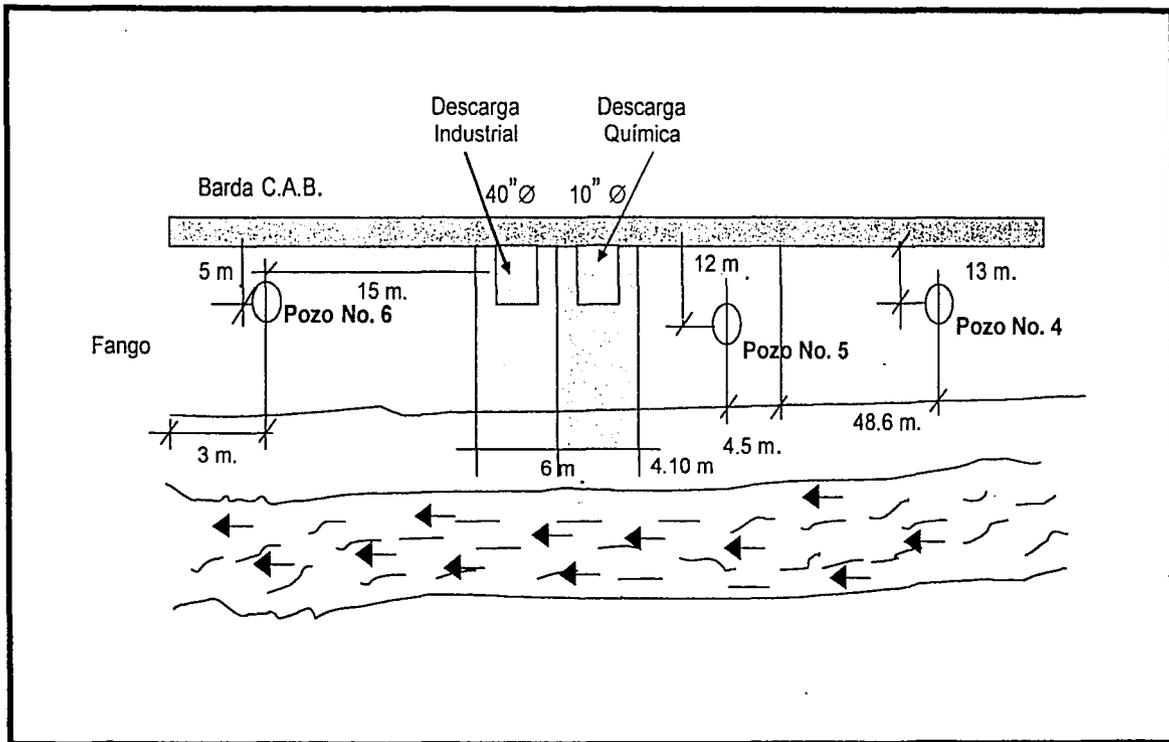
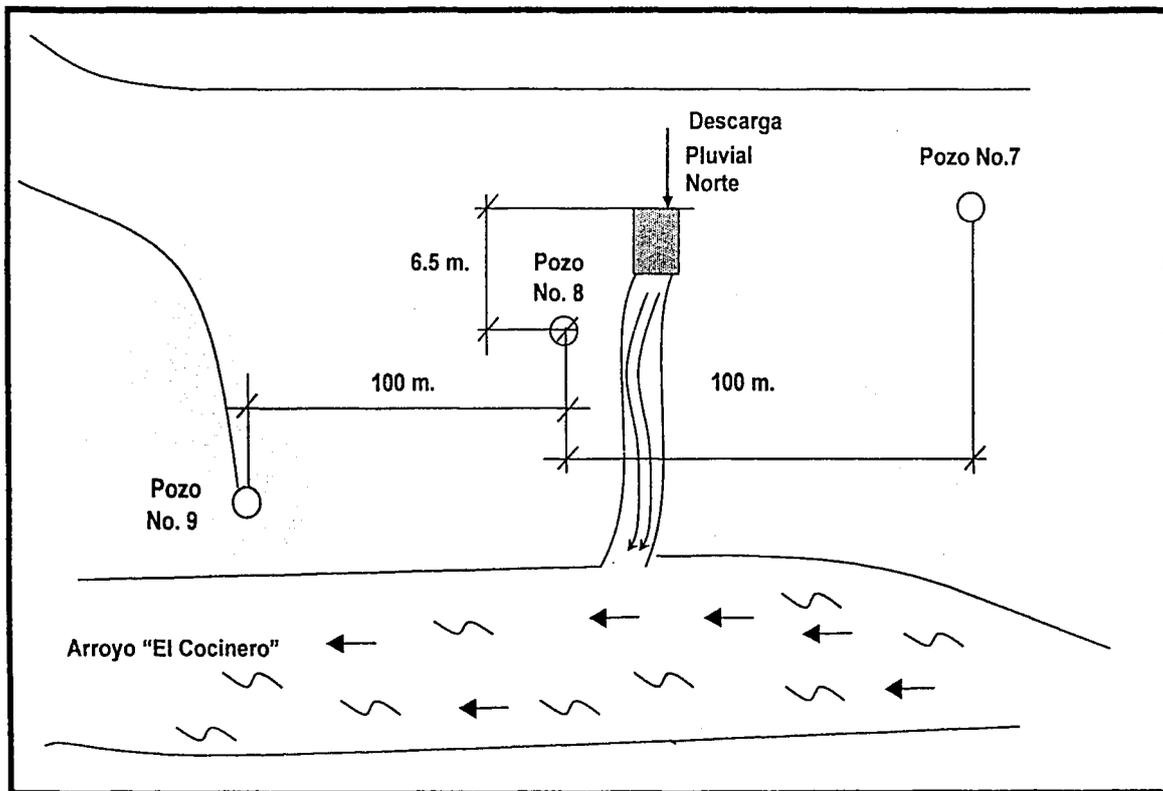


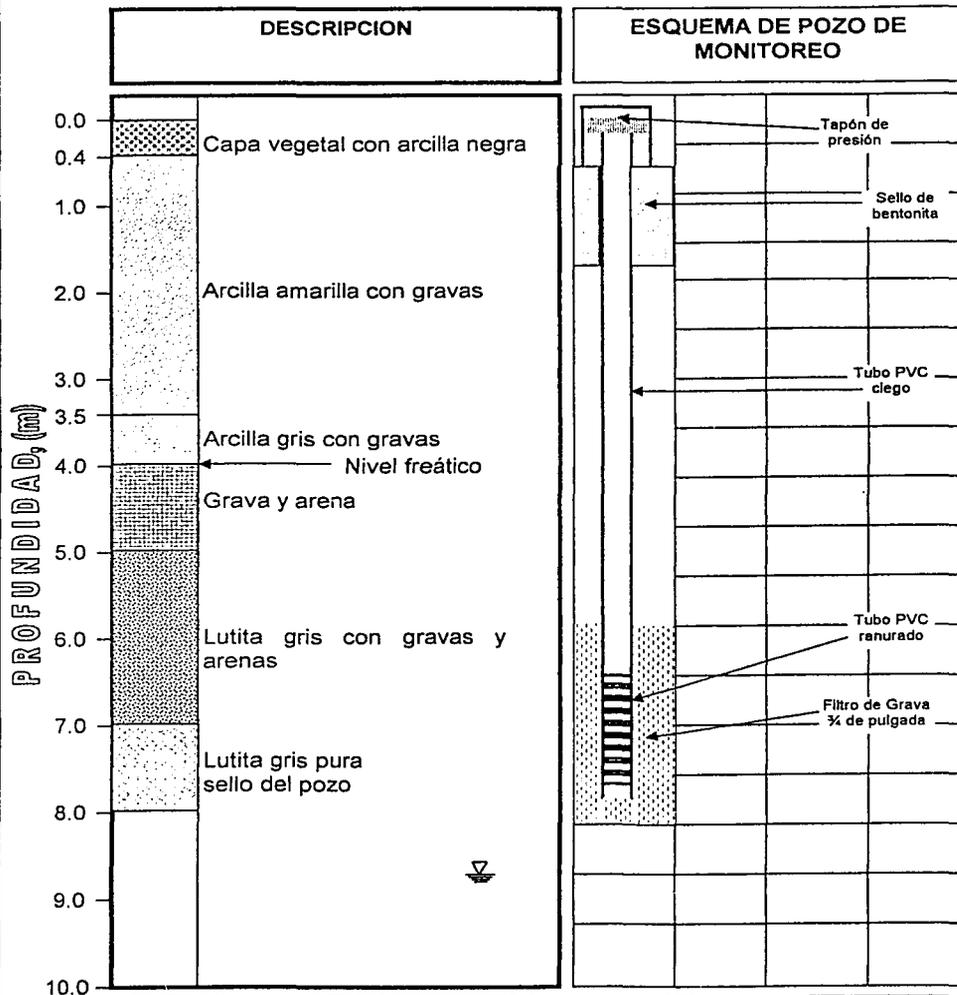
Figura 5.C. Localización Pozos 7, 8 y 9 en Descarga Norte



- **Perfiles Estratigráficos**

A continuación se muestran los perfiles estratigráficos de los nueve pozos perforados para monitoreo en las descargas de agua residual de la Industria Petroquímica.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

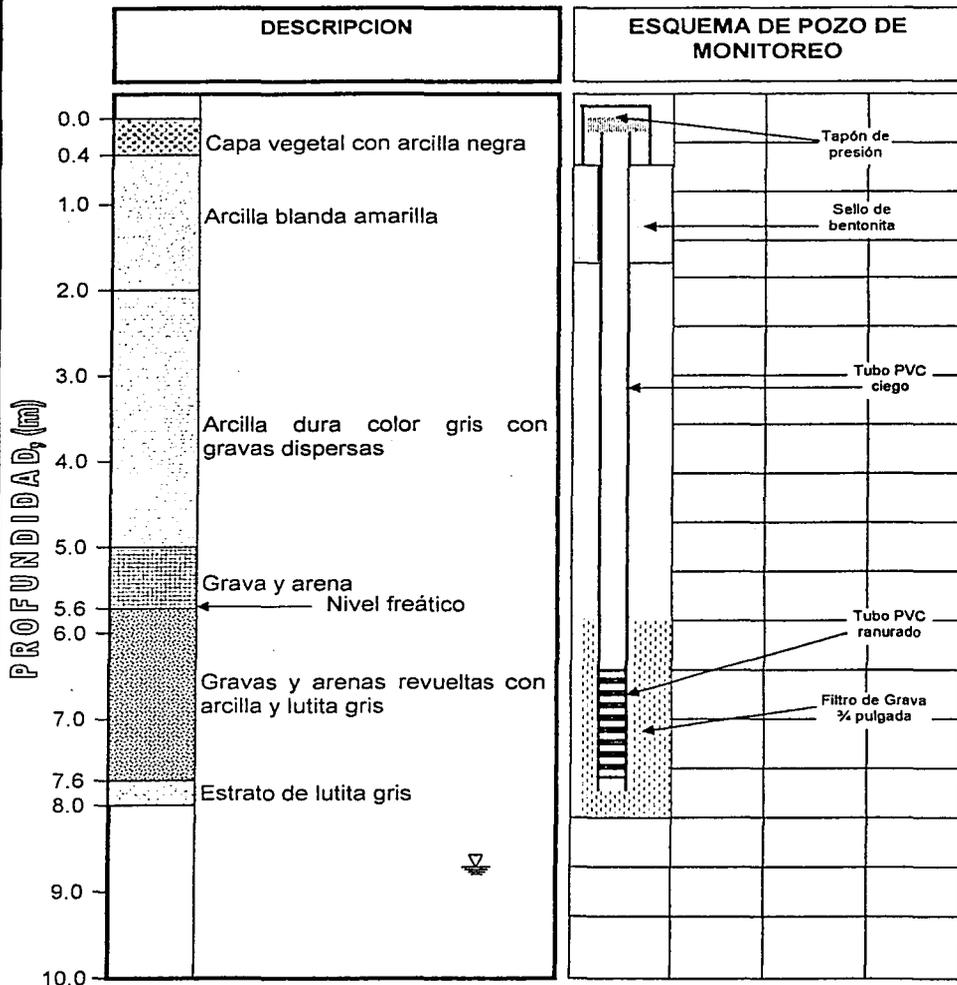


INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

POZA RICA, VER. MARZO 2001

POZO No. 1

PERFIL ESTRATIGRAFICO

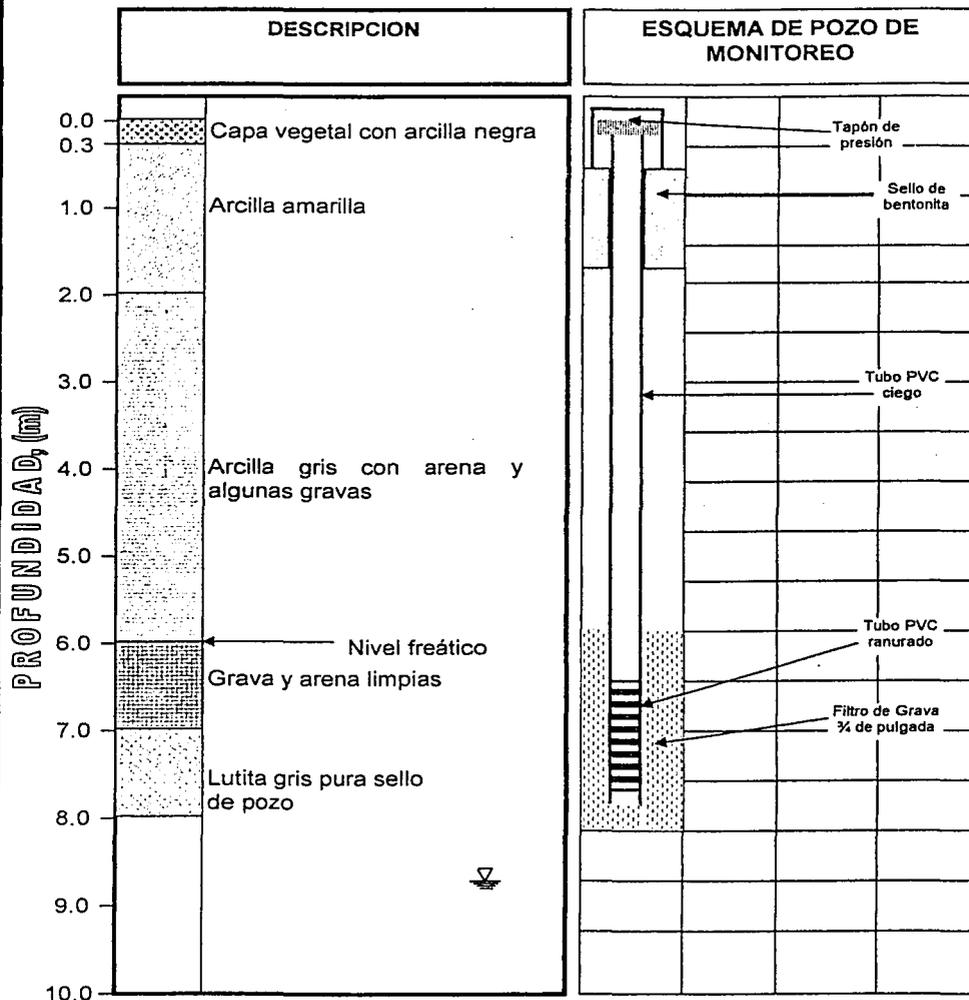


INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

POZA RICA, VER. MARZO DE 2001

POZO No. 2

PERFIL ESTRATIGRAFICO

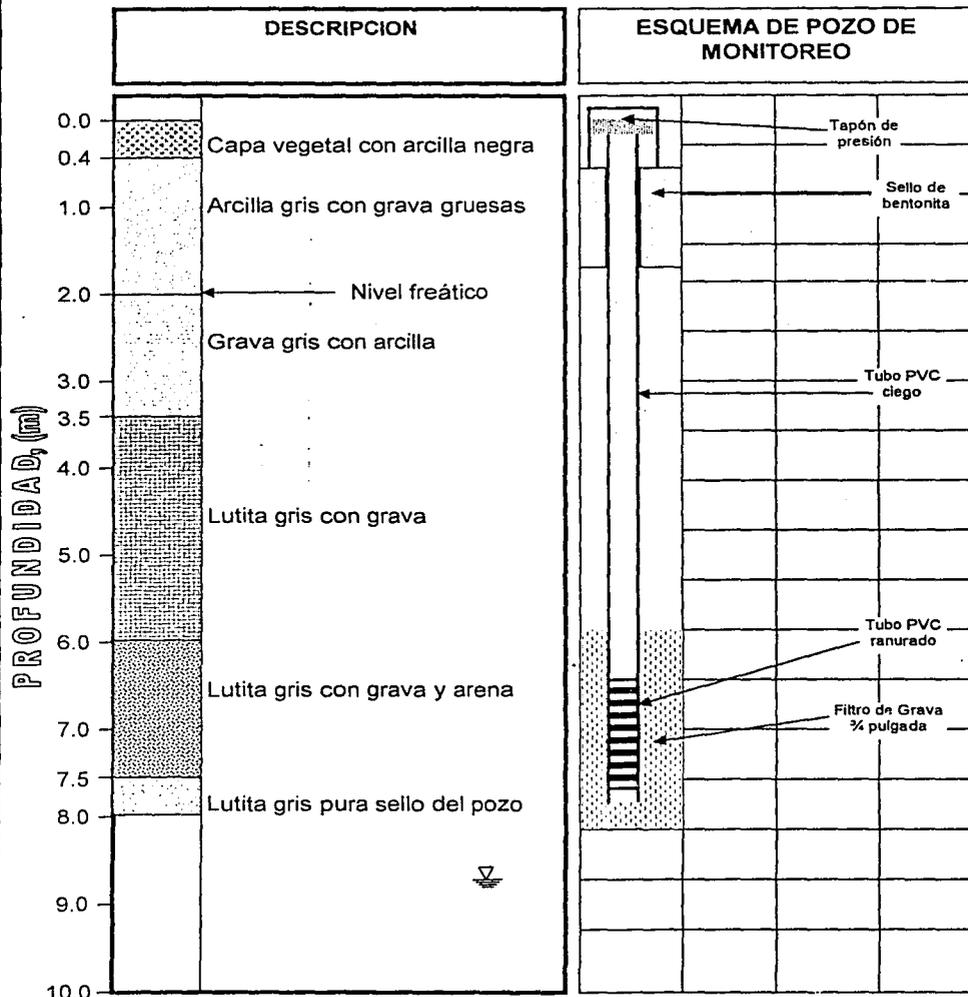


INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

POZA RICA, VER. MARZO DE 2001

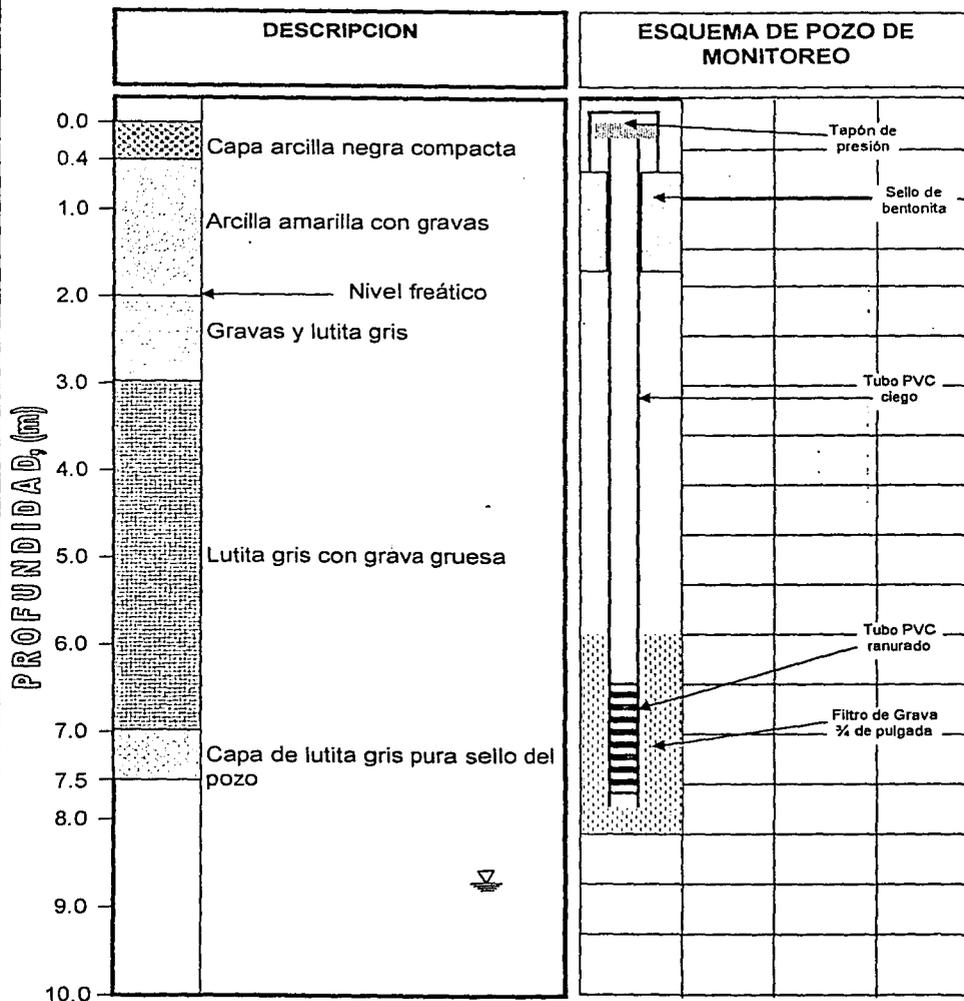
POZO No. 3

PERFIL ESTRATIGRAFICO



INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

PERFIL ESTRATIGRAFICO



INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

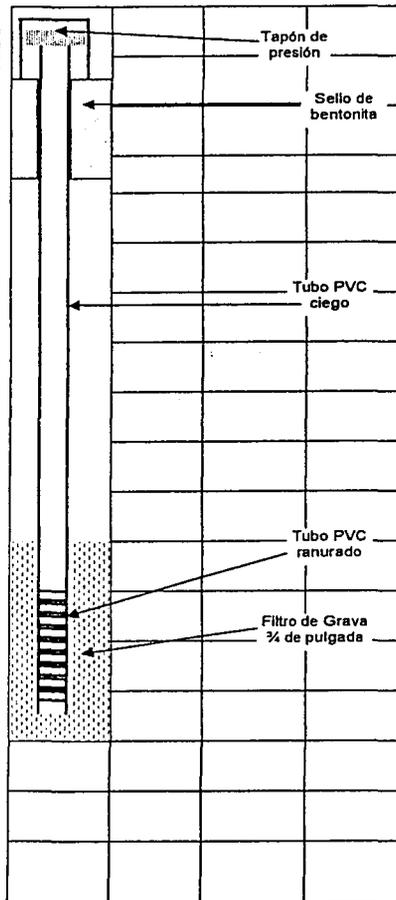
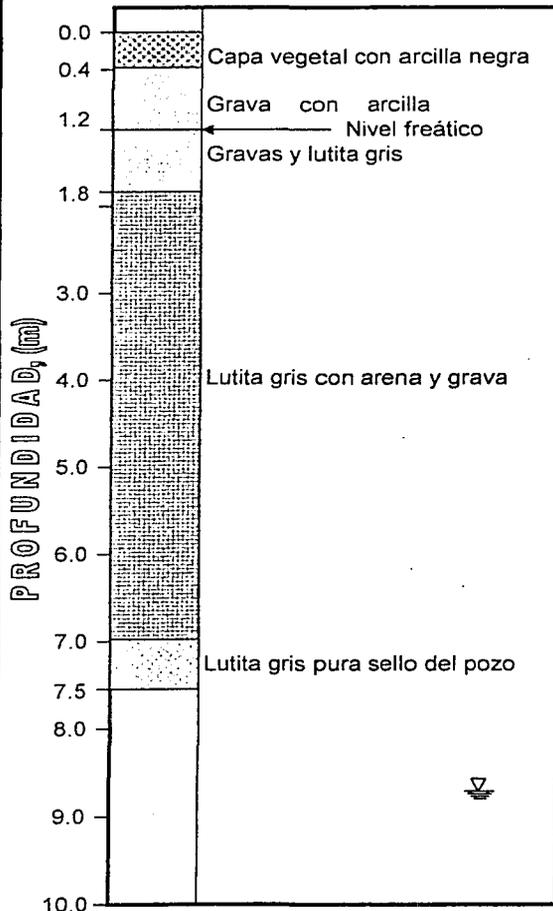
POZA RICA, VER. MARZO DE 2001

POZO No. 5

PERFIL ESTRATIGRAFICO

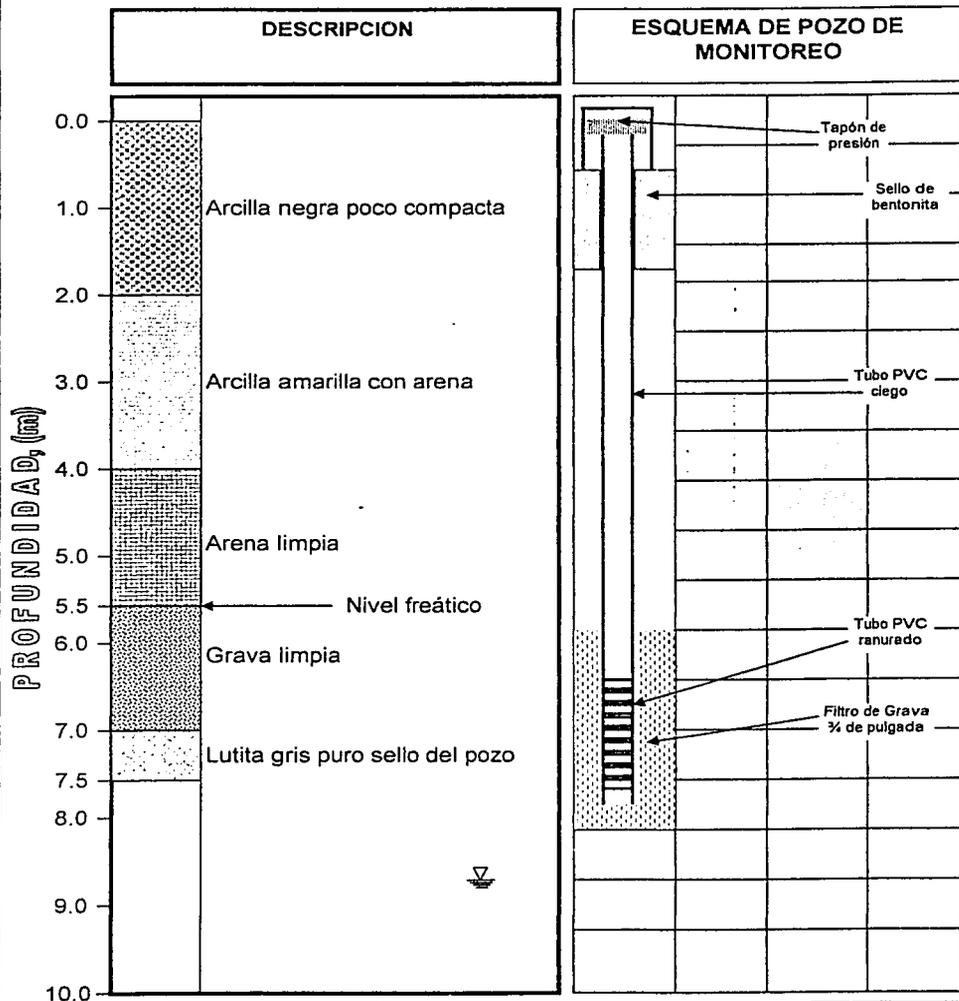
DESCRIPCION

ESQUEMA DE POZO DE MONITOREO



INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

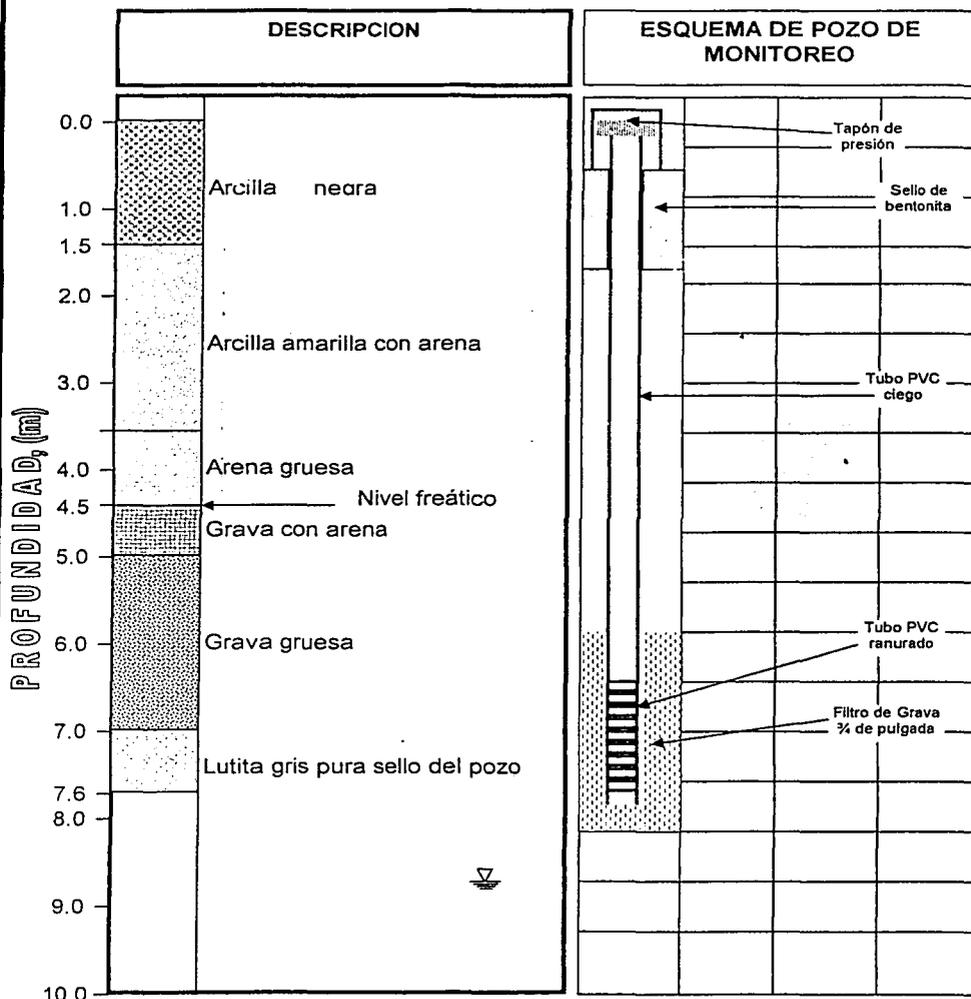


INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

POZA RICA, VER. MARZO DE 2001

POZO No. 7

PERFIL ESTRATIGRAFICO

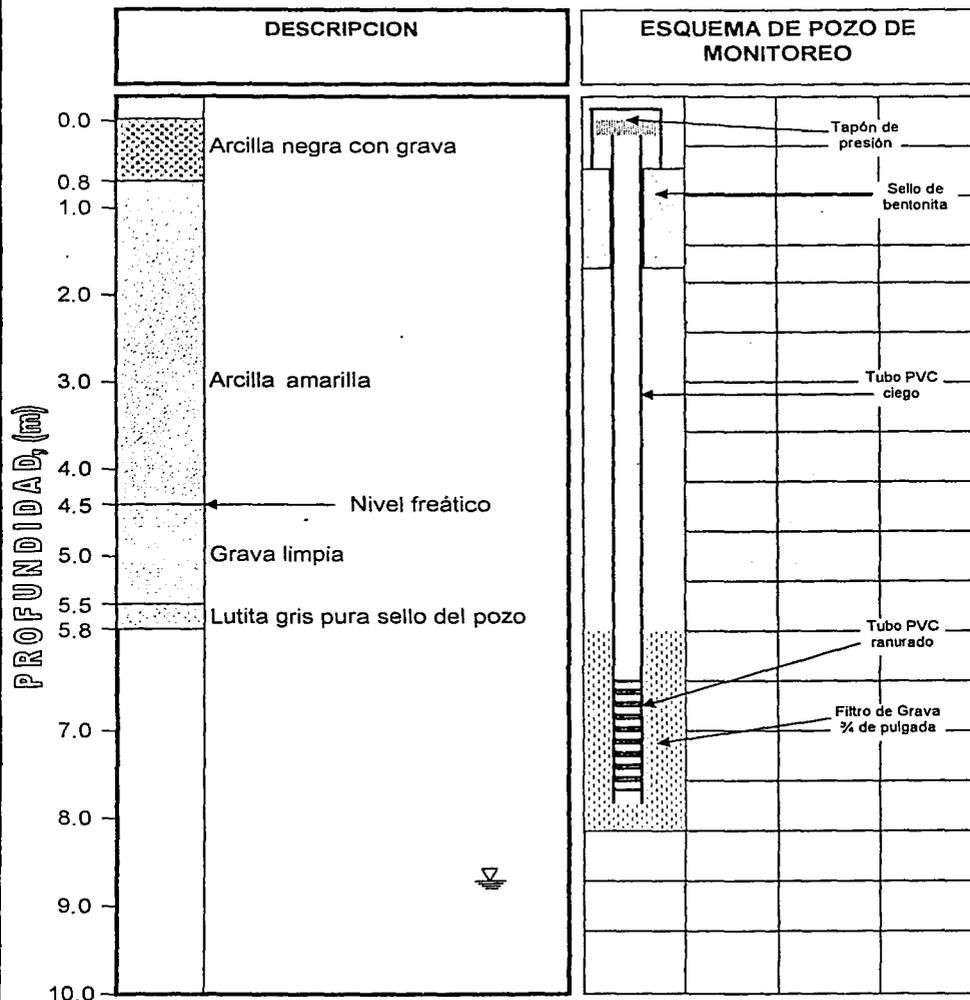


INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

POZA RICA, VER. MARZO DE 2001

POZO No. 8

PERFIL ESTRATIGRAFICO



INSTALACION DE POZOS DE MONITOREO EN LOS SITIOS DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL AL ARROYO EL COCINERO

POZA RICA, VER. MARZO DE 2001

POZO No. 9

6. MUESTREO DE POZOS

6. MUESTREO DE POZOS

- Desarrollo de los pozos.

Previo al muestreo fue necesario remover el agua acumulada contenida en el pozo (mínimo tres veces) para eliminar la existencia de materiales en suspensión y sedimentos que pudiera contener el pozo, y de esta manera obtener una muestra de agua representativa de la formación geológica (*Water Pollution Control, 1996*).

Los parámetros de campo que se midieron fueron temperatura y pH, los cuales se reportan en las tablas 9 y 10.

Tabla 6.1. Datos de campo del desarrollo de los pozos 1, 4, 5 y 6.

Fecha: Septiembre de 2000				
Hora de Inicio: 9:45			Hora de Término: 11:45	
Pozo No.	No. Desarrollo	pH	Temperatura (°C)	Volumen Desalojado (L)
1	1	6.50	27	8
	2	6.54	27	
	3	6.55	27	
4	1	6.60	28	9.5
	2	6.55	28	
	3	6.54	28.5	
5	1	7.60	31	10
	2	7.70	31	
	3	7.65	31	
6	1	7.70	28	9.6
	2	7.60	28	
	3	7.66	29	

Tabla 6.2. Datos de campo del desarrollo de los pozos 2, 3, 7, 8 y 9.

Fecha: Septiembre de 2000				
Hora de Inicio: 9:00			Hora de Término: 11:30	
Pozo No.	No. Desarrollo	pH	Temperatura (°C)	Volumen Desalojado (L)
2	1	6.70	27.5	9.5
	2	6.70	27.5	
	3	6.65	27.0	
3	1	6.60	27.5	8.7
	2	6.64	27.0	
	3	6.65	27.5	
7	1	6.65	26.0	8.5
	2	6.60	26.0	
	3	6.50	26.5	
8	1	6.71	27.5	8.7
	2	6.70	27.0	
	3	6.74	27.5	
9	1	6.58	27.5	7.5
	2	6.65	27.0	
	3	6.70	27.0	

Muestreo de pozos.

Una vez que se desarrollaron los pozos, se procedió a tomar la muestra para los análisis requeridos de acuerdo a la norma ASTM – D4448 "Sampling Groundwater Monitoring Wells". Los parámetros de campo medidos al tiempo del muestreo se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 6.3. Datos de Campo del Muestreo de pozos.

Fecha:25-08-00		
Tipo de muestra: Simple.		Punto de muestreo: Pozos de descargas de agua residual.
Pozo	Temperatura (°C)	pH
1	27.	6.56
4	28.	6.49
5	31	7.57
6	28	7.65

Tabla 6.4. Datos de Campo del Muestreo de pozos.

Fecha:25-08-00		
Tipo de muestra: Simple.		Punto de muestreo: Pozos de descargas de agua residual.
Pozo	Temperatura (°C)	pH
2	27.5	6.67
3	27.5	6.59
7	26.0	6.69
8	27.5	6.71
9	27.5	6.58

**7. CARACTERIZACIÓN
FISICOQUÍMICA DE LAS MUESTRAS
DE AGUA.**

7. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE AGUA.

- **Muestras de las descargas de agua residual y del arroyo "El Cocinero"**

Se analizó el agua residual de las tres descargas de la Industria Petroquímica identificadas como Pluvial Norte, Pluvial Sur y Químico - Industrial que descargan en el arroyo "El Cocinero" así como las muestras de agua tomadas de dicho arroyo en los puntos especificados anteriormente. Los parámetros analizados están incluidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 en materia de descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Los parámetros a determinar en las muestras de agua son los siguientes:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO_5)
- Nitrógeno Total
- Fósforo Total
- Coliformes Totales
- Zinc

- **Muestras de agua de los pozos.**

Los parámetros analizados de acuerdo a las norma ASTM-D-4448 "Sampling Groundwater Monitoring Wells", NOM-001-ECOL-1996 y NOM-127-SSA1-1994 son los siguientes:

- Contenido de Hidrocarburos de Petróleo Totales (TPH's)
- Benceno-Tolueno(BT)
- Cianuro
- Alcalinidad total
- Coliformes totales
- Arsénico
- Mercurio
- Fierro
- Cromo
- Níquel
- Cadmio
- Bario
- Plomo
- Zinc
- Aluminio
- Titanio

8. RESULTADOS DE ANÁLISIS

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Effuente Pluvial Sur		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	32.16
pH	De 5 a 10 unidades	6.57
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	20.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	4.76
Fósforo Total	20 mg/L	0.357
Zinc	10.0 mg/L	0.1380
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	47

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.84	6.89	5.56	6.91	6.89	6.3

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de coliformes totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	> 2,400	< 3	< 3	< 3	1,100	150

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Efluente Químico Industrial		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	33.16
pH	De 5 a 10 unidades	5.71
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	8.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	7.28
Fósforo Total	20 mg/L	0.215
Zinc	10.0 mg/L	0.1160
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	389

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.81	6.64	6.26	6.03	3.27	3.27

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de coliformes totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	28	210	1,100	>2,400	93	>2,400

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Efluente Pluvial Norte		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	30.41
pH	De 5 a 10 unidades	6.71
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	16.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	7.84
Fósforo Total	20 mg/L	0.262
Zinc	10.0 mg/L	0.0500
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	34,258

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.81	6.87	6.32	6.97	6.7	6.56

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de coliformes totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	>2,400	1,100,000	1,100,000	460	1,100	1,100,000

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 1 Superficial		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	28.33
pH	De 5 a 10 unidades	6.93
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	44.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	8.68
Fósforo Total	20 mg/L	0.218
Zinc	10.0 mg/L	0.0400
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	1,449

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	7.00	6.92	6.76	6.76	7.30	6.86

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de Coliformes Totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	2000	210	---	1,400	7,500	---

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 1 Medio		
ANALISIS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	28.33
pH	De 5 a 10 unidades	7.02
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	48.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	17.92
Fósforo Total	20 mg/L	0.126
Zinc	10.0 mg/L	0.0500

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	7.12	7.25	6.79	6.76	7.20	6.97

NOTAS: ** Promedio Aritmético.

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 3 Superficial		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	27.83
pH	De 5 a 10 unidades	6.87
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	32.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	18.48
Fósforo Total	20 mg/L	0.130
Zinc	10.0 mg/L	0.0400
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	422,763

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	7.01	7.00	6.68	6.83	6.73	6.94

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de Coliformes Totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	1,100,000	24,000	---	1,100,000	1,100,000	---

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 3 Medio		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	28.16
pH	De 5 a 10 unidades	6.93
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	48.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	18.48
Fósforo Total	20 mg/L	0.148
Zinc	10.0 mg/L	0.0400

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1995	08:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	7.00	7.13	6.70	6.83	7.00	6.94

NOTAS: ** Promedio Aritmético.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 4 Superficial		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	28.25
pH	De 5 a 10 unidades	6.80
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	100.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	9.86
Fósforo Total	20 mg/L	0.162
Zinc	10.0 mg/L	0.0500
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	157,146

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.82	6.82	6.27	6.74	6.94	7.20

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de Coliformes Totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	1,100,000	1,100,000	---	21,000	24,000	---

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 4 Medio		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	28.58
pH	De 5 a 10 unidades	6.87
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	20.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	10.44
Fósforo Total	20 mg/L	0.628
Zinc	10.0 mg/L	0.0700

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.98	6.84	6.60	6.59	7.10	7.10

NOTAS: ** Promedio Aritmético.

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 6 Superficial		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	27.50
pH	De 5 a 10 unidades	7.08
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	40.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	15.68
Fósforo Total	20 mg/L	0.237
Zinc	10.0 mg/L	0.1270
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	211,382

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.90	6.94	7.00	7.00	7.02	7.60

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de Coliformes Totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	1,500	1,100,000	---	1,100,000	1,100,000	---

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 6 Medio		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	36.16
pH	De 5 a 10 unidades	6.95
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	20.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	17.92
Fósforo Total	20 mg/L	0.265
Zinc	10.0 mg/L	0.1050

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.99	6.89	7.01	7.01	7.02	6.80

NOTAS: ** Promedio Aritmético.

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 7 Superficial		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	28.66
pH	De 5 a 10 unidades	7.02
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	48.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	12.32
Fósforo Total	20 mg/L	0.395
Zinc	10.0 mg/L	0.0600
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	1,100,000

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.92	6.78	6.81	7.15	7.22	7.22

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de Coliformes Totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	1,100,000	1,100,000	---	1,100,000	---	---

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 7 Medio		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	29.75
pH	De 5 a 10 unidades	6.95
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	40.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	12.88
Fósforo Total	20 mg/L	0.210
Zinc	10.0 mg/L	0.0700

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	6.76	6.75	6.61	7.12	7.22	7.22

NOTAS: ** Promedio Aritmético.

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 9 Superficial		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	29.50
pH	De 5 a 10 unidades	7.25
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	80.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	15.12
Fósforo Total	20 mg/L	0.312
Zinc	10.0 mg/L	0.1160
Coliformes Totales (1)	1,000 NMP / 100ml	151,987

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	7.51	7.51	7.05	7.08	7.18	7.18

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de Coliformes Totales NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	1,000 NMP / 100 ml	21,000	1,100,000	—	21,000	1,100,000	—

NOTAS: ** Promedio Aritmético.
(1) Media Geométrica

**MONITOREO DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE
UN PERIODO DE 24 H.**

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

DESCARGA: Punto No. 9 Medio		
ANALISIS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-001-ECOL-1996	Fecha: 11/08/00
Temperatura **	40 °C	30.66
pH	De 5 a 10 unidades	7.21
Materia Flotante	Ausente	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	70.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	20.24
Fósforo Total	20 mg/L	0.180
Zinc	10.0 mg/L	0.0900

Hora de muestreo	Límite máximo permisible de pH NOM-001-ECOL-1996	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00	02:00
Fecha: 11/08/00	De 5 a 10	7.51	7.51	7.00	6.87	7.18	7.18

NOTAS: ** Promedio Aritmético.

MONITOREO DE LA AFECTACIÓN A MANTOS ACUÍFEROS SUBTERRÁNEOS

INFORME DE AGUAS RESIDUALES

FECHA: 25/08/00	TPH's (2)	Benceno (3)	Tolueno (3)	Alcalinidad Total (1)	Cólfomes Totales (1)	Arsénico (1)	Cadmio (1)	Aluminio (1)	Titanio	Cromo (1)	Bario (1)	Mercurio (1)	Niquel (3)	Hierro (1)	Zinc (1)	Plomo (3)
	N A	300µg	300µg	500 mg/L	2 NMP/100ml	0.05 mg/L	0.005 mg/L	0.20 mg/L	N.A.	0.05 mg/L	0.70 mg/L	0.001 mg/L	0.025 - 0.15 mg/l	0.30 mg/L	5 mg/L	0.001-0.007µg
Pozo No. 1	1.1	N.D.	N.D.	360	1400	0.0001	<0.002	0.127	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	<0.002	0.112	0.221	<0.003
Pozo No. 2	4.3	N.D.	N.D.	356	210	0.0001	<0.005	0.04	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	0.031	0.110	0.384	<0.003
Pozo No. 3	2.3	N.D.	N.D.	432	700	0.0001	<0.005	0.03	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	<0.002	0.092	0.121	<0.003
Pozo No. 4	N.D.	N.D.	N.D.	316	700	0.0001	<0.002	<0.05	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	<0.002	0.130	0.119	<0.003
Pozo No. 5	1.5	N.D.	N.D.	632	900	0.0002	<0.002	<0.005	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	<0.002	0.126	0.111	<0.003
Pozo No. 6	8	N.D.	N.D.	504	2000	0.0001	<0.002	0.202	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	<0.002	0.220	0.355	<0.003
Pozo No. 7	1.3	N.D.	N.D.	360	600	<0.0001	<0.005	0.04	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	0.039	0.102	0.101	<0.003
Pozo No. 8	3.5	--	--	542	600	0.0001	<0.005	0.011	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	0.02	0.086	0.096	<0.003
Pozo No. 9	2.9	N.D.	N.D.	412	1100	0.0001	<0.005	0.011	N.D.	<0.002	N.D.	<0.001	0.033	0.076	0.173	<0.003

NOTAS:

(1) Especificación NOM-127-SSA1-1994.

(2) Hidrocarburos Totales de Petroleo

(3) Especificación Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) Fresh Water Aquatic Life Criteria

N.A. : No Aplica

N.D. : No Detectado

9. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA.

9. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA.

De acuerdo a los resultados de los análisis obtenidos, se tiene que los parámetros DBO₅, Nitrógeno total, Fósforo total y Zinc de las tres descargas de agua residual de la Industria Petroquímica, están dentro de los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, encontrando únicamente fuera de especificación el parámetro de Coliformes Totales para la descarga Pluvial Norte como se muestra en la tabla 9.1, donde se hace un comparativo para cada parámetro con el Límite Máximo Permissible de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Tabla 9.1. Resultados promedio de análisis practicados a las descargas de agua residual del Complejo Petroquímico.

Parámetros	Límite Máximo Permissible NOM-001-ECOL-1996	Pluvial Sur	Química Industrial	Pluvial Norte
Demanda Bioquímica de Oxígeno	75 mg/L	20.00	8.00	16.00
Nitrógeno Total	40 mg/L	4.76	7.28	7.84
Fósforo Total	20 mg/L	0.357	0.215	0.262
Coliformes Totales	1,000 NMP/100ml	47	389	34,258
Zinc	10.0 mg/L	0.1380	0.1160	0.050

Los coliformes generados y descargados en las aguas residuales de la Industria Petroquímica hacia el arroyo "El Cocinero" no son la causa del incremento en el número de organismos patógenos (Coliformes Fecales) contenidos en aguas de dicho arroyo, esto se muestra en las tablas de resultados del parámetro fuera de normatividad que se mencionan a continuación.

Tabla 9.2. Análisis de afectación por los resultados de Coliformes totales de la Descarga Pluvial Sur.

Parámetro: Coliformes Totales		Especificación: 1,000 NMP/ 100 ml (NOM-001-ECOL-1996)			
Punto de Muestreo	HORARIO				
	6:00	10:00	18:00	22:00	
Punto Número 1	2,000	210	1,400	7,500	
Efluente pluvial sur	> 2,400	< 3	< 3	1,100	
Punto Número 3	1,100,000	24,000	1,100,000	1,100,000	

Como puede observarse en la tabla 9.2, el contenido de coliformes del punto No. 3 es mucho mayor que en el punto No. 1 en el arroyo y que en la descarga Pluvial Sur, esto nos indica claramente que la fuente de contaminación no es la descarga Pluvial Sur. La contaminación existente en el arroyo se debe a una incorporación de un cuerpo de agua (arroyo pequeño), el cual causa un incremento en el caudal del arroyo "El Cocinero". Este cuerpo de agua arrastra consigo las descargas generadas por diversos drenajes, por lo que su contenido de Coliformes Totales es elevado. Al mezclarse con las aguas del arroyo "El Cocinero" provoca la elevación en el número de Coliformes Totales.

En los resultados de las descargas química-industrial y pluvial norte, tablas 9.3 y 9.4 respectivamente, se sigue observando la afectación de la incorporación del cuerpo de agua al arroyo.

Tabla 9.3. Análisis de afectación por los resultados de Coliformes totales de la Descarga Pluvial Sur.

Parámetro: Coliformes Totales		Especificación: 1,000 NMP/ 100 ml (NOM-001-ECOL-1996)			
Punto de muestreo	HORARIO				
	6:00	10:00	18:00	22:00	
Punto No. 4	1,100,000	1,100,000	21,000	24,000	
Descarga Químico Industrial	28	210	> 2,400	93	
Punto No. 6	1,500	1,100,000	1,100,000	1,100,000	

Tabla 9.4. Análisis de afectación por los resultados de Coliformes totales de la Descarga Pluvial Sur.

Parámetro: Coliformes Totales		Especificación: 1,000 NMP/ 100 ml (NOM-001-ECOL-1996)			
Punto de muestreo	HORARIO				
	6:00	10:00	18:00	22:00	
Punto No. 7	1,100,000	1,100,000	1,100,000		
Descarga Pluvial Norte	> 2,400	1,100,000	460	1,100	
Punto No. 9	21,000	1,100,000	21,000	1,100,000	

El incremento en el número de coliformes totales en los puntos 4, 6, 7 y 9 no es proporcional a la cantidad de microorganismos patógenos aportados por las descargas Pluvial Sur, Químico-Industrial y Pluvial Norte de la Industria Petroquímica.

Todo esto nos confirma que las descargas del Complejo Petroquímico no son la fuente directa de contaminación del arroyo "El Cocinero" por coliformes totales, esto especialmente para el efluente pluvial Norte, ya que a esta descarga se le unen drenajes domésticos además del agua residual que proviene de la potabilizadora de agua que existe cerca de esta descarga.

A continuación se muestran detalladamente los incrementos en el número de coliformes totales promedio para cada punto asociándolo con el efluente correspondiente:

Refiriéndose a la tabla 9.5 se observa que el aumento en el número de coliformes no se debe al efluente Pluvial Sur, ya que el número en el punto No. 3 localizado después de la descarga Pluvial Sur debe ser del orden de 1,500 a 2,000 NMP/100ml y en realidad tenemos una cantidad mucho mayor (422,763 NMP/100ml). Lo que indica que la aportación de Coliformes Totales no es de esta descarga del Complejo Petroquímico.

Tabla 9.5. Resultados promedio de Coliformes Totales de la descarga Pluvial Sur de acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 9.2.

Parámetro: Coliformes Totales	Especificación: 1,000 NMP/ 100 ml (NOM-001-ECOL-1996)
Punto de Muestreo	Especificación: 1,000 NMP/ 100 ml
Punto No. 1	1449.1
Descarga Pluvial Sur	47
Punto No. 3	422,763

En el caso del efluente Químico- Industrial (tabla 9.6) el aumento de coliformes en el arroyo "El Cocinero" no se debe exclusivamente a la adición de dicho efluente, ya a que el contenido de coliformes en el punto No. 6 (211,382 NMP/100ml) es mucho mayor que el resultado obtenido en el punto No. 4 (157,146 NMP/100ml), en tanto que la cantidad aportada por el efluente Químico-Industrial (389 NMP/100ml) es mínima y el incremento observado en el punto No. 6 (que debería ser de acuerdo al resultado del punto No. 4 de 157,535 NMP/100 ml) no corresponde a la cantidad de coliformes totales aportada por esta descarga del Complejo Petroquímico.

Todos estos resultados sirven para confirmar que los efluentes de la Industria Petroquímica no afectan con Coliformes Totales el caudal del arroyo "El Cocinero".

Tabla 9.6. Resultados promedio de Coliformes Totales de la descarga Química – Industrial de acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 9.2.

Parámetro: Coliformes Totales	
Punto de Muestreo	Especificación: 1,000 NMP/ 100 ml (NOM-001-ECOL-1996)
Punto No. 4	157,146
Descarga Química Industrial	389
Punto No. 6	211,382

La descarga Pluvial Norte es la única que de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, se encuentra fuera de especificación en cuanto al parámetro de Coliformes Totales como se observa en la tabla 9.7.

Sin embargo, el alto contenido de coliformes registrados en el punto No. 7, disminuye después de que se ha incorporado la descarga pluvial norte al caudal del arroyo "El Cocinero", esto se refleja en el resultado del punto No. 9. La disminución de coliformes en el punto No. 9, se debe a la dilución que ejercen las diversas descargas de agua residual que se unen al efluente Pluvial Norte, como son:

- Descarga de Agua residual de la Planta Potabilizadora de Agua cercana a la Industria Petroquímica.
- Descarga de Agua residual de la Central de Almacenamiento y Bombeo.
- Descarga de Agua residual doméstica de las casas cercanas al arroyo "El Cocinero".

Tabla 9.7. Resultados promedio de Coliformes totales de la descarga Pluvial Norte de acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 9.2.

Parámetro: Coliformes Totales	
Punto de Muestreo	Especificación: 1,000 NMP/ 100 ml (NOM-001-ECOL-1996)
Punto No. 7	1 100,000
Descarga Pluvial Norte	34,258
Punto No. 9	151,987

En cuanto a los resultados de los pozos, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, los parámetros que se detectaron fuera del límite máximo permisible son: Alcalinidad Total en los pozos No. 5, 6 y 8; y Coliformes Totales en los 9 pozos de monitoreo. En la tabla 9.8 y 9.9 se presentan dichos resultados.

Tabla 9.8. Resultados de Alcalinidad Total de los pozos.

Parámetro: Alcalinidad Total	
Pozo de Muestreo	Especificación: 500 mg/L (NOM-127-SSA1-1994)
Pozo No. 5	632
Pozo No. 6	504
Pozo No. 8	542

Los pozos 5, 6 y 8 son los que se encuentran fuera de especificación según la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 en cuanto al parámetro de alcalinidad ya que existen resultados de 504 a 632 mg/l y la norma marca 500 mg/l. Estos pozos se ubican adyacentes a las descargas Químico Industrial (Pozo No. 5 y 6) y Pluvial Norte (Pozo No. 8) del Complejo Petroquímico.

Tabla 9.9. Resultados de Coliformes Totales de los pozos.

Parámetro: Coliformes Totales	
Pozo de Muestreo	Especificación: 2 NMP/100ml (NOM-127-SSA1-1994)
Pozo No. 1	1,400
Pozo No. 2	210
Pozo No. 3	700
Pozo No. 4	700
Pozo No. 5	900
Pozo No. 6	2,000
Pozo No. 7	600
Pozo No. 8	600
Pozo No. 9	1,100

Como puede observarse todos los pozos se encuentran fuera de especificación en cuanto a Coliformes Totales, presentándose valores de 210 a 2,000 NMP/100 ml, cuando el máximo permisible es de 2 NMP/100ml.

Se utilizaron como referencia los Criterios Indicadores de la contaminación en los suelos y el agua subterránea en Quebec, para determinar la afectación de los mantos freáticos causada por benceno, hidrocarburos totales del petróleo

(TPH's) y tolueno. En los criterios antes mencionados no se hace referencia al nivel máximo permisible de TPH's, debido a que no ha sido determinado.

Con base en los resultados obtenidos de las muestras de los pozos de monitoreo, se determina que no existe contaminación por benceno y tolueno en los mantos freáticos.

En cuanto a los resultados de hidrocarburos totales del petróleo existe la presencia de estos compuestos en las muestras de los pozos de monitoreo, y aunque no le fueron realizados análisis de TPH's a los efluentes del Complejo Petroquímico, se determina que estos compuestos no son aportados por dichas descargas, de lo contrario, se reportarían concentraciones mayores en los resultados de los parámetros analizados como la DBO₅.

En los pozos de monitoreo se detectó la presencia de metales pesados aunque todas las concentraciones están por debajo de los límites máximos establecidos por la norma NOM-127-SSA1-1994, lo que indica que no existe afectación al manto freático por las descargas de la Industria Petroquímica.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Posterior al análisis de esta información se verificó el cauce del arroyo "El Cocinero" encontrándose lo siguiente:

1. 250 metros corriente abajo del sitio de descarga del efluente pluvial sur se incorpora un arroyo al cauce del arroyo "El Cocinero". Esta es la causa de los elevados niveles de coliformes detectados en las muestras y del aumento en el caudal del arroyo.
2. Existe otra descarga generada por la una Central de Almacenamiento (de origen y composición desconocida) que descarga al arroyo el cocinero. Esta descarga se encuentra corriente abajo del sitio de descarga química - industrial.

Existe un alto contenido de coliformes totales en todos los pozos de monitoreo de las descargas de agua residual. Esta contaminación se debe a la incorporación de otro cuerpo de agua al arroyo "El Cocinero" y a las múltiples descargas domésticas que vierten su contenido a dicho arroyo. El Complejo Petroquímico tiene un aporte mínimo al incremento de coliformes totales contenidos en el arroyo, según los datos obtenidos de los análisis de las descargas Pluvial Sur, Química-Industrial y Pluvial Norte.

Los resultados obtenidos de los parámetros de DBO₅, nitrógeno total , fósforo total y zinc se encuentran dentro de lo establecido por normatividad.

En los análisis practicados a los pozos de muestreo no se detectó la presencia de benceno y de tolueno, obteniendo únicamente concentraciones bajas de Metales Pesados, las cuales se encuentran dentro de lo establecido por normatividad.

De las actividades industriales del Complejo Petroquímico se concluye que no generan contaminación a los mantos freáticos por metales pesados, así como por hidrocarburos totales del petróleo, benceno y tolueno.

Podemos concluir que la contaminación del arroyo por coliformes totales no se debe a los efluentes de la Industria Petroquímica, se debe a la carga orgánica que se adicionan por la incorporación de otros cuerpos de agua al arroyo "El Cocinero", así como a las descargas que se incorporan en el trayecto sometido a estudio del arroyo "El Cocinero".

Para cumplir con la normatividad en cuanto a coliformes, es recomendable emplear un tratamiento de desinfección para el efluente que está fuera de especificación (Pluvial Norte) y de esta forma asegurar el cumplimiento de lo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Se recomienda sustituir el proceso actual de absorción de sulfuros por medio de sosas, por otro sistema más moderno, ecológico y económico. El proceso con sosa presenta desventajas importantes: no es regenerativo, es incapaz de procesar cargas elevadas de sulfuros y representa un continuo gasto en reactivos nuevos y en el tratamiento de la sosa gastada.

La opción más recomendable es emplear un sistema de absorción con aminas, ya sea Monoetilenamina o Dietilenamina (MEA o DEA). El proceso de absorción empleando estos reactivos presenta las siguientes ventajas: requiere una pequeña inversión inicial (comparada con otro tipo de procesos), es estable, presenta altos niveles de remoción de sulfuros y es regenerativo.; con esto se evita el gasto en sosas y descargas alcalinas hacia el arroyo El Cocinero.

La tecnología de absorción de sulfuros basada en aminas está ampliamente desarrollada, por lo que el sistema DEA/MEA no es la única opción viable para reemplazar la sosa (p. ej. Los procesos Selexol y Sulfinol entre otros), por lo que la empresa debe considerar seriamente el realizar un estudio a fondo para reemplazar su sistema de absorción.

Por último, es importante señalar que el Complejo Petroquímico debe mejorar sus estrategias de administración ambiental, control de la contaminación y adoptar tecnologías limpias; ya que si se modifican las normas ecológicas actuales y se adoptan los estándares y normas internacionales, la calidad de los efluentes generados por la Petroquímica no será satisfactoria. El Complejo Petroquímico debe planear la instauración de la norma internacional ISO-14000 para enfrentar con ventaja el proceso de globalización actual.

11. BIBLIOGRAFIA

11. BIBLIOGRAFÍA.

1. Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, Mc Graw-Hill, EUA, 1972.
2. John J. McKetta, Enciclopedia of Chemical Processing & Design, Vols. 20, 15 y 26, Ed. Marcel Dekker Inc. EUA, 1984.
3. Joseph C. Salomone, Polymeric Materials Enciclopedia, Vol. 8 y 9, Ed. CRC Press. EUA, 1996.
4. Groundwater Contamination & Analysis at Hazardous Wastesites, Ed. Marcel Dekker, EUA, 1992.
5. Frank N. Kemmer y Jhon McCallan. Manual del Agua. Nalco Chemical Company Tomo 1, Ed. McGraw-Hill. Pags. 2-10 a 2-11. EUA, 1998.
6. Standard Practice for Design and Installation of Ground Water Monitoring Wells in Aquifers. ASTM Designation: D 5092-90. Pags. 278 a 289. EUA, 1990
7. Standard Guide of Sampling Groundwater Monitoring Wells. ASTM Designation. D 4448-80. Pags. 193 a 206. EUA, 1976
8. Standard Practices for Preparation of Sample Containers and for Preservation of Organic Constituents. Pags. 132 a 137. EUA, 1990
9. Water Pollution Control Federation. Collection and Preservation of Samples Pags. 1-22. EUA, 1966
10. Ernest W. Steel, Ed. Gustavo Gill, S.A. Abastecimiento de agua y alcantarillado. Calle del Rosellón 87 y 89 Barcelona 15. Cap. 4 (Agua Subterránea). España, 1965.
11. San Miguel Ferranoo. , Manual de Geología. Pags. 50 a 121. España, 1985.
12. E. López Ramos. Ec. Escolar, Geología general y de México. 2da edición Pags. 124 a 130. México, 1974.
13. A.D. Flina-R.S. Weston C.L. Bogert., Abastecimiento de Aguas (Captación, Conducción, Depuración y distribución de Aguas). Ed. Labor, S.A. Pags. 237 a 277. Barcelona, Madrid, 1952.
14. Fer Oeyer y Okun.. Abastecimientos de agua y remoción de aguas residuales. Ed. Limusa, Pags. 235 a 294. México, 1980.
15. U. P. Gibson-Rexford D. Singer. Manual de Pozos pequeños (localización, diseño, construcción, uso y conservación). Ed. Limusa, Cap. 6 y 8. México, 1974.

12. ANEXOS

ANEXO I
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO
PARA AGUA DE ABASTECIMIENTO
“AGUA SUBTERRÁNEA”

MUESTREO PARA AGUA DE ABASTECIMIENTO "AGUA SUBTERRÁNEA"

1. INTRODUCCIÓN.

Más del 97% del agua que existe en nuestro planeta (sin considerar las capas de hielo polar y glaciares) se encuentran bajo la superficie de la tierra.

Del agua que cae en forma de lluvia sobre la tierra, una parte considerable percola en el suelo para convertirse en agua subterránea, otra parte la utilizan las plantas que la transpiran a través de sus hojas y otra más se evapora hacia la atmósfera.

El agua subterránea puede estar presente como agua de fuente, de pozo somero y de pozo profundo, es considerada como una fuente principal de abastecimiento, ya que usualmente presenta mejor calidad que las aguas superficiales, debido a las ventajas de filtración a través del suelo; para un suministro adecuado es importante considerar el uso que se le dará.

Para tener un amplio conocimiento sobre la composición del agua subterránea es indispensable contar con información geológica, la cual consiste generalmente en sondeos, muestreos y ensayos; una de las técnicas más comunes utilizadas es la perforación de pozos artesianos.

La finalidad de muestrear agua de pozos es determinar sus características físicas, químicas y/o microbiológicas para ser usada en alguna actividad. La cantidad de agua que rinde un pozo depende de muchos factores, alguno de los cuales como el diámetro del pozo, la permeabilidad y el espesor del acuífero son los factores más importantes.

Por último se establece que el agua subterránea es más accesible cuando es utilizada como agua de abastecimiento ya que no requiere de mucho transporte y el costo de obtención es menor que para otras aguas de abastecimiento.

2. OBJETIVO.

Establecer los lineamientos generales para la realización de muestreos de agua subterránea, con la finalidad de determinar sus características físicas, químicas y/o microbiológicas y cumplir con la calidad requerida para un adecuado suministro.

3. ALCANCE.

El personal que realice el muestreo de aguas subterráneas aplicará los conocimientos establecidos para la obtención de resultados confiables.

4. REFERENCIAS.

- ◆ Muestreo de aguas residuales (NMX-AA-003-1980)
- ◆ Norma Oficial Mexicana NOM-014-SSAI-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistema de abastecimiento de agua públicos y privados.
- ◆ Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.
- ◆ Norma Oficial Mexicana NOM-004-CNA-1996. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitado de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

5. DEFINICIONES.

5.1 Agua subterránea.- es el agua que se encuentra por debajo de la tierra, constituye la fuente principal de agua dulce, su composición es generalmente constante y suele moverse lentamente, se origina a partir de la precipitación pluvial que se infiltra por las fisuras de las rocas.

5.2 Pozo.- Orificio artificial practicado en el suelo, del cual se puede extraer agua.

5.3 Pozo superficial.- Son los pozos que reciben su alimentación de depósitos situados hasta unos 30 m bajo la superficie, con un diámetro no mayor de unos 10.20 cm y un rendimiento de 189.25 l/min.

5.4 Pozo profundo.- Son los pozos situados después de 30 m bajo la superficie.

5.5 Pozo artesiano.- Es aquél pozo que atraviesa los acuíferos confinados en los cuales el agua se halla bajo presión, y asciende por el pozo artesiano.

5.6 Pozo artesanal.- También es conocido como de capa libre y es aquél pozo en el cual el agua se eleva a la altura del material saturado que lo rodea y no se halla sometida en el acuífero a otra presión más que la atmosférica.

5.7 Acuífero.- Formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua a los pozos por espacios porosos que existen en su interior.

5.8 Acuífero confinado (acuicludo).- Formación geológica cubierta por un estrato relativamente impermeable, que restringe el movimiento del agua.

5.9 Acuífero no confinado (acuífugo).- Formación geológica que tiene una superficie freática originada por la ausencia de una capa impermeable que la cubra.

5.10 Muestreo.- Es una serie de actividades a realizar para obtener volúmenes representativos de agua subterránea en un sitio determinado.

5.11 Muestra simple.- Es aquella muestra individual tomada en un corto período de forma tal que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

5.12 Desarrollo de pozo.- Es la remoción de sedimento, arena fina y otros materiales de una zona inmediata alrededor de la rejilla del pozo.

5.13 Bailer.- Recipiente tubular fabricado de PVC o resina de fluorocarbono, usado para obtener muestras de agua de pozo.

5.14 Frasco.- Vaso estrecho de cuello recogido, que sirve comúnmente para contener y conservar líquido.

5.15 Contrapeso.- Peso con que se equilibra otro peso o una fuerza. Lo que equilibra, modera o neutraliza una cosa.

6. APARATOS Y EQUIPOS.

- ◆ Frascos de vidrio o polietileno con tapa hermética de material a fin al frasco.
- ◆ Frasco de vidrio de boca ancha.
- ◆ Bolsas estériles de 250 ml.
- ◆ Hieleras.
- ◆ Hielo.
- ◆ Accesorios para
- ◆ Bailer.
- ◆ Frasco con contrapeso.
- ◆ Cuerda o cordel.

- ◆ Flexómetro.
- ◆ Termómetro con escala de 0 A 100 °C.
- ◆ Potenciómetro.
- ◆ Agua destilada
- ◆ Cubeta.

7. REACTIVOS.

Los reactivos que se utilizarán en éste procedimiento, son aplicables a la conservación o preservación de la muestra después de realizado el muestreo. El uso de un reactivo depende del parámetro de calidad a medir para el agua subterránea.

8. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS.

El etiquetado de los frascos previo a realizar el muestreo debe contener la siguiente información.

- ◆ Nombre de la empresa o razón social del lugar de muestreo.
- ◆ Número de muestra.
- ◆ Identificación del punto o sitio de muestreo.
- ◆ Tipo de análisis a efectuar.
- ◆ Fecha y hora de muestreo.
- ◆ Nombre y firma de la persona que realiza el muestreo.

El llenado de la hojas de registro (hojas de campo) debe llevarse a cabo en el momento en que se realiza el muestreo y en el que debe especificarse lo siguiente:

- ◆ Los datos citados en el punto 8.
- ◆ Parámetros de campo.
 - Temperatura ambiente.
 - Temperatura de la muestra.
 - pH
 - Conductividad.
 - Color.
 - Olor.
 - Sabor.
 -
- ◆ Profundidad del pozo.
- ◆ Diámetro del pozo.
- ◆ Profundidad del espejo de agua.
- ◆ Volumen de agua del pozo.

Después del muestreo deberá llenarse una cadena de custodia para tener la relación de lo que se envía al laboratorio para su posterior análisis, éste debe contener lo siguiente:

- ◆ Nombre de la persona que realiza el muestreo.
- ◆ Número de la muestra.
- ◆ Fecha y hora de muestreo.
- ◆ Identificación de la muestra.
- ◆ Conservadores.
- ◆ Tipo de parámetro a analizar.
- ◆ Nombre de la persona que envía la muestra.
- ◆ Fecha y hora de envío.
- ◆ Nombre de la persona quien recibe las muestras.
- ◆ Fecha y hora de recepción de la muestra.

9. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.

PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA.

9.1. POZO SUPERFICIAL TIPO ARTESANAL.

9.1.1 En primer lugar medir la profundidad del espejo del agua por medio de un frasco con contrapeso suspendido de una cuerda o cordel hasta topar con el agua.

9.1.2 Medir la profundidad del pozo por medio de un frasco con contrapeso suspendido con una cuerda o cordel, sumergirlo hasta topar con la profundidad del pozo.

9.1.3 Obtener la altura del agua de pozo mediante la diferencia entre la profundidad de pozo y la profundidad del espejo de agua.

9.1.4 Obtener el volumen de agua de pozo de la siguiente manera.

- Medir el diámetro del pozo, con el flexómetro.
- Calcular el área del pozo por medio de la siguiente fórmula.

$$A = \pi r^2$$

- Multiplicar el área del pozo por la altura obtenida en el paso 9.1.3. obteniendo de esa manera el volumen del pozo.

9.1.5 Desarrollo de pozo.

Previo al muestreo es necesario remover el agua acumulada que contenga el pozo con ayuda de una cubeta y suspendida por una cuerda (mínimo 3 veces) para eliminar la existencia de materiales en suspensión y sedimentos que pudiera contener el pozo.

La cubeta y la cuerda deben estar limpias antes de introducirlas al pozo.

9.1.6 Muestreo del agua de pozo.

Los equipos, materiales y recipientes para el muestreo que estén en contacto con el agua deben ser lavados previamente al muestreo con agua destilada para evitar la contaminación del agua de pozo y no alterar su composición.

- 9.1.6.1 Obtener la muestra con un frasco con contrapeso o una cubeta suspendida de una cuerda. El volumen de la muestra depende del parámetro a medir a medir como se especifica en el anexo 1.
- 9.1.6.2 Realizar las mediciones de campo: temperatura de la muestra, temperatura ambiente, pH y conductividad, repitiendo la operación cuantas veces sea necesario hasta que los valores de lectura sean estables.
- 9.1.6.3 Antes de obtener la muestra representativa enjuagar los frascos por lo menos tres veces con el agua de pozo.
- 9.1.6.4 Vaciar la muestra en el frasco adecuado según como se especifica en el anexo 1.
- 9.1.6.5 Adicionar el conservador adecuado como se especifica en el anexo 1.
- 9.1.6.6 Colocar los frascos en hieleras y mantener la temperatura a 4°C para su transportación de acuerdo al anexo 1.

9.2. POZO SUPERFICIAL TIPO ARTESIANO.

- 9.2.1 Medir la profundidad del espejo del agua de pozo por medio de una cuerda o cordel suspendida de un bailer, sumergirlo hasta topar con el espejo del agua de pozo.
- 9.2.2 Realizar las mismas actividades de los incisos 9.1.2 y 9.1.3 pero utilizando el bailer en lugar del frasco con contrapeso.
- 9.2.3 Obtener el volumen de agua de pozo de la siguiente manera:
 - 9.2.3.1 Utilizar la altura calculada en el inciso 9.2.2.

9.2.3.2 Multiplicar la altura del agua de pozo por el volumen del bailer (l/m) y multiplicar por tres (que es el mínimo de veces que se saca el agua con el bailer para el desarrollo del pozo).

9.2.4 Desarrollo de pozo.

Para este caso se realizará el desarrollo del pozo con ayuda de un bailer suspendido de una cuerda.

9.2.4.1 Introducir el bailer dentro del pozo y agitación para remover partículas finas.

9.2.4.2 Enseguida esperar a que se llene el bailer, posteriormente sacarlo y desechar el agua, realizar la misma operación (por lo menos tres veces) pero lo más conveniente es vaciar el pozo para remover toda el agua acumulada.

9.2.4.3 Esperar a que se vuelva a acumular el agua en el pozo.

9.2.5 Desarrollo de pozo.

Realizar la actividad del inciso 9.1.6.

9.2.5.1 Realizar la misma actividad del inciso 9.1.6.1 pero con ayuda de un bailer suspendido de una cuerda o cordel.

9.2.5.2 Realizar las mismas actividades de los incisos 9.1.6.2 a 9.1.6.9

NOTA:

1. Los frascos de muestreo deben ser preparados y etiquetados previo al muestreo.
2. El frasco debe ser completamente inerte a la muestra.
3. La muestra no debe exponerse demasiado a la atmósfera para no atrapar gases atmosféricos al momento de vaciarla al frasco de muestreo.

9.3. POZOS PROFUNDOS QUE CUENTAN CON BOMBA.

9.3.1 En primer lugar se obtienen los datos de las características de la bomba (características nominales impresas en la placa de fabricación), así como del tubo de succión (el diámetro y la altura del tubo de succión).

9.3.2 Desarrollo de pozos profundos.

Para el desarrollo del pozo es necesario eliminar el agua atrapada dentro del sistema de succión, esto se lleva a cabo abriendo la válvula de descarga y desechar una cantidad de agua considerable (aproximadamente por tres minutos) o hasta asegurarse que el agua contenida en el tubo de succión haya sido eliminada en su totalidad.

9.3.3 Estabilización del agua de pozo.

Para saber si el agua de pozo es estable en cuanto a sus características fisicoquímicas es necesario realizar las mediciones de los de los parámetros de campo indicados en el inciso 9.1.6.2 cuantas veces sea necesario hasta obtener lecturas estables.

9.3.4 Muestreo de pozos profundos.

Los equipos materiales y recipientes para el muestreo que estén en contacto con el agua deben ser lavados previamente al muestreo con agua destilada para evitar la contaminación del agua de pozo y no alterar su composición.

Obtener la muestra en los frascos correspondientes de acuerdo a parámetros a medir (Anexo 1) a través de una válvula (grifo) en la que se haya conectado una manguera o directamente de la descarga de la misma. El frasco se coloca en la bocatoma de la válvula hasta que se llene, posteriormente enjuagar el frasco con la misma agua y desecharla, mínimo tres veces, de tal manera que el frasco no este contaminado y sea inerte, enseguida obtener la muestra representativa con el volumen requerido de acuerdo al parámetro a medir como se especifica en el Anexo 1.

9.3.5 Conservación de las muestras.

Adicionar el conservador correspondiente al parámetro a medir y colocar los frascos en hieleras a una temperatura de 4°C para su transportación (Anexo 1).

NOTA:

- ◆ Si el pozo cuenta con grifo, la muestra debe de provenir directamente del pozo.
- ◆ No debe efectuarse toma de muestra en grifos que presenten fugas entre el tambo y el cuello, ya que el agua puede correr por la parte exterior del grifo y contaminar la muestra.
- ◆ Debe removerse los accesorios o aditamentos externos antes de tomar la muestra.

10. CALIDAD REQUERIDA DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA UN ADECUADO SUMINISTRO.

Como se describió anteriormente, el procedimiento de muestreo para agua se realiza con la finalidad de determinar sus características fisicoquímicas y biológicas y con ello tener un suministro adecuado y confiable del agua subterránea.

Para conseguir esto, es necesario llevar a cabo una buena administración del agua para obtener la calidad del agua subterránea requerida, ya que con esto se evitarán desperdicios, contaminación de la fuente de abastecimiento y satisfacer las demandas actuales y futuras del agua.

El primer paso es localizar la fuente de abastecimiento confiable de agua y desarrollare los procedimientos de captación, conducción y tratamiento para adaptarla al uso que se le destine.

Las principales denominaciones de usos del agua subterránea son las siguientes: Abastecimientos de agua públicos y privados, abastecimientos de emergencia públicos y privados, agua de proceso y de enfriamiento industrial y municipal, generación de vapor y agricultura.

11. BIBLIOGRAFÍA.

1. Code of Federal Regulations. Title 40. Parts 100 to 149; 400 to 424; and 425 to 629. Protection of Environment EUA, 1992.
2. Gordon M. Fair y John Ch. Séller, Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, Ed. Limusa. México, 1988.
3. Eckenfelder W.W. Jr., Industrial Water Pollution Control, 2nd Edition. EUA, 1990.
4. U.S.E.P.A., Development Document for Effluent Limitation Guidelines And New Source Performance Standard. EUA, 1974.
5. Flick Ernest W., Water Treatment Chemicals. An Industrial Guide, Noyes Publications. EUA, 1991.

Parámetros de calidad a medir al agua subterránea según el uso específico a que se le destine.

USOS COMUNES DEL AGUA SUBTERRÁNEA	parámetros de calidad
Agua cruda.	Magnesio, sodio, dureza, sulfato, cloruro, nitrato, fluoruro, alcalinidad, dióxido de carbono, pH, sílice, fierro, manganeso, turbiedad, sólidos disueltos totales, color, conductividad y temperatura.
Agua para generación de vapor.	Turbiedad, sólidos suspendidos, sólidos disueltos totales, acidez, dureza, sílice, gases disueltos (CO ₂ , O ₂ Y NH ₃), fosfatos, pH, alcalinidad, cloro, cloruros, conductividad, fierro, sulfatos.
Agua para propósito general (lavado, uso sanitario y contraincendio).	Fluoruro, fierro, manganeso, olor, turbiedad, sabor.
Agua potable.	Fluoruro, fierro, manganeso, olor, turbiedad, sabor, dureza, cloro, sulfatos, cloruros, coliformes fecales y totales.
Agua para proceso.	Sólidos, sales solubles de fierro, manganeso, dióxido de carbono, turbiedad, color, temperatura, pH, conductividad.
Agua para enfriamiento o calentamiento.	Dureza total, dióxido de carbono.
Agua purificada.	Metales pesados, cianuros, cloruros, cloro, dureza total, fenol, fierro, fluoruros, manganeso, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, pH, plaguicidas, sodio, sólidos disueltos totales, sulfatos, SAAM, color, olor, sabor, turbiedad, coliformes fecales y totales.

ANEXO 1.

CONSERVACIÓN DE MUESTRAS PARA AGUA SUBTERRÁNEA.

PARÁMETRO	RECIPIENTE	VOLUMEN ml	CONSERVACIÓN	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Acidez.	P.V (Borosilicato)	100	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	24 hrs.
Alcalinidad.	P.V	200	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	24 hrs.
Cloro residual.	P.V	500	Analizar inmediatamente.	0.5 hrs.
Cloruros.	P.V	200	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	48 hrs.
Color.	P.V	500	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	48 hrs.
Coliformes fecales y totales.	Frasco o bolsa estéril.	250	Refrigeración a 4°C.	24 hrs.
Conductividad.	P.V	500	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	28 días
Dióxido de carbono.	P.V	100	Analizar inmediatamente.	Inmediatamente
Dureza total.	P.V	100	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	4 días
Fenoles.	P.V	500	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz y H ₂ SO ₄ hasta pH<2	28 días
Hierro.	P.V	200	Enjuagar el envase con HNO ₃ adicionar HNO ₃ hasta pH<2	80 días
Fluoruros.	P.V	300	Refrigerar de 4 a 10°C	28 días
Magnesio.	P.V	100	Refrigerar de 4 a 10°C	28 días
Mercurio.	P.V	500	Adicionar HNO ₃ hasta pH<2, refrigerar de 4 a 10°C y proteger de la luz.	28 días
Metales As, Ba, Cd, Cu, Pb, Se, Ag, Mn.	P.V	1000	HNO ₃ pH<2	6 meses
Nitrato	P.V	100	Analizar inmediatamente o refrigerar de 4 a 10°C.	48 hrs. (28 días para muestras aforadas).
pH	P	—	Analizar inmediatamente.	2 hrs.
Sílice.	P.V	100	Refrigerar de 4 a 10°C, no congelar.	28 días
Sodio.	P.V	100	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	28 días
Sólidos.	P.V	1000	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	7 días
Sulfatos.	P.V	100	Refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	28 días
Turbiedad.	P.V	100	Analizar el mismo día o almacenar durante 24 horas, proteger de la luz, refrigerar de 4 a 10°C.	24 hrs.

CONSERVACIÓN DE MUESTRAS PARA AGUA SUBTERRÁNEA.

PARÁMETRO	RECIPIENTE	VOLUMEN ml	CONSERVACIÓN	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Temperatura	P.V.	---	Medir inmediatamente.	
Oxígeno disuelto	V. botella DBO	300		
	Electrodo Winkler		Analizar inmediatamente. Titulación después de acidificarse.	8 hrs.
Color	P.V.	500	Refrigerar de 4 a 10°C	48 hrs.
Nitrógeno amoniacal	P.V.	500	H ₂ SO ₄ hasta pH<2 y refrigerar de 4 a 10°C, proteger de la luz.	7 días.
Fósforos	V	100	Enjuagar el envase con HNO ₃ 1:1, refrigerar de 4 a 10°C.	48 hrs.
Olor	V	500	Analizar inmediatamente.	6 hrs.
Sabor	V	500	Analizar inmediatamente.	24 hrs.
Cianuro	P.V.	1000	Adicionar NaOH a pH>12, refrigerar de 4 a 10°C proteger de la luz.	14 días
Nitrato	P.V.	100	Refrigerar de 4 a 10°C proteger de la luz.	48 hrs.
Plagucidas	V (lavado con solventes orgánicos)	1000	Refrigerar, agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si presenta cloro residual.	7 días
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	P.V.	100	Refrigerar de 4 a 10°C, protegido de la luz.	48 hrs.

P= PLÁSTICO. V= VIDRIO.

ANEXO II
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO
PARA AGUA RESIDUAL

PROCEDIMIENTO PARA MUESTREO DE AGUA RESIDUAL.

Los muestreos de aguas residuales se realizan, apeándose a los procedimientos indicados en las Normas de Métodos de Prueba correspondientes para determinar sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Uno de los aspectos más importantes en un estudio de caracterización de aguas residuales y/o diseño de un sistema de tratamiento lo constituye un muestreo. Previo al inicio de las actividades de Muestreo y Aforo de los efluentes de interés se efectuaran otros igualmente importantes como lo es:

- ◆ Selección de los puntos de muestreo.

Para definir los puntos de muestreo debe considerarse que cada uno, sea representativo de las diversas aportaciones de agua que en el sitio o punto convergen. Asimismo, los puntos de muestreo deben ser representativos de los lugares más susceptibles de poder presentar contaminantes.

- ◆ Acondicionamiento y preparación de los puntos de muestreo.

Las muestras que se obtengan en cada sitio o punto de muestreo tendrán la representatividad de las condiciones existentes en el momento de muestreo con el volumen suficiente (Tabla de volumen - envase - preservación) para efectuar en las determinaciones correspondientes, de cada parámetro que se considere deba analizarse en el punto de cuestión, consiguiéndose representar, lo mejor posible las características del efluente.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA.

- ◆ Muestreo de aguas residuales (NMX-AA-003-1980)
- ◆ Norma Oficial Mexicana NOM-014-SSAI-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistema de abastecimiento de agua públicos y privados.
- ◆ APHA, AWWA, WPCF, Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales. 19ª Edición. EUA 1995..
- ◆ Sheppard T. Powell, Manual de Agua para Usos Industriales, Ediciones Ciencia y Técnica, S.A. 1ª edición. Volúmenes 1 al 4. México, 1988.
- ◆ Frank N. Kemmer, John McCallion, Manual de Agua, Ed. Mcgraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México, 1989.
- ◆ Manual de tratamiento de agua. Ed. Degremont 6ª Edition Vol. I Y II. EUA, 1989.
- ◆ Comisión Nacional del Agua, Evaluación de la Toxicidad de Descargas Municipales.. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, noviembre de 1993.
- ◆ Instituto de Ingeniería de la UNAM, Proyecto de Normatividad Integral para Mejorar la Calidad del Agua en México. México, 1995-1996.
- ◆ Instituto de Ingeniería de la UNAM, Estudio de Disponibilidad de Agua en México en Función del Uso, Calidad y Cantidad. México, 1995.

MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO DE MUESTREO.

Para análisis fisicoquímico se utilizan envases de plástico o vidrio inertes, con tapas que garanticen su cierre hermético, la capacidad se indica en la Tabla 1. Para análisis bacteriológico se utilizan bolsas estériles.

El volumen de muestra requerido, el material del envase y el método de preservación para el análisis de cada parámetro son los indicados en la Tabla 1.

Los envases a utilizar en el muestreo contendrán la información necesaria para la identificación:

- ◆ Identificación del punto o sitio de muestreo
- ◆ Tipo de análisis a efectuar
- ◆ Fecha y hora de muestreo
- ◆ Nombre y firma de la persona que realiza el muestreo.

Material para la evaluación en campo:

- ◆ Termómetro de mercurio con escala de 10 a 110⁰C, para medir la temperatura.
- ◆ Potenciómetro, para medir el potencial de hidrógeno de la muestra.
- ◆ Hieleras
- ◆ Hielo
- ◆ Agua destilada para limpieza de los electrodos
- ◆ Solución de hipoclorito de sodio
- ◆ Torundas.

HOJA DE CAMPO O REGISTRO DE MUESTREO.

Se debe llenar una hoja de registro con la información que permite identificar el origen de la muestra obtenida y todos los datos que en un momento dado permitan la precipitación de muestreo en caso necesario. A continuación se enlistan los principales:

- ◆ Nombre de la empresa o razón social del lugar de muestreo
- ◆ Dirección
- ◆ Fecha
- ◆ Identificación del punto de muestreo
- ◆ Número de muestra
- ◆ Hora de Muestreo
- ◆ Nombre de la persona que realiza el muestreo

Parámetros de Campo:

- ◆ Temperatura ambiental
- ◆ Temperatura de la muestra
- ◆ Potencial de hidrógeno
- ◆ Conductividad
- ◆ Sólidos Disueltos Totales
- ◆ Color
- ◆ Olor
- ◆ Profundidad del Muestreo
- ◆ Diámetro del tubo
- ◆ Tirante del agua
- ◆ Flujo
- ◆ Observaciones
- ◆ Firma de la persona que muestreo
- ◆ Firma del representante de la empresa

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA MUESTRA.

Para análisis fisicoquímicos se procede a iniciar la toma de la muestra en el envase cuidadosamente evitando que se contamine la tapa, boca e interior del envase; se requiere se obtenga un poco del agua que se va a analizar, se cierra el envase para la toma de muestra.

Para análisis bacteriológicos sumergir la bolsa estéril en el agua de sitio de muestreo sin abrir; se abre y se llena hasta un volumen de 250 ml, se saca al exterior rápidamente y se cierra de igual forma (en todos los casos debe evitarse tomar la muestra de la capa superficial o del fondo, donde puede haber nata o sedimento y en el caso de captación en cuerpos de agua de superficiales, no deben tomarse muestras muy próximas a la orilla o muy distantes del punto de extracción).

La caracterización de cada sitio o punto de muestreo se realizará conforme se considere conveniente se realice el análisis, con base en las características del agua, su origen y perspectivas de disposición o tratamiento.

Muestra Simple.

Es el volumen de agua que se obtiene en un recipiente del sitio o punto de manera continua en un día normal de operación que representa cuantitativa y cualitativamente el lugar del origen o los procesos más representativos de las actividades en que se genera el efluente, durante el tiempo necesario para completar el volumen indispensable para realizar el/los análisis necesarios para conocer la concentración de los parámetros correspondientes. Al mismo, se mide el flujo del caudal del agua en el sitio o punto de muestreo.

Entre los parámetros que se deben analizar únicamente de muestra simple, se encuentran los coliformes fecales y totales, las grasas y aceites y las sustancias activas al azul de metileno.

Muestra Compuesta.

Es el volumen de agua resultante de la operación de mezclado de un determinado número de muestras simples en forma proporcional al flujo de agua presentando por el sitio o punto en el momento de su obtención.

Con el resultado de análisis de muestra compuesta se obtiene la representatividad de las concentraciones en un período de tiempo definido que es el considerado en el tiempo que opera el proceso operador del efluente.

Luego de obtener las muestras en forma indicada se preservan en la forma como se presenta en la tabla 1.

Las muestras obtenidas en cada envase etiquetado con los datos de identificación, son introducidas en hieleras cubiertos los recipientes con hielo para su transportación al laboratorio, con una temperatura promedio entre los 4 y 10°C.

Las muestras son enviadas al laboratorio junto con sus respectivas cadenas de custodia, en las que se anotan la información para su identificación:

- ◆ Nombre de la empresa
- ◆ Nombre de la persona que realizó el muestreo
- ◆ Número de muestra
- ◆ Fecha
- ◆ Hora
- ◆ Tipo de muestreo
- ◆ Identificación de la muestra
- ◆ Forma de preservación
- ◆ Nombre y firma de la persona que envía las muestras
- ◆ Nombre y firma de la persona que recibe las muestras

TABLA 1			
PRESERVACION DE LAS MUESTRAS PARA SU TRANSPORTACION			
PARÁMETRO	VOL, REQUERIDO (l)	MATERIAL DEL ENVASE	PROCEDIMIENTO DE PRESERVACION
Coliformes Fecales	0.250	Bolsa estéril	Refrigeración a 4°C
Grasas y Aceites	1	Vidrio	Adición de HCl a pH < 2
Sustancias Activas al Azul de Metileno	1	Vidrio	Refrigeración de 4 a 10°C en la oscuridad
Demanda Bioquímica de Oxígeno Sólidos Suspendedos Totales Nitratos Fósforo Total	1	Plástico	Refrigeración de 4 a 10°C en la oscuridad
Demanda Química de Oxígeno Nitrógeno Total	1	Plástico	Adición de H ₂ SO ₄ a pH < 2 y refrigeración de 4 a 10°C en la oscuridad
Cianuros	1	Plástico	Adición de NaOH a pH < 12 y refrigeración de 4 a 10°C en la oscuridad
Metales pesados (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn.)	1	Plástico	Adición de HNO ₃ a pH < 2

ANEXO III
CRITERIOS INDICADORES DE LA
CONTAMINACIÓN EN LOS SUELOS
Y EL AGUA SUBTERRÁNEA EN
QUÉBEC

Criterios Indicadores de la Contaminación en los Suelos y el Agua Subterránea en Québec

Los siguientes criterios fueron adoptados por el Ministerio del ambiente de Québec para las aguas subterráneas de los sitios contaminados con productos derivados del petróleo:

Parámetro	Criterio para suelo (mg/kg)			Criterios para agua subterránea (mg/l)		
	A	B	C	A	B	C
Aceites y grasa	<0.1	1	5	<0.1	1	5
Minerales						
TPH			1			
Benceno						0.005
Etilbenceno						0.15
Tolueno						0.1
Xileno						0.08
Total de HAP	0.001	0.02	0.2	0.0002	0.01	0.05

A: Uso de suelo agrícola

B: Uso de suelo residencial

C: Uso de suelo comercial industrial

Nota.- La ausencia de datos sobre parámetros y sustancias para ciertos usos, obedece a que el nivel correspondiente no ha sido determinado.