



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN  
INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA

**MEDICIÓN Y CONTROL TELEMÉTRICO DE  
APROVECHAMIENTOS DE AGUAS NACIONALES Y  
DESCARGAS RESIDUALES.**

**T E S I S**

Que para optar por el grado de:

**Maestro en ingeniería**

Ingeniería de Sistemas – Gestión Integral del Agua.

P r e s e n t a :

**ROSA ELIDA RIVERA NAJERA**

Tutor:

**ALFONSO OLÁIZ Y PÉREZ**

Año 2012





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: M.C. Hidalgo Toledo Arturo.

Secretario: M.I. González Verdugo José A.

Vocal: M. en C. Oláiz y Pérez Alfonso.

1<sup>er</sup>. Suplente: M. T. E. Romero Castro Antonio.

2<sup>do</sup>. Suplente: M.C. García Rojas Juan Leodegario.

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

UNAM CAMPUS MORELOS, INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL  
AGUA (IMTA).

TUTOR DE TESIS:

**ALFONSO OLÁIZ Y PÉREZ**

---

FIRMA

# INDICE

Pág.

LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABLAS.....	iv
LISTA DE GRAFICAS.....	v
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
OBJETIVO.....	5
HIPOTESIS.....	5
METODOLOGÍA.....	6

## CAPITULO 1

### ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA (BASE Y LINEAMIENTOS).

1.1.- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS (CPEUM).....	7
1.2.- LEY DE AGUAS NACIONALES (LAN).....	7
1.3.- LEY FEDERAL DE DERECHOS (LFD).....	8

## CAPITULO 2

### PROCEDIMIENTOS ACTUALMENTE USADOS PARA DETERMINAR LA *CANTIDAD Y CALIDAD* DEL AGUA.

2.1 MEDIDORES.....	9
2.1.1 Clasificación de medidores.....	9
2.2 INSPECCIÓN A CONCESIONARIOS Y ASIGNATARIOS DE AGUA NACIONAL (CONAGUA).....	14
2.2.1 Requisitos y conocimientos para el inspector.....	14
2.2.2 Paso 1, Revisión de la documentación existente y preparativos.....	15
2.2.3 Paso 2, Acopio de información general y en su caso recorrido por el aprovechamiento o descarga.....	16
2.2.4 Paso 3, Revisión física de los equipos de medición instalados.....	17
2.2.5 Paso 4, Análisis de información de registros históricos elaborados por el concesionario.....	19
2.2.6 Paso 5, Aforo comparativo para verificación de registros.....	20
2.2.7 Paso 6, Elaboración del acta de visita.....	21
2.2.8 Realización del dictamen técnico administrativo.....	22
2.3 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA (CONAGUA).....	25
2.3.1. - Características del agua residual.....	25
2.3.2.-Importancia de la cuantificación de contaminantes y medición de caudales en las descargas de agua residual.....	26
2.3.3. Requisitos para un muestreo confiable.....	29

### **CAPITULO 3.**

#### **MÉTODO ALTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (TÉCNICA BIOSENSOR).**

<b>3.1.- DBO<sub>5</sub> (TÉCNICA TRADICIONAL).....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.-DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA BIOSENSOR.....</b>	<b>36</b>
3.2.1.-Generalidades.....	36
3.2.2.-Objetivo y campo de aplicación.....	37
3.2.3.-Principio de la técnica.....	37
3.2.4.-Procedimiento de construcción del Biosensor.....	38
3.2.5.-Resultados.....	44
3.2.6.-Conclusiones.....	47

### **CAPITULO 4.**

#### **TELEMETRÍA APLICADA A LA HIDROLOGÍA.**

<b>4.1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2.- DEFINICIÓN DE HIDROLOGÍA.....</b>	<b>49</b>
<b>4.3.- HIDROLOGÍA EN TIEMPO REAL.....</b>	<b>49</b>
<b>4.4.- CONCEPTO Y FINALIDAD DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA.....</b>	<b>50</b>
<b>4.5.- PRINCIPALES COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA.....</b>	<b>50</b>
4.5.1.- Definición de Sensor.....	51
4.5.1.1.- Sensores que miden cantidad y calidad del agua.....	52
4.5.2.-Codificadores o controladores de la información medida y transmisor de datos.....	53
4.5.3.- Medios de comunicación.....	54
4.5.4.- Equipo receptor.....	56
<b>4.6.- CASO PRÁCTICO.....</b>	<b>56</b>
4.6.1.-Parámetros a medir y selección de sensores.....	56
4.6.2.-Terminal controladora de nodos.....	56
4.6.3.-Medio de energía para el sistema de telemetría.....	56
4.6.4.-Sistema de adquisición de datos inalámbrica.....	56
4.6.5.-Hardware y software para el procesamiento, manipulación y registro de datos.....	56
4.6.6.-Instalación.....	58
4.6.7.- Costos de una estación de monitoreo de calidad del agua por telemetría.....	59
<b>4.7.- BENEFICIOS DE INSTALAR SISTEMAS DE TELEMETRÍA.....</b>	<b>60</b>
<b>4.8.- PROVEEDORES DE APARATOS Y SISTEMAS DE TELEMETRÍA EN MÉXICO Y EL MUNDO.....</b>	<b>60</b>
<b>4.9.- SISTEMAS EN LOS CUALES LA TELEMETRÍA PUEDE SER IMPLEMENTADA PARA DETERMINAR CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA.....</b>	<b>60</b>
<b>5.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>6.- RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>7.- BIBLIOGRAFÍA Y BIBLIOGRAFÍA WEB.....</b>	<b>63</b>
<b>8.- ANEXOS.....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo A.....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo B.....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo C.....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo D.....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE FIGURAS.

- Figura 1.** Diagrama de la metodología seguida para desarrollar el presente trabajo. Pág.6
- Figura 2.1.1.** Clasificación de medidores para agua. (Ochoa, 2007). Pág.9
- Figura 2.2.1** La ficha técnica previa a la inspección permitirá planear mejor la visita al sitio, (Ochoa, 207). Pág.15
- Figura 2.2.2** Es necesario disponer de hojas suficientes del formato para Llevar a cabo la inspección de concesionarios de agua, (Ochoa, 2007). Pág.17
- Figura 2.2.3** Un croquis es muy útil para ubicar el medidor en una captación, (Ochoa, 2007). Pág.18
- Figura 2.2.4.** Esquema del sistema de extracción o descarga de un aprovechamiento hidráulico, en el acta de visita facilita la cuantificación de agua en una concesión. Pág.19
- Figura 2.3.1.** Formatos Plan de muestreo. Pág.31
- Figura 2.3.2.** Formatos lista de verificación de materiales, reactivo y equipo para el muestreo. Pág.31
- Figura 2.3.3.** Formato cadena de custodia de campo. Pág.32
- Figura 2.3.4.** Formato de registro de campo para tomas de muestras en visitas de inspección y/o verificación. Pág.32
- Figura 2.3.5.** Formato cadena de custodia de entrega y recepción de muestras. Pág.33
- Figura 2.3.6.** Etiqueta adhesiva para frascos o bolsas de muestreo. Pág.33
- Figura 2.3.7.** Cinta adhesiva para sellar los frascos. Pág.34
- Figura 2.3.8.** Etiquetas adhesivas para sellar las hieleras. Pág.34
- Figura 3.1.** Lodo residual, planta de tratamiento. Pág.38
- Figura 3.2.** Vaso de precipitado con dilución. Pág.38
- Figura 3.3.** Procedimiento y técnica de siembra de bacterias. Pág.38
- Figura 3.4.** Horno. Pág.38
- Figura 3.5.** Población bacteriana crecida. Pág.39
- Figura 3.6.** Proceso de armado del Biosensor. Pág.39
- Figura 3.7.** Proceso de caracterización del biosensor y obtención de los datos para generar las curvas de respuesta y la curva de calibración. Pág.40
- Figura.4.1.** Principales componentes de un sistema de telemetría. Pág.50
- Figura. 4.2.** Sensor para medir pH, conductividad y oxígeno disuelto, transmite datos por medio de ondas de radio (Bluetooth). Pág.51
- Figura 4.3.** La figura presenta cinco formas de transferencia de datos (medios de comunicación o transmisión) desde un sitio remoto a una oficina central (Dorsey, 2007). Pág.55
- Figura.4.4.** Sistema de telemetría en una planta de tratamiento de agua residual. Pág.57
- Figura. 4.5.** Ejemplos de instalación de aparos de telemetría. Pág.58

## LISTA DE TABLAS.

- Tabla 2.1.1.** Clasificación de medidores para agua. (Ochoa, 2007), Pág.10
- Tabla 2.2.1.** Ordenar los datos de los medidores por captación da una idea más clara del estado general de estos aparatos en el aprovechamiento hidráulico. (Ochoa, 2007). Pág. 19
- Tabla.- 2.2.2.** Es necesario ordenar los volúmenes por mes y por captación para obtener el total de agua extraída, (Ochoa, 2007). Pág. 24
- Tabla 2.3.1.** Límites Máximos Permisibles para Contaminantes Básicos de acuerdo a LA NOM-001-SEMARNAT-1996. Pág. 28
- Tabla 2.3.2.** Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros de acuerdo a la nom-001-semarnat-1996. Pág. 29
- Tabla 2.3.3.** Resumen de parámetros a muestrear en agua residual y sus características en toma de muestras y preservación para la NOM-001-SEMARNAT-1996. Pág.30
- Tabla 3.1.** Características sobresalientes que presentan los biosensores. Pág.36
- Tabla 3.2.** Lecturas del consumo de oxígeno disuelto con el biosensor, concentración de la dilución 360 mg/L. Pág. 41
- Tabla 3.3.** Lecturas del consumo de oxígeno disuelto con el biosensor, concentración de la dilución 180 mg/L. Pág. 42
- Tabla 3.4.** Lecturas del consumo de oxígeno disuelto con el biosensor, concentración de la dilución 90 mg/L. Pág.43
- Tabla 3.5.** Estimación de la DBO (ppm) de agua residual con la Prueba convencional y el Biosensor. Pág. 46
- Tabla 4.1** Sensores para medir cantidad y calidad del agua. Pág.52
- Tabla 4.2.** Controladores para sensores (Terminal controladora de nodos). Pág. 53
- Tabla 4.3.** Comparación de las ventajas y desventajas de los sistemas de transmisión de datos por telemetría (Dorsey, 2007). Pág.55
- Tabla 4.4.** Presupuesto de un sistema de telemetría. Pág. 59

## LISTA DE GRAFICAS.

- Grafica 3.1.** Curva de respuesta que muestra el consumo de oxígeno disuelto y al mismo tiempo la oxidación de la materia orgánica (concentración de la *dilución 360mg/L* de glucosa/ácido glutámico), por una población heterogénea de bacterias, a través del tiempo. Pág.44
- Grafica 3.2.** Curva de respuesta que muestra el consumo de oxígeno disuelto y al mismo tiempo la oxidación de la materia orgánica (concentración de la *dilución 180mg/L* de glucosa/ácido glutámico), por una población heterogénea de bacterias, a través del tiempo. Pág.45
- Grafica 3.3.** Curva de respuesta que muestra el consumo de oxígeno disuelto y al mismo tiempo la oxidación de la materia orgánica (concentración de la *dilución 90mg/L* de glucosa/ácido glutámico), por una población heterogénea de bacterias, a través del tiempo. Pág.45
- Grafica 3.4.** Curva de calibración que muestra la variación de oxígeno disuelto ( $\Delta=0.15, 0.21$  y  $0.24$ ) de acuerdo a la materia orgánica oxidada o consumida en diferentes concentraciones 360mg/L, 180mg/L y 90mg/L de glucosa/ácido glutámico. Pág.46
- Grafica 3.5.** DBO<sub>5</sub> VS Biosensor. Pág.47

## RESUMEN.

El agua, es esencial para la supervivencia de todas las formas de vida conocidas.

La Ley de Aguas Nacionales establece que el agua es un “bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental” y que la responsabilidad de su preservación en cantidad, calidad y sustentabilidad recae tanto en el Estado como en la Sociedad. Reconoce además que es un asunto de prioridad y seguridad nacional, y que los servicios ambientales que proporciona el agua deben cuantificarse y pagarse en los términos que establece la Ley Federal de Derechos. Por ello actualmente el gobierno ha puesto mayor interés e inversión de capital para poner en práctica, la supervisión y regulación del recurso hídrico en el país, ya que cada vez hay más presión sobre este.

En nuestros días, la supervisión a concesionarios y asignatarios, que usan bienes del dominio público nacional, como extracción y uso de cuerpos receptores, las mediciones se hacen de forma manual y eventualmente por técnicos o por los usuarios en situaciones de emergencia. Debido a estos y que las labores de planeación y desarrollo requieren de información confiable y oportuna, se derivan nuevos métodos y sistemas para obtener información, en este caso se presenta un método alternativo llamado técnica biosensor que mejora el tiempo de análisis de la prueba convencional por incubación de 5 días, a 15-20 minutos, y por otra parte los sistemas de telemetría que están tomando mucho auge, por que ya existen equipos comercialmente disponibles que incluyen:

- Estaciones de sensores para la medición de distintos parámetros de calidad y cantidad del agua como: temperatura, pH, DBO, DQO, SST, fosforo, nitrógeno, metales, cianuros, caudal, entre otros, con multitareas para el análisis del agua y envío de alarmas.
- Seguimiento de la información desde casi cualquier parte del mundo.
- Enlace a una página web.
- Encriptación de datos para asegurar resultados de calidad del agua, que son transmitidos por las ondas.

Los resultados del presente trabajo representan un esfuerzo tendiente a solucionar algunos de los retrasos que existen en los sistemas de monitoreo de cantidad y calidad del agua.

## **ABSTRACT**

Water is essential for the survival of all known life forms.

The National Water Act states that water is a "federal public good, vital, vulnerable and finite, with social, economic and environmental" and that the responsibility of preserving it in quantity, quality and sustainability lies both in the State Society as. It also recognizes that it is a matter of priority and national security, and environmental services provided by the water must be measured and paid under the terms established by Federal Law. So now the government has increased interest and capital investment for implementing, monitoring and regulation of water resources in the country, as there is increasing pressure on this.

Today, the licensees and assigns supervision, using national public property, such as extraction and use of receiving bodies, measurements are made manually and eventually technicians or for users in emergency situations. Because of these and that the work of planning and development require reliable and timely information, derive new methods and systems for information, in this case presents an alternative method called biosensor technique that improves the analysis time of conventional test 5 days incubation, 15-20 minutes, and on the other telemetry systems are taking a long boom for existing commercially available equipment include:

- Stations of sensors for measuring various parameters of quality and quantity of water as temperature, pH, BOD, COD, TSS, phosphorus, nitrogen, metals, cyanides, flow, among others, multitask for the analysis of water and sent alarms.
- Tracking data from virtually anywhere in the world.
- Link to a website.
- Data encryption to ensure water quality results, which are transmitted over the airwaves.

The results of this study represent an effort to solve some of the delays on systems monitoring water quantity and quality.

## INTRODUCCIÓN.

Para controlar la extracción y descarga de agua, que son base para el **pago de derechos de la misma**, y que actualmente las labores de planeación y desarrollo tecnológico requieren información confiable y oportuna de variables importantes del comportamiento de acuíferos, presas y del aprovechamiento del agua de grandes usuarios (concesión y asignación) a través de la CONAGUA. Hasta hoy día las mediciones y registros primarios se hacen de forma manual y eventualmente, directamente por técnicos, por los usuarios o en situaciones de emergencia. Por estas razones debe buscarse el desarrollo de sistemas de obtención y procesamiento de cantidades masivas de datos, con el fin de cuantificar la calidad y extracción de los recursos hídricos de forma continua y confiable.

En México, la administración y preservación del recurso hídrico es una tarea compleja que requiere el trabajo conjunto de diversas dependencias federales, estatales, municipales y de la sociedad en general. Para lograrlo, es de relevancia que cuenten con información confiable, actualizada y oportuna acerca de todos los aspectos relacionados con la gestión del agua, desde las variables relativas a los componentes del ciclo hidrológico, hasta los aspectos socioeconómicos que impactan en el uso del recurso. Uno de los objetivos del Programa Nacional Hídrico 2007-2012 consiste en mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico. Una de las estrategias para lograrlo es a través del sistema de información estratégica e indicadores del sector hidráulico, para lo que se plantea la meta de diseñar e implantar al 100% el SINA (Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua) en el 2012 (México D.F. Estadísticas del Agua en México, 2008).

En el presente trabajo de investigación se desarrollan cuatro capítulos, el primer capítulo trata de los lineamientos jurídicos de mayor importancia para la regulación del recurso hídrico en el país. En el capítulo dos se hace una descripción de los procesos que utiliza la CONAGUA para determinar cantidad y calidad del agua, con el objeto de hacer una revisión del proceso, para conocer lo que se quiere mejorar. En el capítulo tres se muestra un método alternativo para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, llamado técnica Biosensor, con el objeto de mejorar algunos de los retrasos que existen en esta prueba para determinar la calidad del aguas residuales. En lo que respecta al capítulo cuatro se muestran los avances en materia de telemetría que permiten monitorear en tiempo real y de forma automática la cantidad y calidad del agua mismos que se utilizan en empresas y gobierno en varias partes del mundo, propuesta que se sustenta por considerarla eficaz en los procesos para determinar cantidad y calidad del agua.

## **ANTECEDENTES.**

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. Fue desarrollada en 1915, a mediados de la primera guerra mundial, por el alemán Khris Osterhein y el italiano Franchesco Di Buonanno para medir a qué distancia se encontraban objetivos de artillería.

La palabra telemetría procede de las palabras griegas τῆλε (tele), que quiere decir a distancia, y la palabra μετρον (metrón), que quiere decir medida.

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera). Los sistemas de telemetría reciben las instrucciones y los datos necesarios para operar mediante el Centro de Control.

La telemetría se utiliza en grandes sistemas, tales como plantas tratadoras de agua residual, redes de suministro de agua potable, gas, electricidad, naves espaciales, plantas químicas, entre otras empresas de provisión de servicios públicos, debido a que facilita la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de alertas o alarmas al centro de control, con el fin de que el funcionamiento sea seguro y eficiente. Por ejemplo, las agencias espaciales como la NASA, la Q.K, la ESA y otras, utilizan sistemas de telemetría y de telecontrol para operar con naves espaciales y satélites. En la exploración científica con naves tripuladas o no (submarinos, aviones de reconocimiento y satélites), diversos tipos de competencias (por ejemplo, Fórmula 1 y Moto GP), o la operación de modelos matemáticos destinados a dar sustento a la operación de embalses. En las fábricas, oficinas y residencias, el monitoreo del uso de energía de cada sección o equipo y los fenómenos derivados (como la temperatura) en un punto de control por telemetría facilita la coordinación para un uso más eficiente de la energía, como el caso de Japón (<http://es.wikipedia.org>, 2011).

## **JUSTIFICACION.**

Todos sabemos que el agua es un elemento y una de las necesidades más importantes para los seres humanos; sin embargo, continuamos contaminándola y desperdiciándola, a veces sin ningún tipo de *control*. Por ello es necesario trabajar en la investigación y desarrollar nuevos métodos que permitan oportunamente la toma de decisiones para controlar la cantidad y calidad del agua de forma continua y confiable, para lograr el mejoramiento de la salud, el bienestar social, y los servicios prestados, así como contribuir a conseguir la gestión integrada de los recursos hídricos, por medio del pago de los derechos del agua y alcanzar su desarrollo integral sustentable.

## **OBJETIVO.**

Conocer los **avances** en materia de **telemetría**, que permita monitorear en tiempo real y de forma automática, las aguas nacionales, para regular la explotación, uso, aprovechamiento, y/o descargas de agua residual, su distribución y control, para la preservación de su **cantidad** y **calidad**, así como el pago de derechos del agua para lograr su desarrollo integral sustentable.

## **HIPOTESIS.**

La telemetría es una herramienta que puede ser implementada en sistemas de hidrología para determinar cantidad y calidad del agua.

## METODOLOGÍA.

La metodología que se utilizo es la siguiente:

- 1).- Investigación documental de los lineamientos jurídicos de mayor importancia para la **regulación del recurso hídrico en el país**, ya que esta es la raíz constitucional que sustenta y da origen a la ley aplicable en esta materia.
- 2).- Descripción de los sistemas actualmente usados por la CONAGUA para la inspección a personas físicas o morales que usen, exploten, aprovechen o descarguen aguas residuales en bienes del dominio público nacional, esto es con el objeto de mostrar la **necesidad de un cambio (reingeniería)** en los sistemas actualmente usados en la regulación del recurso hídrico.
- 3).- Experimentación de un **método alterno** que permite determinar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), denominado técnica Biosensor.
- 4).- Investigación documental para la identificación y selección de los equipos de telemetría que permita medir de forma continua y confiable la cantidad y calidad del agua, (estado del arte).
- 5).- Conclusiones.
- 6).- Recomendaciones.
- 7).- Bibliografía y bibliografía web.

A continuación se presenta el diagrama (figura 1) de la metodología seguida para el desarrollo del presente trabajo.

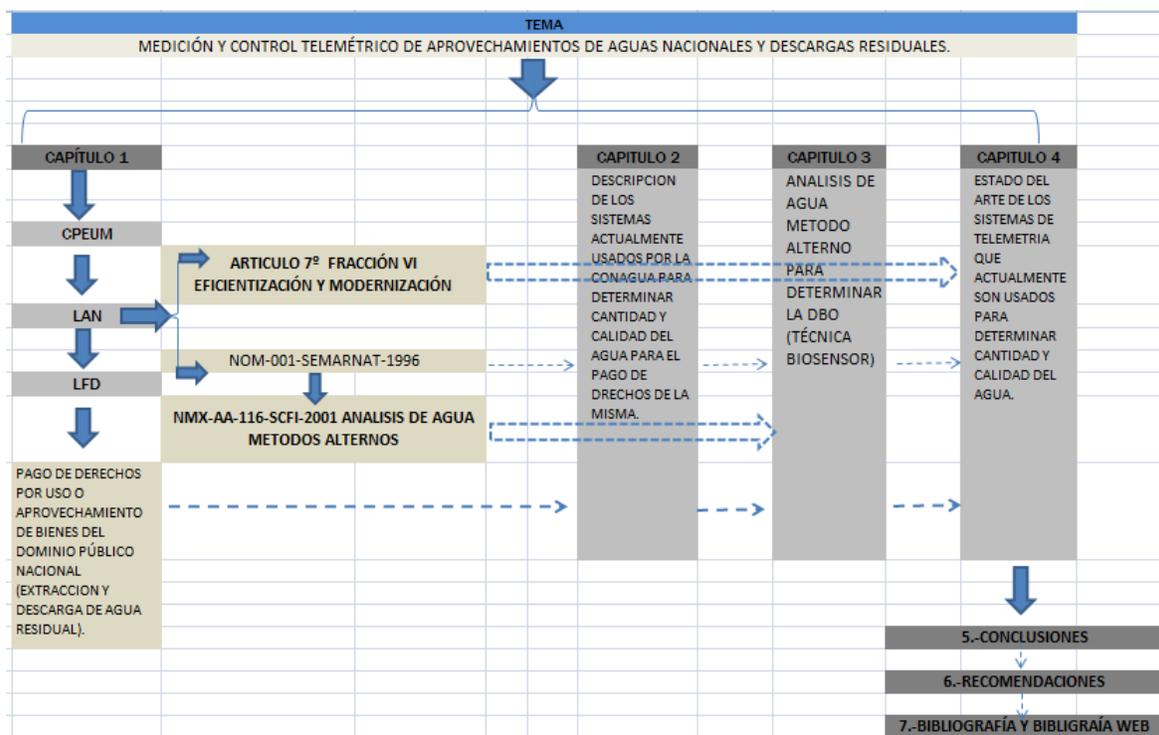


Figura 1. Diagrama de la metodología seguida para desarrollar el presente trabajo.

## **CAPITULO 1.**

### **ASPECTOS GENERALES DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA (BASE Y LINEAMIENTOS).**

A continuación se señalan los lineamientos jurídicos de mayor importancia para la regulación del recurso hídrico en el país ya que esta es la raíz constitucional que sustenta y da origen a la ley aplicable en esta materia: La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), La Ley de Aguas Nacionales (LAN) y la Ley Federal de Derechos (LFD). Cabe mencionar que existe una gran cantidad de textos reglamentarios en materia de agua, incluyendo tratados internacionales.

#### **1.1.-CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS (CPEUM).**

El artículo 27 de la Constitución Mexicana señala claramente que las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación. En el párrafo quinto enumera las aguas que deben entenderse como aguas nacionales (mares territoriales, lagunas, lagos, ríos y sus afluentes, etc). Este artículo es relevante pues establece que, el Estado es el propietario original de las aguas nacionales. Posteriormente, el mismo artículo hace referencia a la facultad que tiene el estado de transferir el dominio sobre este bien público a los particulares, constituyendo así la propiedad privada. El párrafo sexto especifica que el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por particulares o sociedades constituidas legalmente, sólo podrá realizarse mediante concesiones o asignaciones otorgadas por el Ejecutivo Federal. La constitución también señala el derecho del Estado para imponer las modalidades a la propiedad privada que dicte el interés público (párrafo tercero) y **de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana**, Así mismo en forma amplia podemos referirnos al art. 31 fracción IV, donde hace mención sobre las obligaciones de los mexicanos a contribuir para los gastos públicos, así de la federación, como del distrito federal o del estado y municipio en que residan, de la manera proporcional y equitativa que dispongan las leyes. *(México, D.F., Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos).*

#### **1.2.- LEY DE AGUAS NACIONALES (LAN).**

La Ley de Aguas Nacionales (LAN), es una ley reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales, es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable (Artículo 1º). **Por lo que declara de utilidad pública la instalación de los dispositivos necesarios para la medición de la cantidad y calidad de las aguas nacionales** y en general para la

medición del ciclo hidrológico (Artículo 7, párrafo tercero), además de la **eficientización y modernización** de los servicios de agua domésticos y públicos urbanos, para contribuir al mejoramiento de la salud y bienestar social, para mejorar la calidad y oportunidad en el servicio prestado, así como para contribuir a alcanzar la gestión integrada de los recursos hídricos (Artículo 7, párrafo sexto), y **El mejoramiento de la calidad de las aguas residuales, la prevención y control de su contaminación, la recirculación y el reúso de dichas aguas**, así como la construcción y operación de obras de prevención, control y mitigación de la contaminación del agua, incluyendo plantas de tratamiento de aguas residuales (Artículo 7, párrafo séptimo).

Instituye a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como la autoridad administrativa en materia de aguas nacionales (Artículo 9). Entre sus principales atribuciones está la formulación de la política hídrica nacional y su seguimiento. También está encargada de vigilar el cumplimiento y aplicación de la Ley en la materia, de expedir títulos de concesión, asignación o permiso de descarga y llevar el Registro Público de Derechos de Agua. También tiene como mandato el apoyar y acreditar la participación y organización de los usuarios para mejorar la **gestión del agua**.

**La LAN establece que el agua es un “bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental” y que la responsabilidad de su preservación en cantidad, calidad y sustentabilidad recae tanto en el Estado como en la Sociedad. Reconoce además que es un asunto de prioridad y seguridad nacional** (artículo 14 BIS 5, párrafo primero), y que los servicios ambientales que proporciona el agua **deben cuantificarse y pagarse en los términos que establece la Ley Federal de Derechos**, (artículo 14 BIS 5, párrafo onceavo) (*México, D.F., Ley de Aguas Nacionales, 2008*).

### **1.3.- LEY FEDERAL DE DERECHOS (LFD).**

La ley Federal de Derechos en materia de agua, establece que se **pagaran los derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público nacional**, las personas físicas y las morales que usen, exploten o aprovechen aguas nacionales, bien sea de hecho o al amparo de títulos de asignación, concesión, autorización o permiso, otorgados por el Gobierno Federal, de acuerdo con la zona de disponibilidad de agua en que se efectúe su extracción (artículo 222). Así como también están obligados a pagar el derecho por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación **como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales**, las personas físicas o morales que descarguen en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como los que descarguen aguas residuales en los suelos o las infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos, en términos de lo dispuesto en esta Ley. (Artículo 276). (*México, D.F., Ley Federal de Derechos, 2010*).

## CAPITULO 2

### PROCEDIMIENTOS ACTUALMENTE USADOS PARA DETERMINAR LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA.

En la actualidad la presión sobre los recursos hídricos y los retrasos en los procesos actualmente usados por la CONAGUA, en las actividades de verificación de volúmenes consumidos o descargados, así como el procedimiento de muestreo de calidad del agua a cuerpos receptores propiedad de la nación, hacen difícil de alcanzar la gestión integral del agua, es por ello que el objeto principal de este capítulo es hacer una revisión fundamental de los procesos, para poder rediseñar los procesos (reingeniería) que permitan hacer las mejoras y cambios, para lograr la gestión integral de los recursos hídricos en el país.

#### 2.1.- MEDIDORES.

La Medición de agua es totalmente dependiente de la [hidrometría](#), y se divide en dos grupos, [Micromedidores](#), y [Macromedidores](#). ([http://es.wikipedia.org/wiki/Medidor\\_de\\_agua](http://es.wikipedia.org/wiki/Medidor_de_agua)).

A continuación conoceremos los distintos tipos de medidores de agua que podemos encontrar en los diferentes puntos de aprovechamientos de agua nacional por concesionarios y asignatarios.

#### 2.1.1.- Clasificación de medidores.

Existe una gran variedad de medidores para agua y se distinguen por sus especificaciones de dimensión, de operación hidráulica, de exactitud en la medición y de resistencia al desgaste una posibilidad es agruparlos por el tipo de funcionamiento, como se muestra en el esquema y tabla siguiente, (Figura 2.1.1 y Tabla 2.1.1).



Figura 2.1.1. Clasificación de medidores para agua (Ochoa, 2007).

**Tabla 2.1.1.** Clasificación de medidores para agua (Ochoa, 2007).

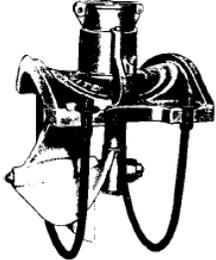
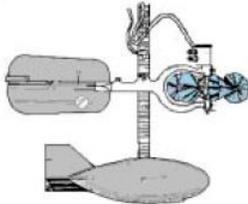
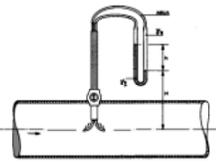
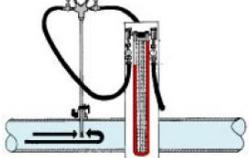
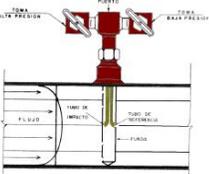
TIPO DE MEDIDOR	CARACTERÍSTICAS	MODELO DEL MEDIDOR	FIGURA
<p><b>Medidores de velocidad</b></p>	<p>Están constituidos de una turbina o hélice, que gira con el empuje del flujo de agua; el número de vueltas indica la velocidad del agua. Normalmente, se requiere insertar en el conducto, o en el caso del molinete una estructura colocada transversalmente a la corriente de agua.</p>	<p><b>Hélice o propela</b></p>	
		<p><b>Turbina.</b></p>	
		<p><b>Molinete.</b></p>	
<p><b>Medidores de carga de velocidad</b></p>	<p>Están conformados por tubos de una a 2 pulgadas de diámetro que se insertan contra el flujo. A este grupo pertenecen básicamente los tubos Pitot. La instalación es sencilla, puesto que se tiene que perforar con una broca, colocar una válvula de inserción que se puede abrir y cerrar en cualquier momento; con una maquina insercionadora muller se puede instalar aun con el conducto en operación. Si el tubo pitot se coloca en un conducto a superficie libre, entonces se requiere de una estructura sujetadora.</p>	<p><b>Pitot Cole</b></p>	
		<p><b>Pitot Simplex</b></p>	
		<p><b>Pitot modificado</b></p>	

Tabla 2.1.1. Clasificación de medidores para agua (Ochoa, 2007) Continuación.

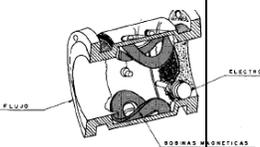
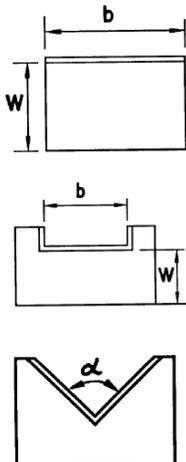
TIPO DE MEDIDOR	CARACTERÍSTICAS	MODELO DEL MEDIDOR	FIGURA
<p><b>Medidores ultrasónicos</b></p>	<p>Se componen de sensores que envían y reciben señales de sonido de alta frecuencia, diagonalmente al flujo de agua, para medir su velocidad. Existen medidores cuyo principio es el tiempo de travesía y aquellos que se basan en el efecto doppler, generalmente son equipos de alto costo, pero tienen muy buena exactitud y gran flexibilidad de instalación.</p>	<p><b>Ultrasónico tiempo en tránsito.</b></p>	
		<p><b>Ultrasónico efecto doppler.</b></p>	
<p><b>Medidores electromagnéticos</b></p>	<p>Constan de dos bobinas colocada una a cada lado del cuerpo del aparato, que son excitadas por una corriente alterna, con lo que se produce un campo magnético uniforme a través de la parte interna del tubo, conforme pasa el flujo de agua por dicho campo magnético, se genera una inducción de voltaje que es percibida por dos electrodos diametralmente opuestos. El cambio de voltaje se relaciona con la velocidad del escurrimiento. El medidor es de acero inoxidable o aluminio, recubierto e neopreno, plástico o cerámica. Prácticamente no provoca pérdida de carga piezométrica, tiene mucha exactitud, pero alto costo de adquisición.</p>	<p><b>Electromagnético.</b></p>	
<p><b>Vertedores</b></p>	<p>Son dispositivos usados para medir caudales en canales, consta de una sección transversal de geometría definida, por la que escurre el líquido, manteniéndose la superficie libre del agua, el borde por el que fluye el agua se llama "cresta". Existe una gran variedad de formas geométricas de vertedores como el triangular, rectangular, trapezoidal (cipolletti). Los materiales utilizados en su construcción son generalmente placas de metal, madera, plástico y fibra de vidrio, en ocasiones el vertedor esta hecho de concreto o mampostería.</p>	<p><b>Vertedores</b></p>	

Tabla 2.1.1. Clasificación de medidores para agua, (Ochoa, 2007) Continuación.

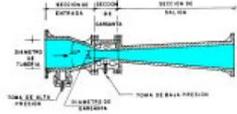
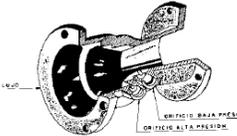
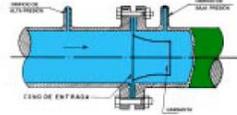
TIPO DE MEDIDOR	CARACTERÍSTICAS	MODELO DEL MEDIDOR	FIGURA
<b>Medidor de presión diferencial</b>	También llamados Deprimógenos, estos aparatos se utilizan en tuberías, consisten de un elemento que estrangula al flujo y crea un cambio en la carga piezométrica, que casi siempre se traduce en una pérdida de energía, dentro de este grupo de medidores se encuentran los Venturi, Tubo Dall, Tobera y Placa Orificio, su costo de instalación es alto, comparado con el Pitot, sin embargo sus rangos de exactitud son buenos y son muy duraderos.	<b>Tubo Venturi</b>	
		<b>Tubo Dall</b>	
		<b>Tobera</b>	
		<b>Placa Orificio</b>	

Tabla 2.1.1. Clasificación de medidores para agua, (Ochoa, 2007) Continuación.

TIPO DE MEDIDOR	CARACTERÍSTICAS	MODELO DEL MEDIDOR	FIGURA
<p><b>Canal Parshall</b></p>	<p>Consiste de una contracción lateral en un canal a superficie libre. La contracción se forma elevando la plantilla y estrechando la sección transversal, está compuesto por tres partes: a) entrada, b) garganta, y c) salida. Tiene dos tanques de reposo que sirven para medir la carga piezométrica. En particular, esta estructura aforadora puede manejar agua con sólidos en suspensión, casi no genera pérdida de energía, su diseño y construcción son sencillos y económicos, pero su uso se restringe a estructura tipo estandarizadas, pues de lo contrario debe recurrirse a laboratorio para calibrarlos.</p>	<p><b>Canal Parshall</b></p>	
<p><b>Aforador de garganta larga</b></p>	<p>Es una estructura rígida muy similar al Parshall, pero en este caso se contrae el canal para generar condiciones de flujo en régimen crítico en su garganta. Las secciones transversales del aforador en todo su desarrollo es trapezoidal, lo cual lo hace práctico en canales con igual sección. Además la garganta puede diseñarse de tal manera que siempre es factible medir con gran exactitud cualquier rango de caudal previsto en el proyecto.</p>	<p><b>Aforador de garganta larga</b></p>	

## **2.2.- INSPECCIÓN A CONCESIONARIOS Y ASIGNATARIOS DE AGUA NACIONAL (CONAGUA).**

Una de las tareas importantes que realiza un técnico inspector de la Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, es la de verificar los volúmenes consumidos o descargados por los diversos concesionarios o asignatarios de los aprovechamientos hidráulicos en la nación.

La inspección de concesionarios y asignatarios del agua nacional se realiza visitando el sitio de explotación o descarga en cuestión. Esta inspección se lleva a cabo mediante las actividades siguientes:

- 1) Revisión de la documentación.
- 2) Acopio de la información general y en su caso, recorrido por el aprovechamiento o descarga.
- 3) Revisión física de los equipos de medición instalados.
- 4) Análisis de información de registros históricos elaborados por el concesionario.
- 5) Aforo comparativo para verificación de registros.
- 6) Elaboración del acta de visita.

Con la información generada se elabora el **Dictamen técnico** de los resultados de la verificación, donde se señalan los resultados de las cantidades extraídas o descargadas de agua, las especificaciones técnicas de los equipos de medición instalados. La inspección de los aprovechamientos hidráulicos se debe hacer con calidad. Lo cual puede resultar dificultoso de realizar, debido a que engloba una serie de actividades que es necesario ejecutar con orden y cuidado. (Ochoa, 2007).

### **2.2.1.- Requisitos y conocimientos para el inspector.**

Antes de describir cada una de las seis actividades, es conveniente anotar que cualquier trabajador comisionado para visitar sitios donde hay medidores instalados, a fin de inspeccionarlos, debe regirse por algunos estándares de calidad y de competencia laboral. Es decir la persona debe contar con conocimientos, habilidades y actitudes apropiadas a esa labor. Algunas de ellas son:

- a) Personalidad y comportamiento, limpieza y claridad de escritura, puntual, cuidadoso en sus cálculos, disciplinado, respetuoso y atento a cumplir instrucciones.
- b) Conocimientos Institucionales; Estructura básica de la CONAGUA y bases legales elementales relacionadas a la lectura de consumos de agua, así como a la exigencia del buen estado de aparatos e instalaciones accesorias. Especialmente es necesario conocer los procedimientos marcados en el “Manual de Procedimientos de Inspección” vigente y editado por la Subdirección General de Administración del Agua, CONAGUA.
- c) Habilidades y conocimientos rutinarios: identificación visual de tipos de medidores, interpretación de planos, principios de hidráulica, métodos de medición, normas, especificaciones de instalación de medidores, cálculo de consumos, conversión de unidades de flujo, gasto, velocidad y presión, conocimiento sobre tamaños de tubos,

piezas especiales y materiales, algo de electrónica y telemetría. También, es necesario que el inspector sea capaz de capturar y organizar la información, validarla y hacer informes integrados. Es deseable que pueda programar las nuevas visitas y rutas de inspección. (Ochoa, 2007).

### 2.2.2.-Paso 1. Revisión de la documentación existente y preparativos.

El primer paso que se debe hacer cuando se requiere inspeccionar a un concesionario es revisar toda la documentación que se disponga en la oficina, antes de partir hacia la obra hidráulica, se debe comenzar averiguando si existen planos, reportes o dictámenes técnicos previos, o datos del lugar, como por ejemplo ubicación, tipo de aprovechamiento hidráulico, equipo de medición instalado, etc. Es muy recomendable que se haga una ficha resumen (figura 2.2.1) de estos datos, similar a la que se muestra a continuación.

FICHA TECNICA PREVIA A LA INSPECCION DE CONCESIONARIOS DE AGUA.	
FECHA:	<u>25 de marzo del 2011.</u>
NOMBRE DEL USUARIO:	<u>SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CUERNACAVACA (SAPAC).</u>
UBICACIÓN:	<u>Av. Morelos sur no.166, col. Centro, Cuernavaca Morelos, Tel: 01 777362-39-70</u>
TIENE TITULO DE CONCESION O ASIGNACIÓN:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
CLAVES DEL APROVECHAMIENTO:	<u>CCU</u>
EXTRACCION	<input checked="" type="checkbox"/> DESCARGA <input type="checkbox"/>
FLUJO A SUPERFICIE LIBRE	FLUJO A PRESION <input checked="" type="checkbox"/>
TIPO DE CAPTACION:	<u>30 Pozos</u>
EQUIPO DE MEDICION INSTALADO:	<u>placas orificio con registrador digital y con registro grafico.</u>
FECHA ULTIMA DE INSPECCION:	<u>25 de enero 2011.</u>
CONSUMO ANUAL APROXIMADO:	<u>40'500,000 de metros cúbicos.</u>
GASTO DE EXTRACCION APROXIMADO POR POZO:	<u>40 Lt/S.</u>
PRESION DE TRABAJO:	<u>3.8 kg/cm<sup>2</sup> (38 mca.)</u>
TIPO DE MEDIDOR VERIFICADOR A UTILIZAR EN LA INSPECCION:	<u>Tubo Pitot.</u>
Elaboro:	<u>René Juárez S.</u>
Cargo:	<u>Jefe de proyecto.</u>
<i>NOTA: Anexar el último dictamen técnico o reporte de la última visita de inspección.</i>	

**Figura 2.2.1.-** La ficha técnica previa a la inspección permitirá planear mejor la visita al sitio.

También, se debe elaborar una lista de los documentos oficiales, tales como normas, manuales de especificaciones, oficios, etc., y de los equipos, herramientas y materiales que se llevara a la visita de inspección.

Conviene llevar las siguientes herramientas y materiales:

- Juego de llaves y desarmadores.
- Pintura en spray.
- Cinta métrica.
- Lámpara de baterías.
- Guantes y equipo de protección y seguridad personal.
- Formatos, libreta, pluma y lápices de colores o plumones.
- Cronometro.
- Manómetro tipo Bourdon.
- Cinta adhesiva transparente
- Batería, pilas o fuente de poder.

Por supuesto, se debe preparar el equipo portátil de medición que servirá para comprobar la exactitud de los medidores instalados, por ejemplo equipo de pitometría, o ultrasónico, o molinete, o vertedor, o escuadra, etc., según sea el caso. (Ochoa, 2007).

### **2.2.3.- Paso 2. Acopio de información general y en su caso recorrido por el aprovechamiento o descarga.**

Una vez cumplidos los requisitos legales necesarios para iniciar la inspección y estando en el sitio del aprovechamiento, es necesario hacer un reconocimiento físico del sistema hidráulico que se va a inspeccionar.

Enseguida es necesario solicitar información de la obra de extracción o descarga, según sea el caso, por ejemplo planos, croquis y especificaciones de los equipos de medición, registros históricos de gastos y volúmenes de extracción o descarga de agua, concentrados en tablas y los de bitácora. Después de revisar la documentación, se anota en el formato, algunos de los datos que hasta el momento pueda obtener. Este formato (figura 2.2.2) se propone con el fin de que se disponga de una ayuda u orientación y en ningún caso restringe la creatividad y la extensión de la información que se deba anotar.



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

HOJA DE CAMPO DE LECTURA Y VERIFICACION DE MEDIDORES

FECHA

NOMBRE O RAZON SOCIAL

UBICACION  MUNICIPIO

ESTADO

NOMBRE O DENOMINACION DEL APROVECHAMIENTO

**1. Uso del medidor:**

Aguas subterráneas     Aguas superficiales     Aguas residuales

En conducto:    a presión     a gravedad

**2. Características:**

Tipo:    Velocimétrico     Presión diferencial     Deprimógeno

          Vertedor     Canal Parshall     Ultrasonico

          Electromagnético     Otro

Marca:  Modelo  No. de serie

Ø" de medidor o garganta:

Totalizador:    Gráfico     Digital     No. serie:

**3. Estado físico:**

En operación:    sí     no

Sustituido:    sí     fecha (d/m/a)     no

Tiene sellos de CNA: sí     no

**4. Calca del número de serie del medidor (elemento primario):**

**OBSERVACIONES:**

**Figura 2.2.2.-** Es necesario disponer de hojas suficientes del formato para llevar a cabo la inspección de concesionarios de agua, (Ochoa, 2007).

Una vez realizado lo anterior, se inicia el recorrido por las instalaciones de la obra de captación o descarga, junto con un ayudante designado. En este trayecto se debe ir verificando que los componentes del sistema coincidan con los planos, que los equipos de medición sean los que se indican en las especificaciones y sobre todo que el estado físico de la obra esté en buenas condiciones. Anota todos los datos del formato anterior, mismo que será parte integrante del acta de visita. Conviene revisar detalladamente los aparatos medidores y observar si cumplen con los requerimientos de instalación especificados; la manera de hacerlo se describe en las actividades del paso 3. Cualquier situación anormal se debe anotar en el acta de visita y comentarla con el técnico asignado. Será siempre muy conveniente y útil incluir en el acta de visita fotografías de revelado instantáneo (Tipo polaroid) del sitio y de los medidores; en la parte posterior de las fotos se debe incluir una breve descripción alusiva y deben ser firmadas por los participantes. (Ochoa, 2007).

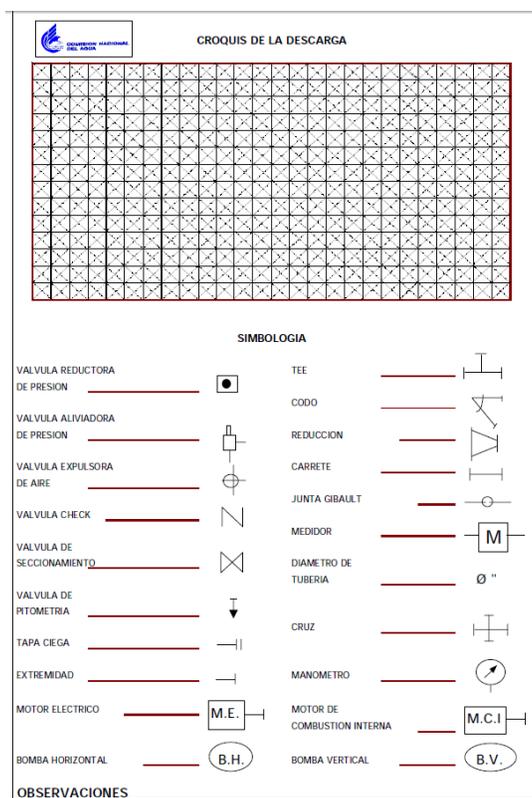
### **2.2.4.-Paso 3. Revisión física de los equipos de medición instalados.**

Cada sistema de medición instalado debe ser revisado minuciosamente, se inicia la revisión construyendo para cada medidor un croquis de la instalación. Se puede utilizar el formato (figura 2.2.3) en donde existan captaciones con bombeo; en captaciones superficiales o descargas. Son varios los detalles de los medidores instalados que se deben revisar.

A continuación se listan algunos de los más importantes:

- Diámetro, gasto y presión nominales.
- Tipo, marca, modelo y número de serie del medidor.
- Forma de lectura y unidad de medidor.
- Escala mínima del registrador.
- Distancia más cercana con codos, reducciones y válvulas.
- Cuidados ambientales e intemperismo, ruido, iluminación, lluvia, etc.)
- Posición del medidor (vertical, horizontal)
- Posibilidad de aire atrapado en conductos.
- Estado físico general de las instalaciones.
- Posición de sensores y registradores.

Es muy importante que el número de serie del medidor se calque sobre el acta de visita. Primero se raya con lápiz la placa donde está inscrito en el aparato, luego se coloca un pedazo de cinta adhesiva sobre él, después se levanta la cinta sin tocar los números, finalmente se pega la cinta con los números en el acta de visita.



**Figura 2.2.3.-** Un croquis es muy útil para ubicar el medidor en una captación, (Ochoa, 2007).

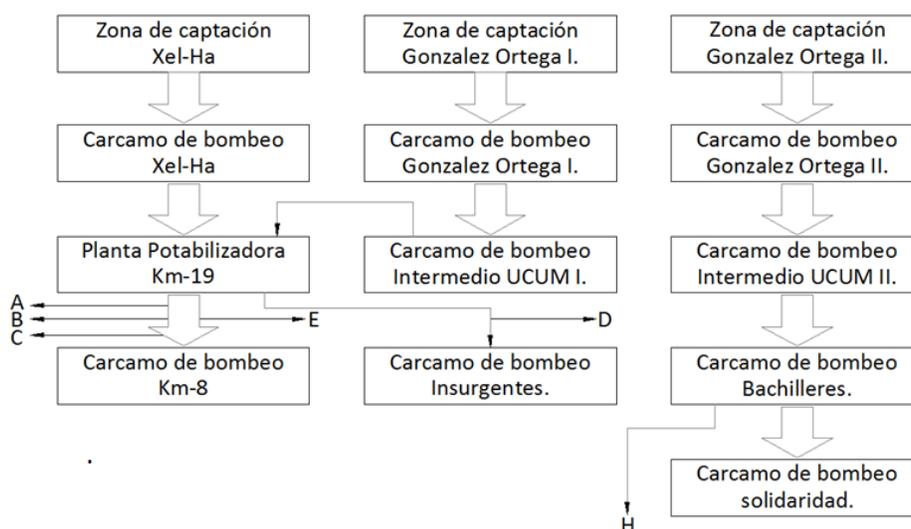
En los casos en que se maneje aguas residuales, se observa si el equipo está diseñado y fabricado para este tipo de agua, se señala en el acta de visita los comentarios pertinentes, aunque la instalación del equipo de medición sea adecuada o no también se puede auxiliar completando el formato (figura 2.2.2) antes visto y el formato (tabla 2.2.1), (Ochoa, 2007).

CRACTERISTICAS	NOMBRE DE LA CAPTACION	
	CAPTACION 1	CAPTACION 2
Tipo de medidor	Annubar	Annubar
Numero de serie	-43567-B	-45568-B
Tipo de registrador	Gráfico	Gráfico
Unidad de medida	Metros cúbicos	Metros cúbicos
Fecha de instalación	16/nov/1994	16/feb/1995
Diámetro del tubo	8 pulgadas	10 pulgadas
Ultima fecha de calibración.	14/enero/2011	24/marzo/2011

**Tabla.- 2.2.1.-** Ordenar los datos de los medidores por captación da una idea más clara del estado general de estos aparatos en el aprovechamiento hidráulico. (Ochoa, 2007).

#### 2.2.5.-Paso 4. Análisis de información de registros históricos elaborados por el concesionario.

La actividad siguiente que debes realizar es revisar y analizar los registros de volúmenes extraídos o descargados por el concesionario. Lo primero que debes hacer es un esquema (figura 2.2.4) sobre el acta de visita de los diferentes puntos de extracción o descarga, de tal manera que puedas cuantificar efectivamente cual es el volumen de agua.



**Figura 2.2.4.-** Esquema del sistema de extracción o descarga de un aprovechamiento hidráulico, en el acta de visita facilita la cuantificación de agua en una concesión, (Ochoa, 2007).

**Importante:** muchas veces existen medidores instalados en puntos intermedios entre la captación y el punto de entrega del agua, o bien cuando existen usos diversos, por lo que es recomendable recabar la información de todos aquellos y tener cuidado de no duplicar los volúmenes extraídos. Es muy probable que se encuentren registros desordenados o no analizados, por lo que se debe proceder, con ayuda del concesionario, a identificar los correspondientes a cada uno de los aprovechamientos y a ordenarlos cronológicamente (Ochoa, 2007).

### 2.2.6.- Paso 5. Aforo comparativo para verificación de registros.

Los inspectores de la CONAGUA, deben llevar los aparatos para verificar el funcionamiento correcto y la exactitud de un medidor, es necesario que se compare el gasto instantáneo registrado por este aparato, con el gasto obtenido mediante algún método de aforo o medidor patrón. Se emplean métodos o equipos como los de:

- **Aforo volumétrico directo.**- se comprueba la variación del volumen almacenado en un tanque o cisterna, de geometría conocida observando los cambios de niveles de agua.
- **Equipo ultrasónico.**- Medición del gasto con sensores de sonido con alta frecuencia. Utilizado en canales y en tubos a presión.
- **Pitometría.**- Medición de carga de velocidad en tuberías.
- **Modelos electromagnéticos portátiles.**- Muy útil en flujo en conductos a presión.
- **Otros modelos portátiles.**- Emplean otros principios de funcionamiento, como por ejemplo el de turbina insertable.
- **Aforo con Molinete.**- Útil para flujo a superficie libre.

#### Para efectuar el aforo comparativo se debe atender lo siguiente:

- La medición del gasto con los dos equipos se debe realizarla en forma simultánea, o sea registrar la lectura del medidor sujeto al análisis al mismo tiempo en que se toma la lectura en el medidor patrón.
- Anotar en el acta de visita el detalle de la verificación, poniendo un croquis de la instalación, señalando los equipos utilizados, fechas, etc.
- La exactitud del medidor patrón debe estar certificada por alguna institución de acreditamiento, por ejemplo de las que tiene en su lista el Sistema Nacional de Laboratorios de Puebla SINALP.
- La comparación de los gastos debe estar en las mismas unidades ( $m^3/s$ , Lt/s, etc.)
- Es necesario que se realice al menos tres pruebas y que se haga un promedio de los tres gastos obtenidos.
- Se revisan los manuales del equipo instalado y el de prueba.

En caso de que sea muy difícil obtener la comparación del gasto en una instalación, solamente en casos extremos y para tener una idea aproximada del gasto se pueden utilizar algunos métodos de aforo, como por ejemplo el de flotador – cronometro, el de la escuadra, o algún otro similar. De ninguna manera puede dictaminarse la exactitud de los medidores instalados mediante estos métodos, sin embargo usarlos es a veces útil para estimaciones gruesas de consumo o descargas. (Ochoa, 2007).

### **2.2.7.-Paso 6. Elaboración del acta de visita.**

Después de que se ha hecho toda la inspección del sitio y se hayan realizado las actividades de acopio de información, la revisión física de los medidores, el análisis de los registros históricos y el aforo comparativo, será necesario elaborar un acta de visita, en donde se asentarán en forma cronológica y circunstanciada los hechos, omisiones y demás irregularidades que resulten de la verificación realizada, indicando de manera clara, precisa y objetiva los hechos observados durante la inspección, cuidando que estos se encuentren debidamente soportados con las pruebas reunidas. A continuación se enlistan algunas recomendaciones que se deberán seguir para el llenado de este documento:

- 1.- El acta de visita deberá levantarse por duplicado en original y copia, cuidando que los datos queden claramente asentados en la copia.
- 2.-El acta no deberá tener ralladuras, tachaduras o enmendaduras que puedan afectar su validez.
- 3.- En caso de escribir algún dato en forma errónea, es recomendable incluir la leyenda “debe decir” y a continuación escribir la corrección.
- 4.- Cuando algún dato de tus formatos no aplique al aprovechamiento o descarga verificando, se debe cancelar el espacio correspondiente con una línea horizontal a manera de no permitir la escritura posterior.
- 5.- Los formatos que se utilicen para recabar la información en campo, debe contener claramente la identificación del acta de visita del que forma parte.
- 6.- Se debe anotar todas las observaciones de la inspección realizada, toda vez que únicamente lo que se encuentre registrado en ella puede ser utilizado para emitir su dictamen técnico. Así mismo los datos asentados en este documento pueden ser utilizados por el visitado para impugnar su actuación.
- 7.- Al cierre del acta, se deberá recabar la firma de los asistentes a la diligencia en forma autógrafa tanto en el formato original como en la copia, así como en cada una de las fojas de la documentación anexa al acta. (Ochoa, 2007).

### **2.2.8.- Realización del dictamen técnico administrativo.**

El dictamen técnico administrativo es un documento oficial de la CONAGUA. El dictamen expondrá el análisis de la información contenida en el acta a fin de evaluar la situación que guarda el concesionario, con relación al uso o aprovechamiento de las aguas nacionales y bienes públicos inherentes y, en su caso, definir las presuntas infracciones que hubiere cometido.

Este dictamen se debe elaborar en la oficina cuando se regrese de la visita de inspección, una vez que hayan transcurrido el plazo de 15 días otorgado al visitado para que manifieste lo que a su derecho convenga respecto a los hechos asentados en el acta de visita (Art. 183, fracción VI, del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales). En caso de que el usuario aporte pruebas a su favor, deberás llevar a cabo el procedimiento de desahogo correspondiente, a fin de que puedan ser consideradas en el dictamen. El documento debe ser escrito en procesador de textos de computadora, debe ser firmado por ti y por tu superior inmediato.

A continuación se describen los puntos que debe contener un dictamen de una visita de inspección de aguas nacionales relacionado con los volúmenes extraídos o descargados por un usuario.

#### **1. Datos Generales**

En este apartado se incluyen los siguientes datos de identificación de la visita practicada:

- Nombre completo, sin abreviaturas, de la persona física o moral visitada.
- Número de Registro Federal de Contribuyentes.
- Domicilio en que fue practicada la visita y en su caso, domicilio señalado por el usuario para recibir notificaciones.
- Nombre completo de la persona que atendió la diligencia, especificando si se trata del usuario, su representante legal o el cargo que desempeña cuando la visita ha sido atendida por una persona distinta a los anteriores.
- Número de oficio de la Orden de visita.
- Número de oficio de comisión.
- Fecha en la que se realizó la notificación, indicando la fecha de citatorio en aquellos casos en los que se haya utilizado.
- Número de acta de visita de inspección
- Fecha en la que se llevó a cabo la visita

#### **2. Resumen General del Manejo del Agua.**

Se debes anotar una breve descripción del manejo del agua indicando número, tipo y denominación del aprovechamiento con que cuenta el visitado, usos específicos de las aguas nacionales extraídas. Asimismo, se debe describir el número y denominación de las descargas identificadas, nombre del cuerpo receptor, origen de la descarga, tipo (permanente, intermitente o fortuita).

#### **3. Situación Legal del Aprovechamiento de aguas nacionales, descarga de aguas residuales, ocupación de zonas federales y extracción de materiales.**

En este inciso, se debe indicar el número y fecha de expedición del título de concesión de explotación o descarga, señalando los volúmenes y usos autorizados, así como permisos para construir obras de explotación y perforación o usar o cauces, vasos, zonas federales o bienes nacionales a cargo de la CONAGUA.

**4. Situación respecto a los volúmenes declarados por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales o bienes inherentes**

En esta sección, se debe describir si el visitado realiza el pago de derechos por concepto explotación y descarga de aguas nacionales así como del uso de zonas federales. Se describe si el concesionario exhibió y/o proporcionó copia simple de las declaraciones trimestrales y anuales de los volúmenes de aguas explotadas o descargadas y de la superficie ocupada, correspondientes a los ejercicios fiscales de los últimos 5 años. Efectúa además el análisis de los volúmenes anuales declarados a fin de conocer si se declaran volúmenes mayores a los autorizados en el título de concesión; es recomendable que elabore una tabla comparativa de datos.

**5. Verificación de los sistemas de medición.**

Describe las características generales de los sistemas de medición de volúmenes de agua instalados en todos y cada uno de los aprovechamientos y descargas detectadas durante la visita de inspección. Señala el tipo y marca del medidor, número de serie del elemento primario de medición, lectura registrada al momento de la visita, y si hubo o no, la existencia de sellos de CONAGUA y derivaciones antes del medidor.

a) Determina el porcentaje de error en la exactitud con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ error } Q = \frac{Q \text{ medidor} - Q \text{ patrón}}{Q \text{ patrón}} \times 100$$

Donde:

Q medidor = Gasto del medidor instalado.

Q patrón = Gasto del equipo patrón.

% Error Q = Porcentaje de error en el gasto.

b) Si el porcentaje de error se encuentra en un intervalo de +/- 5 % (error permisible para medidores según la norma NOM- 012-SCFI-1994, se considerará que el medidor funciona con los límites de exactitud y se aprobarán los registros históricos del concesionario.

Cuando en un acta de visita se encuentren asentadas irregularidades detectadas en el equipo de medición que podrían afectar el correcto funcionamiento del medidor, por ejemplo que la carátula esté rota, con señales de humedad o con partículas sólidas, que el equipo no trabaje a tubo lleno, si se trata de un medidor que trabaja a presión, o se encuentre instalado sin observar las distancias recomendadas antes y después de una pieza especial, éstas deben incluirse en el informe de manera clara y concisa.

**6. Determinación presuntiva de volúmenes.**

En este apartado se reportan los volúmenes de agua aprovechados y/o descargados por el concesionario. Se deben obtener a partir de los registros colectados durante la visita de

inspección. Es conveniente que se ordenen por mes y por cada captación, como se muestra en el formato (Tabla 2.2.2)

MES	CAPTACIÓN 1 (m³)	CAPTACIÓN 2 (m³)	CAPTACIÓN 3 (m³)	VOLUMEN TOTAL DE AGUA (M³)
Enero	327,734	629,262	646,117	<b>1'603,113</b>
Febrero	299,335	516,608	637,338	<b>1'453,281</b>
Marzo	333,249	603,436	777,520	<b>1'714,205</b>
Abril	311,892	609,729	672,399	<b>1'594,020</b>
Mayo	315,896	565,540	783,896	<b>1'665,332</b>
Junio	297,541	532,259	715,818	<b>1'545,618</b>
Julio	303,185	479,046	762,757	<b>1'544,988</b>
Agosto	297,757	540,910	760,955	<b>1'599,622</b>
Septiembre	296,541	551,421	677,010	<b>1'524,972</b>
Octubre	288,283	597,929	602,986	<b>1'489,198</b>
Noviembre	293,294	445,265	688,173	<b>1'426,732</b>
Diciembre	302,902	488,629	723,927	<b>1'515,458</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3'667,609</b>	<b>6'560,034</b>	<b>8'448,896</b>	<b>18'676,539</b>

**Tabla.- 2.2.2.-** Es necesario ordenar los volúmenes por mes y por captación para obtener el total de agua extraída. (Ochoa, 2007).

Con los resultados del aforo comparativo se debe ajustar este volumen consumido por el concesionario en el período considerado, lo cual se puede hacer de la manera siguiente: En el caso de que el porcentaje de error exceda el error permisible de +/- 5%, entonces se ajusta el volumen de agua consumido o descargado; si el error es positivo (signo +) quiere decir que el medidor instalado está registrando más gasto que el que está pasando; si el error resulta negativo (signo menos) entonces el aparato está midiendo menos gasto. El ajuste del volumen se hace simplemente multiplicando el volumen total registrado por el porcentaje de error de gasto dividido entre 100.

$$V_{ajustado} = \frac{V_{reportado} \times (\% \text{ error } Q)}{100}$$

Donde:

V ajustado = volumen ajustado con el porcentaje de error, en m3.

V reportado = volumen reportado por el usuario, en m3.

#### **7. Presuntas violaciones a la Ley de Aguas Nacionales (Art. 119).**

En este apartado describe de manera presuntiva las posibles infracciones a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento de acuerdo a las faltas sancionadas en el artículo 119 de dicha Ley.

#### **8. Conclusiones y recomendaciones de la visita de inspección.**

Se anota en forma breve las irregularidades a las que se llegaron una vez concluida la revisión efectuada la acta de visita. También, en este rubro se debe indicar si de la revisión efectuada al acta de visita de inspección se desprende que debe efectuarse algún trámite especial ante otra área de la CONAGUA o notificar a una dependencia externa (Ochoa, 2007).

## 2.3.- PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA (CONAGUA).

### 2.3.1.- Características del agua residual.

La calidad del agua residual se caracteriza en función de los agentes *físicos, químicos y biológicos* que contiene. Los agentes *físicos* más importantes a considerar son los sólidos suspendidos, la temperatura y la radioactividad para descargas nucleares. Los **sólidos suspendidos** son aquellos que se retienen en un filtro estándar de fibra de vidrio y su tamaño es mayor a 1.2 mm. Dependiendo de la composición de los sólidos será su efecto. Desde un punto de vista puramente físico, su mayor afectación es la interferencia con el paso de la luz y el azolvamiento del cuerpo de agua. Cuando se trata de sólidos orgánicos, para degradarlos, los microorganismos aerobios consumen el oxígeno disuelto del agua. Casi todos los usos del agua aportan sólidos suspendidos. El efecto del **calor** se traduce en aumento de temperatura del agua y esta condición aumenta la actividad microbiana, lo cual se traduce en mayor consumo de oxígeno disuelto. Al mismo tiempo, la solubilidad del oxígeno disminuye, de tal forma que hay mayor demanda de oxígeno disuelto, pero menor disponibilidad, lo que puede llevar a un déficit del oxígeno en el agua. Las plantas termoeléctricas y algunos procesos industriales son las principales fuentes portadoras de calor al agua. La **radioactividad** en el agua está dada básicamente por la presencia de sustancias radioactivas en el agua y éstas se pueden eliminar con relativa facilidad. El efecto de la radioactividad en la vida acuática se manifiesta en mutaciones incluyendo al cáncer. Entre los agentes *químicos* se tienen el pH, las sustancias consumidoras de oxígeno, las sustancias tóxicas, los nutrientes y las grasas y aceites. El **pH**, es una medida de la actividad ácida o alcalina del agua. En forma natural, el agua tiene un pH neutro ya que los iones hidrógeno [H+] y oxhidrilo [OH<sup>-</sup>] están en equilibrio. Las variaciones del pH ocurren por la presencia de sustancias que liberan uno u otro ión; las aguas ácidas son corrosivas, en condiciones extremas pueden provocar quemaduras en la piel y son poco favorables para la vida.

Las aguas muy alcalinas a su vez pueden ser incrustantes, provocan precipitación de metales y también son poco favorables para el desarrollo de la vida. La mayoría de los procesos microbiológicos se llevan a cabo en un intervalo de 6.5 a 8.5 unidades de pH, fuera de esos límites, el desarrollo de la vida se ve afectado. Las sustancias consumidoras de oxígeno son todos los compuestos que son susceptibles de ser oxidados. Estas sustancias se miden mediante métodos indirectos como la **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)** y la **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**. Los compuestos orgánicos que pueden ser degradados por acción de los microorganismos son los que representan la DBO, mientras que la DQO abarca a todos los orgánicos biodegradables, más algunas otras sustancias susceptibles de oxidarse, pero no por acción de los microorganismos. La DQO es mayor que la DBO. Las **sustancias tóxicas** pueden clasificarse de varias formas, por su origen, por su efecto o por su nivel de toxicidad. Algunas de ellas, como los metales pesados y los pesticidas se acumulan en los tejidos de los seres vivos y no pueden ser desechados fácilmente, de esta forma pueden llegar a concentraciones que provoquen daños severos e incluso la muerte. Dentro de las sustancias tóxicas podemos distinguir a las siguientes:

Cianuros (ion monovalente derivado de la combinación de carbono y nitrógeno), el arsénico, los metales pesados (cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y zinc). Por otra parte, dentro de las sustancias orgánicas antropogénicas se tienen los fenoles, el benceno y sus derivados, los bifenilos policlorados, los pesticidas y las dioxinas. Los efectos de estas sustancias son diversos como ser carcinogénicos, teratogénicos o mutagénicos. Con excepción de los cianuros, los fenoles y algunos derivados del benceno, son bioacumulables. Las sustancias tóxicas se dividen en cinco niveles: prácticamente no tóxico, moderadamente tóxico, tóxico, muy tóxico y supertóxico. Los **nutrientes** (nitrógeno y fósforo) son importantes porque su presencia en exceso es la causa de los brotes de malezas acuáticas y, cuando están en forma sostenida, provocan la eutroficación de los cuerpos de agua. Por otra parte, los nitritos y nitratos pueden resultar tóxicos para los peces y para los niños pequeños. Las **grasas y aceites** son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal e hidrocarburos del petróleo; de densidad menor que la del agua y de baja o nula biodegradabilidad que forman natas sobre los cuerpos de agua y pueden interferir con el intercambio de oxígeno entre el agua y la atmósfera. Entre los agentes microbiológicos están los virus, las bacterias, los protozoarios y los huevos de helminto. Los de mayor interés desde el punto de vista de contaminación del agua son: **Virus** (de la Polio, de Eco y *Coxsackie*, *adenovirus*, *reovirus* y de hepatitis). **Bacterias** (coliformes fecales que son indicadores de contaminación por heces fecales y otros más virulentos como *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter* y *Vibrio cholera*). **Protozoarios** (*Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium*). **Helmintos** (*Ascaris lumbricoides*, *Taenia solium*, *Trichuris trichiura*, *Ancylostoma duodenale* y *Strongyloides stercoralis*) Las descargas municipales o domésticas sin tratamiento, en cuerpos receptores, son la causa principal de la contaminación por patógenos de aguas superficiales y subterráneas. Los agentes microbiológicos representan uno de los mayores problemas para la salud pública en México ya que las enfermedades gastrointestinales ocupan un lugar importante en las causas de mortandad en el país. Para controlar la incidencia de las enfermedades gastrointestinales hay que eliminarlos del agua para consumo humano, y reducir su presencia en usos recreativos y en el agua para riego de vegetales que se consumen crudos. (Arce, et al., 2007).

### **2.3.2.-Importancia de la cuantificación de contaminantes y medición de caudales en las descargas de agua residual.**

La Ley de Aguas Nacionales establece que la Federación, a través de la Comisión Nacional del Agua, es la encargada de administrar las aguas nacionales así como vigilar que se cumpla la normatividad para regular la cantidad y calidad del recurso hídrico por medio de cuotas o sanciones que la Ley Federal de derechos establece a personas físicas o morales que descarguen en cuerpos receptores de agua propiedad de la nación, en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como los que descarguen aguas residuales en los suelos o las infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o que puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

La forma de llevar a cabo el control es a través de visitas de inspección a los usuarios, en las cuales se aforarán las descargas y se tomarán muestras que se envían a laboratorios acreditados para

que realicen los análisis. El papel del laboratorio de análisis es el de proveer información cuantitativa que describa con exactitud las características del agua, es decir, el tipo y la concentración de las sustancias contenidas en la muestra que se entrega. Un resultado incorrecto puede llevar a interpretaciones erróneas y a la toma de decisiones incorrectas. Las decisiones que se hacen utilizando datos de las descargas de agua residual son de largo alcance. Los datos obtenidos en el laboratorio definen si esas condiciones se están cumpliendo o no. Si los resultados del laboratorio indican que la descarga no cumple con los límites establecidos (tabla 2.3.1 y 2.3.2), la CONAGUA debe sancionar al infractor y vigilar que éste realice las acciones correctivas necesarias para subsanar dicha anomalía. Por otra parte, un laboratorio acreditado puede garantizar la confiabilidad de los resultados que obtenga, es decir, que describan en forma fidedigna las características de la muestra. El primer paso para garantizar resultados confiables es un muestreo confiable, y una componente esencial es la determinación del sitio en el que se tomarán las muestras. Sólo cuando las muestras son tomadas en el sitio que representa el total, con el equipo adecuado y con las precauciones necesarias para no contaminarlas y se preservan de acuerdo con los procedimientos establecidos, se podrá asegurar que son representativas. Además, las muestras deben identificarse de forma clara y transportarse de manera segura para asegurar su rastreabilidad y su integridad física para su entrega al laboratorio. Estas son las primeras acciones para asegurar resultados representativos y confiables. La siguiente etapa es la determinación de contaminantes en la descarga. Para ello, el laboratorio acreditado aplicará los procedimientos normalizados y llevará un estricto control de calidad de las pruebas que realice. El complemento indispensable, tanto del muestreo como de la determinación de las sustancias, es la documentación que compruebe el manejo de la muestra durante todo el proceso, desde la toma hasta el resultado final.

Desde el punto de vista de un muestreo, el caudal se mide para preparar las muestras compuestas. Las muestras compuestas tienen el fin de representar el promedio de las variaciones de los contaminantes y, de esta forma, obtener su concentración promedio a lo largo de un turno, un ciclo de producción o un día. Una vez determinados el caudal de la descarga y las concentraciones de sustancias, se calcula la carga total de contaminantes, que es el resultado de multiplicar la concentración por el caudal. (Arce, et al., 2007).

Resumiendo la cuantificación de los contaminantes de una descarga se efectúa para conocer con exactitud qué tipo de contaminantes y en qué concentraciones se encuentra. Con la información que entrega el laboratorio se toman decisiones como por **ejemplo cobrar los derechos de ley o sancionar a una industria o usuario en general cuya descarga no cumple con la normatividad.**

**Tabla 2.3.1 Límites Máximos Permisibles para Contaminantes Básicos de acuerdo a LA NOM-001-SEMARNAT-1996.**

PARÁMETROS (*)	RÍOS.						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES.				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)			
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia flotante (3)	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
Sólidos sedimentales (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos suspendidos totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de oxígeno 5	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

(1) Instantáneo.

(2) Muestra Simple promedio Ponderado.

(3) Ausente según el Método de prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.=Promedio diario; P.M.= Promedio mensual.

N.A.= No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

**Tabla 2.3.2 Límites Máximos Permisibles para Metales Pesados y Cianuros de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996.**

PARÁMETROS (*) (miligramos por litro)	RÍOS.						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES.				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	.05	0.1	0.1	0.2
Cianuros	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	.01	.02	.005	.01	.005	.01	.01	.02	.005	.01	.01	.02	.01	.02	.01	.02	.005	.01	.005	.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	2.0	0.4	0.2	0.4	0.5	1.0	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1.0	0.2	0.4	5.0	10	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(\*)Medidos de manera total.

P.D = promedio diario P.M. = promedio Mensual. N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la Ley federal de derechos.

### 2.3.3.- Requisitos para un muestreo confiable.

Para poder realizar un muestreo confiable es necesario desarrollar un PLAN DE MUESTREO. Para ello es indispensable contar con la información sobre ubicación y las características de la descarga que se va a verificar. Parte de esta información se puede obtener en el Registro Público de Derecho del Agua (REPDA). Con dicha información se podrá realizar un PLAN DE MUESTREO, al igual que una LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO PARA EL MUESTREO en donde se incluya desde una pluma hasta el equipo necesario para efectuar la toma. Un PLAN DE MUESTREO completo protege a los que toman las muestras contra errores y minimiza la posibilidad de invalidar los resultados obtenidos. El seguimiento de las técnicas de recolección y preservación de las muestras tiene una gran importancia, ya que las muestras colectadas deben asegurar que los resultados analíticos obtenidos representen la composición actual de las mismas. Antes de tomar las muestras de agua residual, se debe estar enterado de los requisitos apropiados de seguridad e higiene. Los muestreos en campo requieren documentación adecuada para el seguimiento de las muestras. Dicha documentación es la siguiente:

- 1.-Plan de muestreo (figura 2.3.1).
- 2.-Lista de verificación de materiales, reactivo y equipo para el muestreo (figura 2.3.2).
- 3.-Control interno del muestreo, formato cadena de custodia de campo (figura 2.3.3).
- 4.-Formato registro de campo para tomas de muestras en visitas de inspección y/o verificación (figura 2.3.4).
- 5.-Formato de cadena de entrega y recepción de muestras (figura 2.3.5).
- 6.-Etiquetas para recipientes (figura 2.3.6).
- 7.-Cinta adhesiva para sellar frascos (figura 2.3.7).
- 8.-Etiquetas para sellar las hieleras (figura 2.3.8).

Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista y en sitio seguro. En la bitácora de campo se registra toda la información referente a las observaciones de campo, del muestreo y de las muestras. Al igual que referencias tales como mapas, fotografías, observaciones, mediciones y firmas del personal responsable de las

observaciones. Algunos de los datos anteriores pueden quedar resumidos en el FORMATO DE REGISTRO DE CAMPO PARA TOMA DE MUESTRAS EN VISITAS DE INSPECCIÓN Y/O VERIFICACIÓN (FCNA01a) (figura 2.3.4), sin que este sea sustituto de la bitácora de campo. Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, pegar al frasco antes del muestreo etiquetas adhesivas, en las que se anote con tinta a prueba de agua la información pertinente. Para dejar evidencia que las muestras no se han alterado, sellar las tapas de los recipientes con cinta adhesiva, los integrantes de la brigada y, si es posible, el representante del usuario visitado firmará dicha cinta. Por último, al llenar las hieleras con las muestras colectadas, se cierran y se sellan con las etiquetas para sellar las hieleras con toda la información que se requiera. Ya en el campo primero se toman las muestras de los parámetros (tabla 2.3.3) microbiológicos. Después de estos se obtienen las muestras de grasas y aceites e inmediatamente el gasto, la temperatura, el pH del agua y temperatura ambiental. Posteriormente se tomarán las muestras en el siguiente orden: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), materia flotante, sólidos sedimentables (S<sub>Se</sub>), sólidos suspendidos totales (SST), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), metales y cianuros. Todas las muestras simples deben preservarse; y cuando se realice la muestra compuesta, se verifica el pH y, de ser necesario, se ajusta de acuerdo a lo que se necesite. (Arce, et al., 2007).

**Tabla 2.3.3.- Resumen de parámetros a muestrear en agua residual y sus características en toma de muestras y preservación para la NOM-001-SEMARNAT-1996.**

PARAMETROS	RECIPIENTE	Enjuague antes de tomar la muestra.	VOLUMEN MINIMO REQUERIDO	TIPO DE MUESTRA	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO PARA ANÁLISIS
<b>Coliformes fecales.</b>	Bolsa o frascos esterilizados de vidrio.	no	150 mL.	Simple	Previamente con EDTA+Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> A 4 °C.	24 horas.
<b>Huevos de helminto.</b>	Plástico.	No	5 L	Simple o compuesta	Formol 10% y/o 4 °C.	6 mese.
<b>Grasas y aceites.</b>	Vidrio (Boca ancha).	No	1 L	Simple	HCL o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH<2, 4 °C.	28 días.
<b>DBO.</b>	Plástico.	2 a 3 veces.	1 L	Compuesta.	4 °C.	48 horas.
<b>Materia flotante.</b>	Plástico (Boca ancha).	2 a 3 veces.	3 L	Simple.		Inmediata.
<b>Sólidos sedimentables.</b>	Plástico (Boca ancha).	2 a 3 veces.	1 L	Compuesta.	4 °C.	24 horas.
<b>Sólidos suspendidos totales.</b>	Plástico.	2 a 3 veces.	1 L	Compuesta.	4 °C.	7 días.
<b>Fósforo total.</b>	Plástico.	2 a 3 veces.	1 L	Compuesta.	4 °C.	28 días.
<b>Nitrógeno total.</b>	Plástico.	2 a 3 veces.	1 L	Compuesta.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH<2, 4 °C	28 días.
<b>Metales.</b>	Plástico.	2 a 3 veces.	1 L	Compuesta.	HNO <sub>3</sub> , pH<2, 4 °C	6 meses.
<b>Cianuros.</b>	Plástico.	2 a 3 veces.	1 L	Compuesta.	NaOH, pH>12, 4 °C	24 horas.


 GERENCIA ACTA DE VISITA N°: \_\_\_\_\_  
**CONTROL INTERNO DEL MUESTREO**

**PLAN DE MUESTREO**

OBJETIVO:

ANTECEDENTES:

TPO DE MUESTREO: **FCNA**

NOMBRE DEL USUARIO:

FECHA:

LISTA DE PARÁMETROS A MUESTREAR: Llenar cuadro 1

PARÁMETRO	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	VOLUMEN REQUERIDO	OBSERVACIONES
COLIFORMES FECALES				
HUEVOS DE HELMINTO				
GRASAS Y ACEFES				
DBO				
MATERIA FLOTANTE				
SÓLIDOS SEDIMENTABLES				
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES				
NITRÓGENO TOTAL				
FÓSFORO TOTAL				
METALES				
CIANIDOS				


 GERENCIA ACTA DE VISITA N°: \_\_\_\_\_  
**CONTROL INTERNO DEL MUESTREO**

**PLAN DE MUESTREO**

BLANCO DE VIAJE

BLANCO DE CAMPO

BLANCO DE EQUIPO

MUESTRA DOBLE

NOTA: PARA COLIFORMES FECALES NO SE REQUIERE TOMAR BLANCOS DE VIAJE Y CAMPO, PERO SÍ SE REQUIERE TOMAR UNA MUESTRA DOBLE.

PARA HUEVOS DE HELMINTOS NO SE REQUIERE TOMAR BLANCOS DE VIAJE Y CAMPO, NI MUESTRA DOBLE.

UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO:

MEDO DE TRANSPORTE: **FCNA**

PARTICIPANTES:

NOMBRE:	RESPONSABILIDADES:

PLAN DE SEGURIDAD:

**Figura 2.3.1.-Formatos Plan de muestreo.**


 GERENCIA ACTA DE VISITA N°: \_\_\_\_\_  
**CONTROL INTERNO DEL MUESTREO**

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO PARA EL MUESTREO**

MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO.	CANTIDAD	VERIFICADO	EMPAQUADO
Franco de vidrio con EDTA y bafado de vidrio especial			
Balanza 1000g/0.1mg analítica con bafado de vidrio			
Franco de plástico de 8 litros			
Franco de vidrio de boca ancha de 1.5 litros			
Franco de plástico de boca ancha 5 litros			
Franco de plástico de 3 litros			
Franco de plástico de 2 litros			
Franco de plástico de 1 litro			
Vaso de precipitado de plástico de 500 mL			
Probeta calibrada de 1 litro			
Probeta calibrada de 50 mL			
Probeta con agua destilada o desionizada			
Operador con agua destilada o desionizada			
Operador con agua de la zona			
Etiquetas			
Franco Plástico de plástico			
Alfileres			
Cintas			
Franco con ácido clorhídrico concentrado			
Franco con ácido nítrico concentrado			
Franco con ácido sulfúrico concentrado			
Franco con hidróxido de sodio 10N			
Solución buffer pH 4, pH 7 y pH 10 (opcionales)			
Papel pH (3 a 10)			
Lábil antibacteriano			
Mez			
Poliglicerato			
Termómetro calibrado y con certificado de ±1 a 10°C			
Termómetro calibrado y con certificado de ±0.5 a 50°C			
Termómetro calibrado y con certificado de ±1 a 10°C			
Frascos de vidrio			
Grupos multimedidos			
Alfileres			
Módulo alfileres			
Franco de vidrio			
Indicadores portátiles			
Detector de gases o espalhados			
Descontaminación			
Mantenedores			
Botella Van Dorn			
Condominio			


 GERENCIA ACTA DE VISITA N°: \_\_\_\_\_  
**CONTROL INTERNO DEL MUESTREO**

**LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO PARA EL MUESTREO**

MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO.	CANTIDAD	VERIFICADO	EMPAQUADO
Etiquetas adhesivas para muestras			
Etiquetas adhesivas para water log Franco			
Muestreo/Mapa			
Marcadores topográficos			
Plumas			
Calculadora			
Cuerdas de nylon			
Cintas			
Tallas de papel alfileres			
Operador o bota			
Quemador de litro			
Quemador desionizado			
Calculadora			
Mantenido para plomo			
Balón de fútbol			
Alfileres			
Pluma o marcador			
Manual de muestreo (cuando sea posible)			
Manual de los equipos (cuando sea posible)			
Formulario de registro de campo FCNA/CS			
Formulario de registro de campo FCNA/CS			
Formulario de sistema de calidad de campo FCNA/CS			
Formulario de sistema de calidad de entrega y recepción FCNA/CS			
Formulario de registro de calidad para hacer las comparaciones FCNA/CS			
Biblioteca de campo personal			
Balón de fútbol			
Talla de campo			
Condición de identificación			
Balón de primera salida			
OTROS			

**Figura 2.3.2.-Formatos lista de verificación de materiales, reactivo y equipo para el muestreo.**

**CONTROL INTERNO DEL MUESTREO**  
FORMATO CADENA DE CUSTODIA DE CAMPO

NOMBRE COMPLETO O RAZÓN SOCIAL DEL USUARIO											
<b>RECIPIENTES PARA MUESTREO</b>											
<b>PLÁSTICO</b>				<b>VIDRIO</b>				<b>ESTÉRILES</b>			
CANTIDAD	FECHA	FIRMA		CANTIDAD	FECHA	FIRMA		CANTIDAD	FECHA	FIRMA	
CANTIDAD	FECHA	FIRMA		CANTIDAD	FECHA	FIRMA		CANTIDAD	FECHA	FIRMA	
<b>SOLUCIONES PARA PRESERVACIÓN</b>											
NOMBRE SOLUCIÓN		CANTIDAD	FECHA		NOMBRE SOLUCIÓN		CANTIDAD	FECHA			
NOMBRE SOLUCIÓN		CANTIDAD	FECHA		NOMBRE SOLUCIÓN		CANTIDAD	FECHA			
NOMBRE Y FIRMA DEL QUE RECIBE											
<b>EMPAQUE</b>				<b>TRANSPORTE</b>				<b>ENTREGA</b>			
Núm. HIELERA	Núm. FRASCOS	FECHA	HORA	Núm. HIELERA	Núm. FRASCOS	FECHA	HORA	Núm. HIELERA	Núm. FRASCOS	FECHA	HORA
TOTAL	TOTAL			TOTAL	TOTAL			TOTAL	TOTAL		
NOMBRE				NOMBRE				NOMBRE			
FIRMA				FIRMA				FIRMA			
OBSERVACIONES											

**Figura 2.3.3** Formato cadena de custodia de campo.

**FORMATO REGISTRO DE CAMPO PARA TOMA DE MUESTRAS EN VISITAS DE INSPECCIÓN Y/O VERIFICACIÓN**

NOMBRE COMPLETO O RAZÓN SOCIAL DEL USUARIO																	
NOMBRE/FIRMA DEL MUESTRADOR								IDENTIFICACIÓN DE LA DESCARGA									
FECHA DE INICIO DEL MUESTREO								FECHA DE TERMINACIÓN DEL MUESTREO									
Núm. MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	HORA	TEM. °C		pH	MATERIA FLOTANTE	OLOR		BURBUJAS		GASTO L/s	Núm. DE RECIPIENTES					
			AGUA	AMB			SÍ	NO	SÍ	NO		FQ	GYA	BIÓL.	Metales Pesados		
PARÁMETROS A DETERMINAR																	
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO																	
DESCRIBE EL MÉTODO Y EL MATERIAL EMPLEADO EN LA FORMACIÓN DE LA M. C.																	
OBSERVACIONES:																	

**Figura 2.3.4.** Formato de registro de campo para tomas de muestras en visitas de inspección y/o verificación.

FORMATO CADENA DE CUSTODIA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN DE MUESTRAS

IDENTIFICACIÓN DE LA DESCARGA					
NOMBRE DEL QUE ENTREGA			CARGO		
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA			HORA DE ENTREGA DE MUESTRAS		
NOMBRE DEL QUE RECIBE			CARGO		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS			HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS		
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS					
TIPO DE MUESTRAS	TIPO DE ANÁLISIS	NÚMERO DE FRASCOS	DESCRIPCIÓN DEL FRASCO	VOLUMEN DE LA MUESTRA	PRESERVADOR EMPLEADO
OBSERVACIONES:					
FIRMA DE QUIEN ENTREGA			FIRMA DE QUIEN RECIBE		

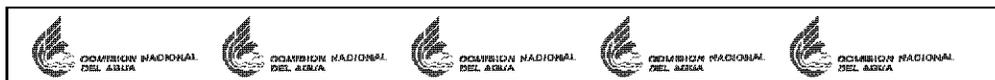
Figura 2.3.5. Formato cadena de custodia de entrega y recepción de muestras.

Etiquetas adhesivas para etiquetar cada uno de los frascos o bolsas de muestreo. Las dimensiones de ésta son de 12 cm de largo por 8.5 cm de ancho y deberán de contener los siguientes datos:

 <p>COMISION NACIONAL DEL AGUA</p>	No. MUESTRA _____
	FECHA _____
	HORA _____
	Nombre o razón social completo del usuario visitado _____
	Acta de visita Nº. _____
	Nombre del muestreador: _____
	Identificación de la descarga: _____
	Tipo de muestra Simple ( ) Compuesta ( )
	Preservación: _____
	Análisis solicitado _____

Figura 2.3.6. Etiqueta adhesiva para frascos o bolsas de muestreo.

Cinta adhesiva para sellar las tapas de los frascos, la cual deberá ser firmada por todos los participantes de la visita. Las dimensiones de esta son de 30 cm de largo por 4 cm de ancho.



**Figura 2.3.7.** Cinta adhesiva para sellar los frascos.

Etiquetas adhesivas para sellar las hieleras al terminar de empacar las muestras. Las dimensiones de esta son de 10 cm de largo por 6.5 cm de ancho y deberán de contener los siguientes datos:

A rectangular adhesive label form. At the top left is the logo of the Comisión Nacional del Agua (CNA). Below the logo are four lines of text, each followed by a horizontal line for input:  
Nombre del usuario. \_\_\_\_\_  
Identificación de descarga. \_\_\_\_\_  
Nº. De hielera \_\_\_\_\_  
Fecha de término del muestreo \_\_\_\_\_

**Figura 2.3.8.** Etiquetas adhesivas para sellar las hieleras.

### **CAPÍTULO 3**

## **MÉTODO ALTERNO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (TÉCNICA BIOSENSOR).**

La medición de la **DBO** es un parámetro esencial en el control de la **calidad del agua, del proceso de depuración de las aguas residuales y del cobro de derechos**. El **método tradicional para determinar la DBO del agua, se denomina DBO<sub>5</sub>** y consiste en incubar una muestra de agua en oscuridad a una **temperatura de 20°C durante cinco días**.

Sin embargo, para efectos de control 5 días pueden resultar demasiados para tomar acciones correctivas. **Por esa razón el desarrollo de nuevos procedimientos y métodos de análisis hace que las normas generadas por organismos gubernamentales rápidamente queden obsoletas. La dificultad administrativa de modificar una norma muchas veces hace que se continúen aplicando normas que no satisfacen los requisitos modernos de sensibilidad, precisión y exactitud**. Además de que muchos de los conceptos modernos de preservación del ambiente requieren, no generar en los laboratorios productos más tóxicos o peligrosos que los que se desean investigar, nunca han sido incorporados en la normatividad (NMX-AA-116-SCFI-2001).

### **3.1.- DBO<sub>5</sub> (TÉCNICA TRADICIONAL).**

Para el desarrollo de la técnica tradicional DBO<sub>5</sub>, se requieren 5 días para conocer su resultado, durante este tiempo, los microorganismos presentes en el agua metabolizan una gran parte de la materia orgánica degradable, aproximadamente un **75 % de la DBO total**. Esta metabolización requiere el consumo de oxígeno disuelto por parte de estos microorganismos, de modo que la diferencia entre el oxígeno disuelto medido antes y después del período de incubación proporciona una medida de la demanda biológica de oxígeno, esto es, del grado de contaminación orgánica del agua. Se puede considerar que el proceso de descomposición en la prueba ocurre en dos etapas. En la primera, la descomposición es de los nutrientes carbonáceos, cuya descomposición se acerca a su terminación después de 21 días a 20°C. En la segunda etapa, son los nutrientes nitrogenados los que se oxidan primero. Se debe tener cautela tanto en el funcionamiento de la prueba como en la interpretación de sus resultados; ya que los residuos que contengan venenos como el fenol pueden dar un resultado cero para la prueba DBO, ya que si todos los microorganismos de la prueba están muertos, no se consumirá oxígeno. También los nutrientes nitrogenados pueden originar problemas en la prueba DBO<sub>5</sub>, de la misma manera que causan problemas especiales de contaminación en las corrientes de agua. Debido a la lentitud del proceso de nitrificación, poca de la demanda nitrogenada de oxígeno (DNO) se podrá tomar en el periodo normal de incubación de 5 días a 20°C. Los productos químicos que reaccionan con el oxígeno, como los sulfitos, sulfuros y el hierro ferroso, presentes en la muestra, deformaran el resultado de la prueba DBO. Se podría afirmar que ejercerán una demanda de oxígeno, a pesar de no ser, por supuesto, biológica.

**En resumen, los resultados de la determinación de la DBO son útiles siempre que se consideren sus limitaciones, nunca se debe olvidar que las contribuciones a la DBO las hace un amplio rango**

de sustancias individuales, cuyo destino depende considerablemente de las condiciones de la prueba y de los microorganismos utilizados (Winkler, 1995). Además de que para efectos de control los resultados después de 5 días pueden no ser tan útiles. Por ello se presenta a continuación un método alternativo que lleva por nombre Técnica biosensor para medir la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO).

### 3.2.-DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA BIOSENSOR.

En este trabajo, se describe la construcción y caracterización de un biosensor para la determinación de la DBO, El principio del biosensor consiste en evaluar el consumo de oxígeno de una población de bacterias inmovilizadas y relacionarla con la concentración de materia orgánica, este fue desarrollado en el laboratorio de calidad del agua del IMTA, con la dirección del especialista en la técnica biosensor, el M.C. Juan Leodegario García Rojas, quien actualmente trabaja en el laboratorio de calidad del agua del IMTA.

#### 3.2.1.-Generalidades.

En las últimas dos décadas se ha presentado un considerable avance en el desarrollo de sistemas para monitoreo y control de calidad del agua. Esto ha sido posible gracias a la combinación de técnicas de microelectrónica y de biotecnología. Un producto de este avance, han sido los biosensores, constituidos con un material biológicamente activo (por ejemplo: bacterias, enzimas, células, etc.), en contacto con un transductor que convierte la señal biológica en una señal eléctrica. El sustrato a medir difunde hacia la capa biocatalítica en donde ocurre una reacción de consumo de oxígeno que puede ser monitoreada amperométricamente o potenciométricamente. En la tabla 3.1 se muestran las características más sobresalientes que presentan los biosensores.

Tablas 3.1.-Características sobresalientes que presentan los biosensores.	
Característica	Descripción
Sensibilidad	Alta para ciertos analitos como los xenobióticos con efectos sobre la salud, incluso a concentraciones de partes por billón ( $\mu\text{g/L}$ ).
Selectividad	Alta, para que el dispositivo interactúe exclusivamente con el compuesto de interés y no con otros. Mediante elementos de reconocimiento específicos.
Confiabilidad	Alta, los sistemas de transducción se diseñan de manera que no puedan ser alterados (o lo sean mínimamente) por la muestra.
Tiempo de vida	Largo, que no obligue al empleo del dispositivo por cortos períodos desde su fabricación ni a sustituciones frecuentes del mismo. Lo que depende de su estabilidad química, física y mecánica.

<b>Tablas 3.1.-Características sobresalientes que presentan los biosensores, (continuación).</b>	
Bajo costo de producción, operación y mantenimiento	En general, pueden fabricarse a escala industrial, lo cual redundaría en un abaratamiento de los costos de producción. Asimismo, sus costos de operación y mantenimiento deberán ser bajos.
No pre tratamiento de la muestra	Ahorrando tiempo materiales y reactivos. Aunque, en ciertas determinaciones, son imprescindibles las etapas de concentración y purificación, eliminando interferencias para asegurar la presencia de una cantidad suficiente del analito.
Tiempo de análisis	Capaces de medir en tiempo real o muy corto, posibilitando una actuación rápida, controlando parámetros importantes de manera inmediata y automática.

En la determinación de la DBO<sub>5</sub> se emplean técnicas que consisten en incubar una muestra de agua en oscuridad a una temperatura de 20°C durante cinco días, sin embargo no pueden ser usadas para mediciones en línea. La determinación de la DBO mediante el uso de biosensores tiene algunas ventajas, por ejemplo, las muestras pueden ser medidas en un amplio rango de concentraciones sin tratamientos previos y no son afectadas por la turbidez. Se han desarrollado algunos biosensores para este propósito, estos dispositivos están compuestos por microorganismos inmovilizados, (biocatalizador) en combinación con un sensor electroquímico de oxígeno. El biosensor desarrollado en este trabajo, se basa en la asimilación de compuestos orgánicos por los microorganismos, lo que provoca un consumo del oxígeno, el cual a su vez es registrado directamente por un dispositivo electroquímico (Galindo, et al, 1992).

### **3.2.2.-Objetivo y campo de aplicación.**

El Objetivo es determinar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en forma instantánea, en tiempo real o en el menor tiempo posible y en campo (donde se esté realizando la descarga de aguas residuales...) En este caso del desarrollo de tema de tesis en un tiempo de 15 a 20 minutos. Una de sus principales aplicaciones es la determinación de la DBO en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

### **3.2.3.-Principio de la técnica.**

Un Biosensor (figura 3.6), es un sistema analítico que acopla un elemento biológico sensible con un transductor para obtener una rápida, proporcional, precisa y sensible detección de sustancias individuales o combinadas presentes en el ambiente, una de sus principales aplicaciones es la detección de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el cual es un parámetro de gran importancia presente en la contaminación del agua y pago de derechos de ley. Con la tecnología convencional, esta prueba requiere de alrededor de cinco días; mientras que con el uso de biosensores los resultados se obtienen entre 15 a 20 minutos. Las definiciones, reactivos y patrones, equipo y material, recolección, preservación y almacenamiento de la muestra, así como calibración; empleados en la construcción del biosensor se describen en el anexo B.

### 3.2.4.-Procedimiento de construcción del Biosensor.

1.-Se tomó una muestra de lodo (figura 3.1) o agua residual, de la planta de tratamiento del IMTA, cabe aclarar que la muestra de lodo lleva ventaja sobre la muestra de agua, puesto que en el lodo se encuentran ya adaptadas una gran cantidad de bacterias aerobias y anaerobias que han pasado por todo el proceso de depuración de la planta de tratamiento.



Figura 3.1.- Lodo residual, planta de tratamiento.

2.-Se realizó una dilución con el lodo residual 1g en 100 mL con agua destilada en un vaso de precipitado. (Figura 3.2).



Figura 3.2.- Vaso de precipitado con dilución.

3.-Con la dilución obtenida se **sembraron las bacterias** en cajas Petri (figura 3.3), en un medio de crecimiento nutritivo de agar.

4.-Se incubaron a 35°C, en el horno, para su rápido desarrollo, (figura 3.4) por un día, 24 horas.

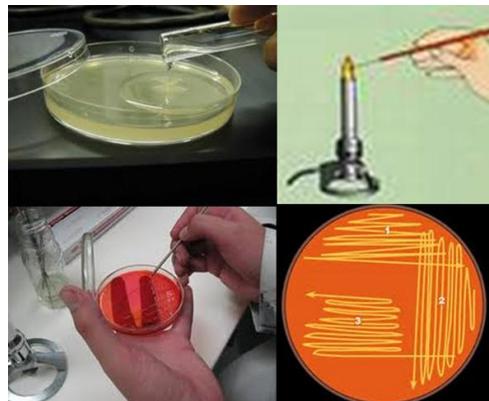
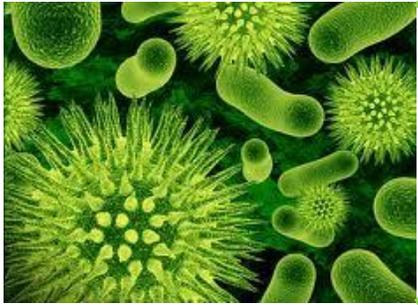


Figura 3.3.- Procedimiento y técnica de siembra de bacterias.



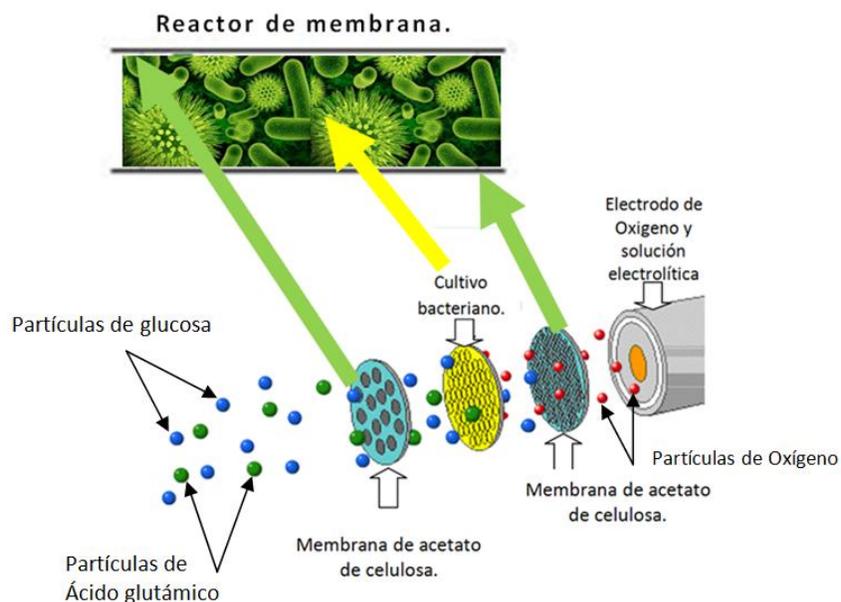
Figura 3.4.- Horno.

5.-Después de la incubación, obtenemos una **población bacteriana** (inóculo), que fue utilizada en la construcción del biosensor (figura 3.5).



**Figura 3.5.-** Población bacteriana crecida.

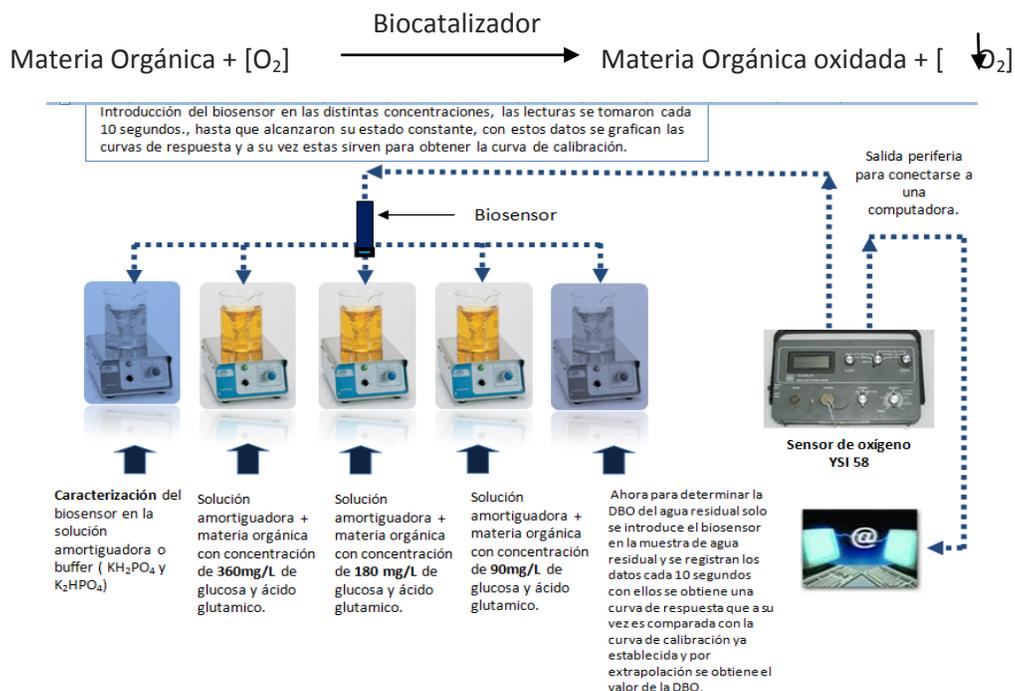
6.-Una vez obtenido el inóculo se procedió al armado del biosensor (figura 3.6), Preparación de la sonda de oxígeno disuelto, se colocó la solución electrolítica en el electrodo de oxígeno a modo que la superficie quedara cubierta y sin burbujas, después se colocó la membrana de acetato de celulosa que se aseguró con un anillo, y sobre esta membrana se depositó una pequeña cantidad de cultivo bacteriano, este cultivo fue cubierto con una segunda membrana de acetato de celulosa que se aseguro con un segundo anillo de hule, de esta forma se está empleando un método de inmovilización físico del biocatalizador (bacterias), por un reactor tipo membrana.



**Figura 3.6.-** Proceso de armado del Biosensor.

7.- Una vez armado el biosensor, se procedió a la caracterización del mismo (figura 3.7); ésta se basó en el establecimiento de las condiciones óptimas de operación y el periodo de uso confiable sin cambios significativos en la sensibilidad.

8.-Las curvas de respuesta se obtuvieron de la siguiente manera: el biosensor fue sumergido en una solución amortiguadora de fosfatos, que tiene la propiedad de mantener estable el pH de una dilución, en este caso la solución amortiguadora está compuesta por fosfato monobásico de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) y fosfato dibásico de potasio ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), con 0.01 de molaridad y pH7, (buffer) sin materia orgánica y se permite que la señal generada por el sensor de oxígeno alcance un valor constante. En ese momento el biosensor es sumergido en soluciones de materia orgánica en concentraciones de 360mg/L, 180mg/L y 90mg/L de glucosa y ácido glutámico, observándose con cada concentración una disminución en la corriente hasta alcanzar un régimen permanente. De esta curva, se establece como tiempo de respuesta, al tiempo requerido para alcanzar 95% de la corriente final al someter al biosensor a un cambio escalonado en la DBO. A partir de la curva de respuesta se obtuvo la curva de calibración, relacionando la concentración de materia orgánica y la diferencia del oxígeno disuelto consumido ( $\Delta$ ). Para obtener las curvas de respuesta con el sensor de oxígeno disuelto YSI 58, las lecturas se tomaron cada 10 segundos (Tablas 3.2, 3.3 y 3.4.). El consumo de oxígeno por las bacterias inmovilizadas fue proporcional al consumo de oxígeno en función del consumo equimolar (Una mol de oxígeno consumido es igual a una mol de materia orgánica oxidada). Con estas curvas de respuesta y calibración con concentraciones conocidas de materia orgánica es posible determinar la DBO del agua residual, únicamente se introduce el biosensor en la muestra de agua residual y se registran los datos cada 10 segundos, con ellos se obtiene una curva de respuesta que a su vez es comparada con la curva de calibración ya establecida y por extrapolación se obtiene el valor de la DBO de la muestra problema.



**Figura 3.7.-** Proceso de caracterización del biosensor y obtención de los datos para generar las curvas de respuesta y la curva de calibración.

**Tabla 3.2.- Lecturas del consumo de oxígeno disuelto con el biosensor, concentración de la dilución 360 mg/L.**

Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L
<b>0</b>	<b>6.55</b>						
<b>10</b>	6.54	10	6.48	10	6.46	10	6.41
<b>20</b>	6.54	20	6.48	20	6.46	20	6.41
<b>30</b>	6.54	30	6.48	30	6.46	30	6.40
<b>40</b>	6.53	40	6.48	40	6.46	40	6.40
<b>50</b>	6.52	50	6.48	50	6.46	50	6.40
<b>1 minuto</b>	<b>6.52</b>	<b>6</b>	<b>6.48</b>	<b>11</b>	<b>6.47</b>	<b>16</b>	<b>6.40</b>
<b>10</b>	6.52	10	6.48	10	6.48	10	6.40
<b>20</b>	6.52	20	6.47	20	6.48	20	6.40
<b>30</b>	6.52	30	6.47	30	6.49	30	6.40
<b>40</b>	6.51	40	6.47	40	6.49	40	6.40
<b>50</b>	6.51	50	6.47	50	6.48	50	6.40
<b>2 minutos</b>	<b>6.50</b>	<b>7</b>	<b>6.47</b>	<b>12</b>	<b>6.48</b>	<b>17</b>	<b>6.40</b>
<b>10</b>	6.50	10	6.47	10	6.48	10	6.40
<b>20</b>	6.50	20	6.48	20	6.48	20	6.40
<b>30</b>	6.50	30	6.48	30	6.47	30	6.40
<b>40</b>	6.50	40	6.48	40	6.47	40	6.40
<b>50</b>	6.50	50	6.48	50	6.47	50	6.40
<b>3 minutos</b>	<b>6.50</b>	<b>8</b>	<b>6.48</b>	<b>13</b>	<b>6.47</b>	<b>18</b>	<b>6.40</b>
<b>10</b>	6.49	10	6.47	10	6.46	10	6.40
<b>20</b>	6.49	20	6.47	20	6.46	20	6.40
<b>30</b>	6.49	30	6.47	30	6.46	30	6.40
<b>40</b>	6.49	40	6.47	40	6.45	40	6.40
<b>50</b>	6.48	50	6.47	50	6.45	50	6.40
<b>4 minutos</b>	<b>6.48</b>	<b>9</b>	<b>6.47</b>	<b>14</b>	<b>6.45</b>	<b>19</b>	<b>6.40</b>
<b>10</b>	6.49	10	6.47	10	6.44	10	6.40
<b>20</b>	6.49	20	6.47	20	6.44	20	6.40
<b>30</b>	6.49	30	6.47	30	6.44	30	6.40
<b>40</b>	6.49	40	6.47	40	6.43	40	6.40
<b>50</b>	6.49	50	6.47	50	6.43	50	6.40
<b>5 minutos</b>	<b>6.48</b>	<b>10</b>	<b>6.46</b>	<b>15</b>	<b>6.42</b>	<b>20</b>	<b>6.40</b>
<b><math>\Delta=6.55-6.40</math></b>							<b><u><math>\Delta=0.15</math></u></b>

**Tabla 3.3.- Lecturas del consumo de oxígeno disuelto con el biosensor, concentración de la dilución 180 mg/L.**

Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L
<b>0</b>	<b>6.61</b>						
<b>10</b>	6.61	10	6.50	10	6.40	10	6.40
<b>20</b>	6.61	20	6.50	20	6.40	20	6.40
<b>30</b>	6.61	30	6.50	30	6.40	30	6.40
<b>40</b>	6.61	40	6.50	40	6.40	40	6.40
<b>50</b>	6.55	50	6.51	50	6.40	50	6.40
<b>1 minuto</b>	<b>6.54</b>	<b>6</b>	<b>6.51</b>	<b>11</b>	<b>6.40</b>	<b>16</b>	<b>6.40</b>
<b>10</b>	6.53	10	6.54	10	6.40	10	6.40
<b>20</b>	6.53	20	6.54	20	6.40	20	6.40
<b>30</b>	6.52	30	6.55	30	6.40	30	6.40
<b>40</b>	6.55	40	6.52	40	6.40	40	6.40
<b>50</b>	6.56	50	6.45	50	6.40	50	6.40
<b>2 minutos</b>	<b>6.57</b>	<b>7</b>	<b>6.45</b>	<b>12</b>	<b>6.40</b>	<b>17</b>	<b>6.40</b>
<b>10</b>	6.56	10	6.44	10	6.40	10	6.40
<b>20</b>	6.54	20	6.44	20	6.40	20	6.40
<b>30</b>	6.53	30	6.44	30	6.40	30	6.40
<b>40</b>	6.53	40	6.43	40	6.40	40	6.40
<b>50</b>	6.53	50	6.43	50	6.40	50	6.40
<b>3 minutos</b>	<b>6.53</b>	<b>8</b>	<b>6.43</b>	<b>13</b>	<b>6.40</b>	<b>18</b>	<b>6.40</b>
<b>10</b>	6.54	10	6.42	10	6.40	10	6.40
<b>20</b>	6.55	20	6.42	20	6.40	20	6.40
<b>30</b>	6.55	30	6.41	30	6.40	30	6.40
<b>40</b>	6.60	40	6.41	40	6.40	40	6.40
<b>50</b>	6.60	50	6.41	50	6.40	50	6.40
<b>4 minutos</b>	<b>6.60</b>	<b>9</b>	<b>6.41</b>	<b>14</b>	<b>6.40</b>	<b>19</b>	<b>6.40</b>
<b>10</b>	6.59	10	6.41	10	6.40	10	6.40
<b>20</b>	6.57	20	6.41	20	6.40	20	6.40
<b>30</b>	6.56	30	6.41	30	6.40	30	6.40
<b>40</b>	6.55	40	6.41	40	6.40	40	6.40
<b>50</b>	6.54	50	6.41	50	6.40	50	6.40
<b>5 minutos</b>	<b>6.52</b>	<b>10</b>	<b>6.41</b>	<b>15</b>	<b>6.40</b>	<b>20</b>	<b>6.40</b>
<b><math>\Delta=6.61-6.40</math></b>							<b><math>\Delta=0.21</math></b>

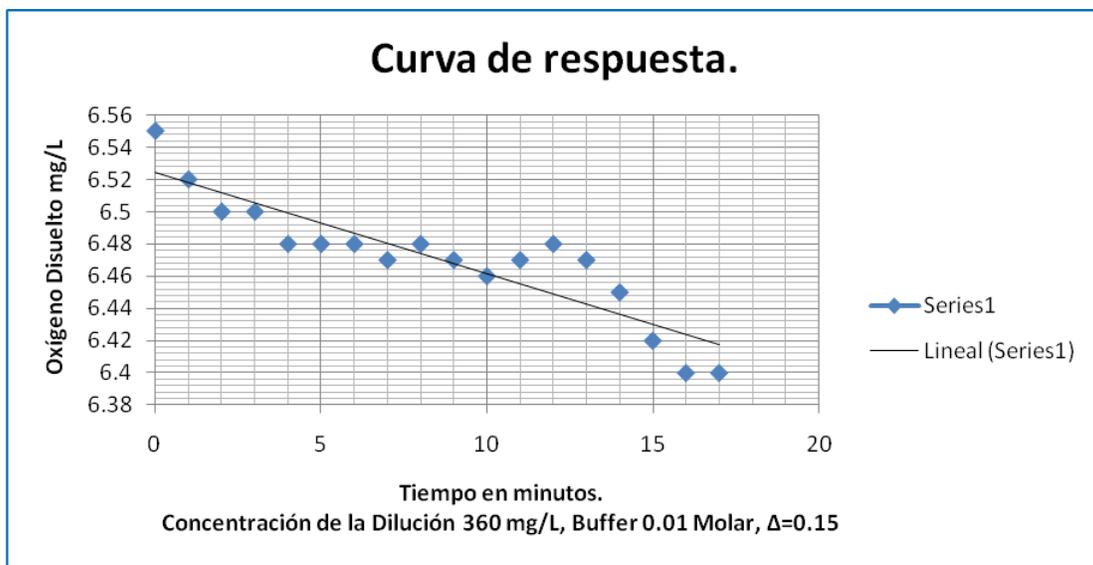
**Tabla 3.4.- Lecturas del consumo de oxígeno disuelto con el biosensor, concentración de la dilución 90 mg/L.**

Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L	Tiempo segundos	OD mg/L
<b>0</b>	<b>6.75</b>						
10	6.75	10	6.66	10	6.59	10	6.52
20	6.75	20	6.66	20	6.59	20	6.52
30	6.74	30	6.66	30	6.57	30	6.52
40	6.74	40	6.65	40	6.57	40	6.52
50	6.74	50	6.64	50	6.56	50	6.52
<b>1 minuto</b>	<b>6.73</b>	<b>6</b>	<b>6.64</b>	<b>11</b>	<b>6.57</b>	<b>16</b>	<b>6.52</b>
10	6.72	10	6.64	10	6.57	10	6.52
20	6.72	20	6.63	20	6.57	20	6.52
30	6.72	30	6.63	30	6.57	30	6.52
40	6.71	40	6.63	40	6.57	40	6.52
50	6.71	50	6.62	50	6.57	50	6.52
<b>2 minutos</b>	<b>6.71</b>	<b>7</b>	<b>6.62</b>	<b>12</b>	<b>6.57</b>	<b>17</b>	<b>6.51</b>
10	6.70	10	6.62	10	6.57	10	6.51
20	6.69	20	6.62	20	6.57	20	6.51
30	6.68	30	6.62	30	6.56	30	6.51
40	6.68	40	6.61	40	6.56	40	6.51
50	6.68	50	6.61	50	6.55	50	6.51
<b>3 minutos</b>	<b>6.67</b>	<b>8</b>	<b>6.61</b>	<b>13</b>	<b>6.55</b>	<b>18</b>	<b>6.51</b>
10	6.67	10	6.60	10	6.55	10	.51
20	6.68	20	6.60	20	6.54	20	6.51
30	6.68	30	6.60	30	6.54	30	6.51
40	6.68	40	6.60	40	6.54	40	6.51
50	6.67	50	6.59	50	6.53	50	6.51
<b>4 minutos</b>	<b>6.66</b>	<b>9</b>	<b>6.59</b>	<b>14</b>	<b>6.54</b>	<b>19</b>	<b>6.51</b>
10	6.66	10	6.59	10	6.54	10	6.51
20	6.66	20	6.59	20	6.54	20	6.51
30	6.66	30	6.59	30	6.53	30	6.51
40	6.66	40	6.59	40	6.53	40	6.51
50	6.66	50	6.59	50	6.53	50	6.51
<b>5 minutos</b>	<b>6.66</b>	<b>10</b>	<b>6.59</b>	<b>15</b>	<b>6.53</b>	<b>20</b>	<b>6.51</b>
<b><math>\Delta=6.75-6.51</math></b>							<b><math>\underline{\Delta=0.24}</math></b>

### 3.2.5.-Resultados.

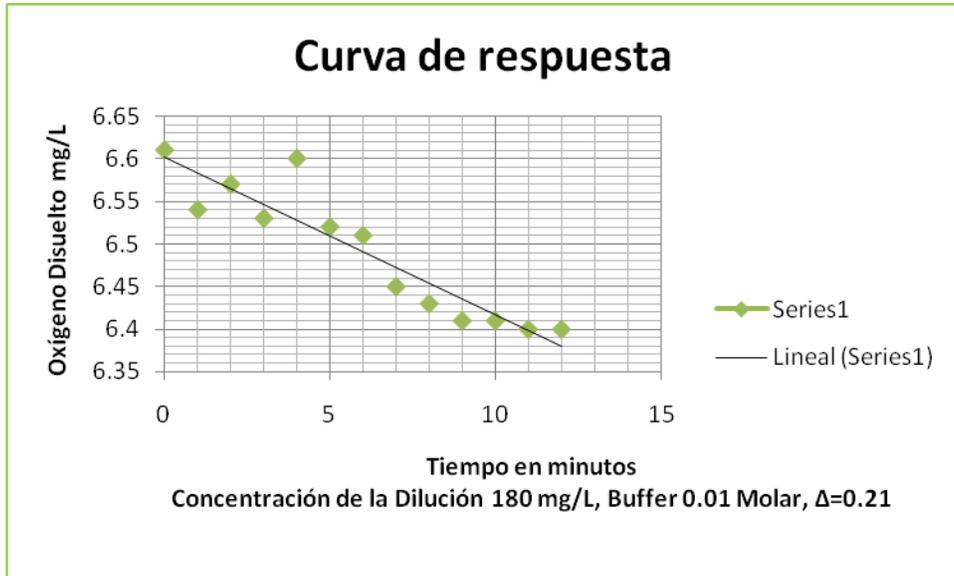
Las graficas 3.1, 3.2 y 3.3, **muestran las curvas de respuesta** obtenidas con el biosensor, cuando el electrodo microbiano es sumergido en una muestra, las bacterias inmobilizadas comienzan a respirar, oxidando la materia orgánica de la solución. El consumo de oxígeno ocasiona una disminución en la corriente del electrodo, finalmente, se alcanza un valor constante en el régimen permanente, cuando el consumo y la difusión de oxígeno en la membrana son iguales.

**La curva de calibración** se presenta en la (grafica 3.4) esta se construyo a *partir de los consumos de oxígeno* ( $\Delta=0.15, 0.21$  y  $0.24$ ), *en función de la concentración de materia orgánica* (360mg/L, 180mg/L y 90mg/L). Delta  $\Delta=$  [Oxígeno sin materia orgánica]-[Oxígeno consumido por materia orgánica]. Esta última es la grafica que sirve para el cálculo de la DBO por extrapolación de las muestras de agua residual.



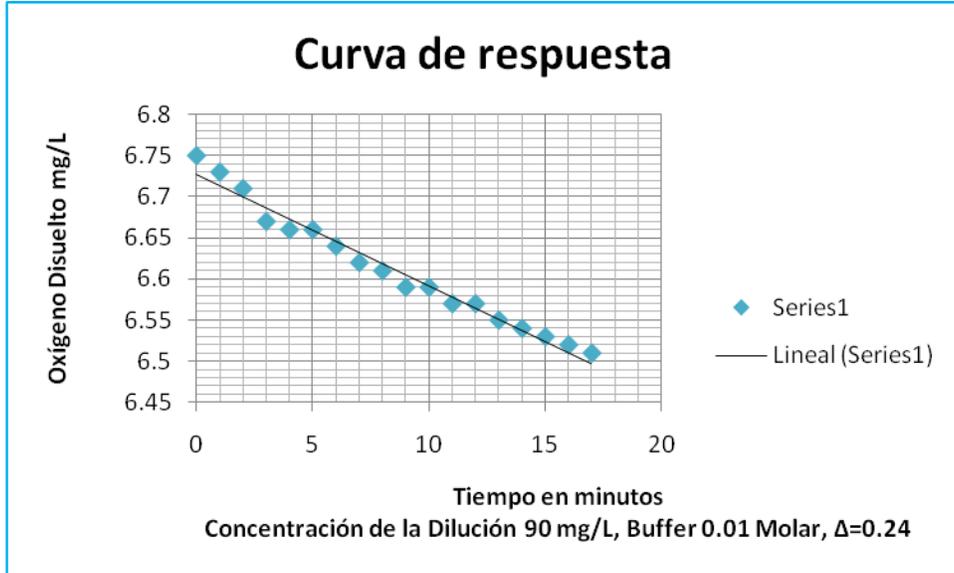
**Nota:** Delta  $\Delta=$  [Oxígeno sin materia orgánica]-[Oxígeno consumido por materia orgánica].

**Grafica 3.1.-** Curva de respuesta que muestra el consumo de oxígeno disuelto y al mismo tiempo la oxidación de la materia orgánica (concentración de la dilución 360mg/L de glucosa/ácido glutámico), por una población heterogénea de bacterias, a través del tiempo.



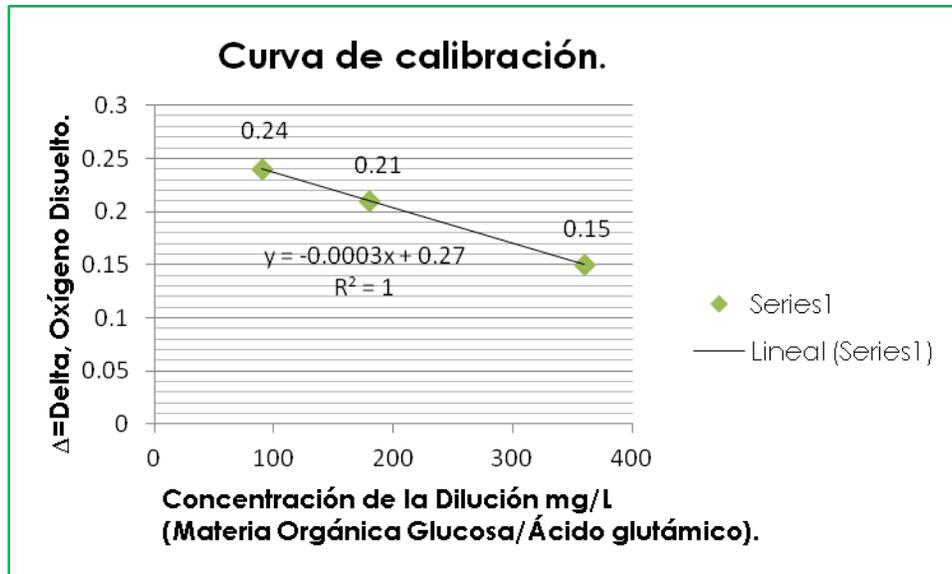
**Nota:** Delta  $\Delta$ = [Oxígeno sin materia orgánica]-[Oxígeno consumido por materia orgánica].

**Grafica 3.2.-** Curva de respuesta que muestra el consumo de oxígeno disuelto y al mismo tiempo la oxidación de la materia orgánica (concentración de la dilución 180mg/L de glucosa/ácido glutámico), por una población heterogénea de bacterias, a través del tiempo.



**Nota:** Delta  $\Delta$ = [Oxígeno sin materia orgánica]-[Oxígeno consumido por materia orgánica].

**Grafica 3.3.-** Curva de respuesta que muestra el consumo de oxígeno disuelto y al mismo tiempo la oxidación de la materia orgánica (concentración de la dilución 90mg/L de glucosa/ácido glutámico), por una población heterogénea de bacterias, a través del tiempo.



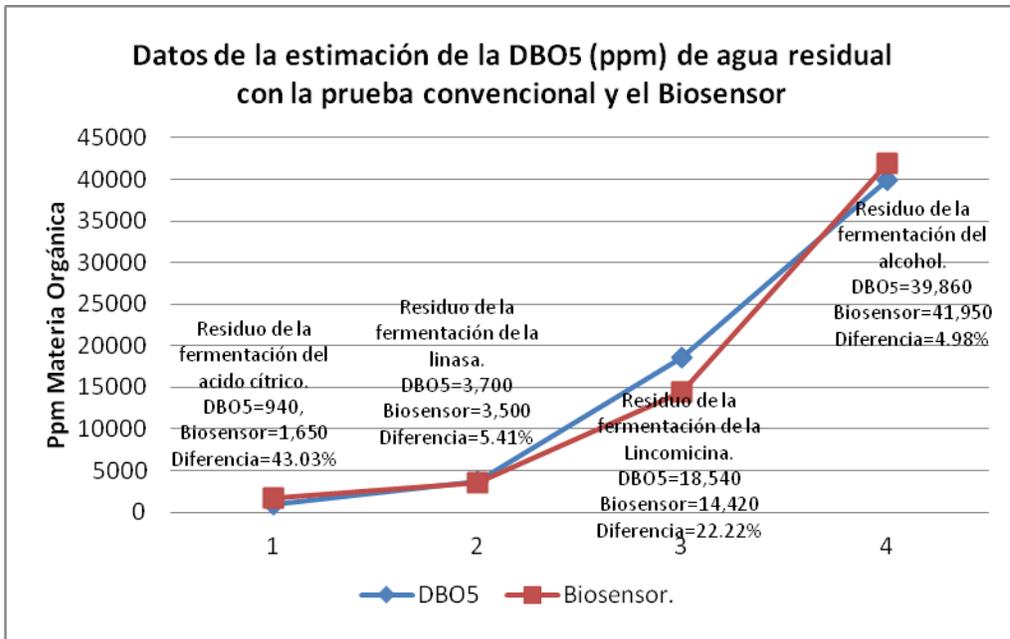
**Nota:** Delta  $\Delta$ = [Oxígeno sin materia orgánica]-[Oxígeno consumido por materia orgánica]

**Grafica 3.4.-** Curva de calibración que muestra la variación de oxígeno disuelto ( $\Delta=0.15, 0.21$  y  $0.24$ ) de acuerdo a la materia orgánica oxidada o consumida en diferentes concentraciones 90mg/L, 180mg/L y 360mg/L de glucosa/ácido glutámico.

El análisis comparativo de resultados obtenidos con el método convencional para  $DBO_5$  y el Biosensor se presenta en la tabla 3.5 y grafica 3.5.

**Tabla 3.5. Estimación de la DBO (ppm) de agua residual con la Prueba convencional y el Biosensor.**

Agua residual	$DBO_5$	Biosensor.	Diferencia %
Residuo de la fermentación del ácido cítrico	940	1,650	43.03%
Residuo de la fermentación de la Lisina (aminoácido).	3,700	3,500	5.41%
Residuo de la fermentación de la Lincomicina (antibiótico)	18,540	14,420	22.22%
Residuo de la fermentación del Alcohol	39,860	41,950	4.98%



**Grafica 3.5.** DBO<sub>5</sub> VS Biosensor.

Como puede observarse en la grafica 3.5., las muestras del residuo de la fermentación del ácido cítrico y la lincomicina, presentan una variación que puede deberse al manejo de la muestra durante la dilución para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno.

### 3.2.6.-Conclusiones.

Los resultados del presente trabajo representan una propuesta en los esfuerzos tendientes a solucionar algunos de los retrasos que existen en los sistemas de monitoreo de aguas residuales en un parámetro esencial para definir el índice de calidad del agua.

Las principales aportaciones de esta técnica, aparte del aspecto de reducción de costos en el análisis de la DBO constituyen:

- a) La reducción de tiempo de análisis de 5 días (técnica convencional DBO<sub>5</sub>), a 15 o 20 minutos empleando el biosensor.
- b) La posibilidad real, además de monitorear, controlar la DBO en sistemas de tratamiento de aguas de desecho.

Los resultados de este trabajo reflejan el gran potencial que tiene el uso de instrumentación en combinación con disciplinas como la electrónica y la microbiología, sin embargo, no se debe olvidar que los resultados son útiles siempre y cuando se consideren las limitaciones que presenta la determinación de la DBO, debido al amplio rango de sustancias individuales presentes en aguas residuales y cuyo funcionamiento optimo depende considerablemente de las condiciones de la prueba y de los microorganismos utilizados.

Estos resultados son muy promisorios en el campo del monitoreo de descargas de aguas residuales y su respectivo cobro-pago de los derechos que establece la LFD y que son en función de la concentración de los contaminantes y volumen de agua que afectan la calidad del medio ambiente y de las aguas disponibles. Su mejora continua y aplicación real en campo ayudarán teniendo un fuerte impacto en los objetivos de preservación ecológica y financiero de la Agenda del Agua 2030 del sector hídrico en el país.

## CAPITULO 4

### TELEMETRÍA APLICADA A LA HIDROLOGÍA.

En este capítulo se presentan los **principales componentes de un sistema de telemetría y costo** para determinar cantidad y calidad del agua.

#### 4.1.- INTRODUCCIÓN.

Una de las prioridades hoy en día es la conservación de los recursos naturales entre ellos el agua, cada día se hace más difícil disponer del agua dulce apta para consumo humano, por ello el gobierno ha puesto mayor interés e inversión de capital en programas para regular cantidad y calidad del agua, ya que actualmente los sistemas empleados son obsoletos e ineficientes para controlar la creciente demanda del recurso hídrico, a su vez los avances científicos muestran a la telemetría como una herramienta para el control y eficientización de los recursos hídricos, por ello el principal reto es poder integrar un sistema de telemetría de adquisición de datos que tenga como principal función medir parámetros de calidad y cantidad del agua, que sea capaz de generar información en tiempo real, continua y confiable, así como analizar y presentar la información en línea, para la oportuna toma de decisiones con el fin de alcanzar la gestión integrada de los recursos hídricos, por medio del pago de derechos del agua y alcanzar su desarrollo integral sustentable.

#### 4.2.- DEFINICIÓN DE HIDROLOGÍA.

Del [griego](#) ὕδωρ (hidro): agua, y λογος (logos) estudio. La hidrología versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa del agua sobre la tierra. La ingeniería hidrológica incluye aquellas partes del campo que atañen al diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y el uso del agua. La materia de que trata la hidrología puede ser clasificada en forma amplia en dos fases: recolección de datos y métodos de análisis. (*Linsley, et al., 1988*).

#### 4.3.- HIDROLOGÍA EN TIEMPO REAL.

Es la rama más nueva de la hidrología, y se populariza a partir de los años 1960 - 70, con el auge de las redes telemétricas, donde sensores ubicados en varios puntos de una cuenca transmiten, en tiempo real los datos a una central operativa donde son analizados inmediatamente para utilizarlos en auxilio de la toma de decisiones de carácter operativo, como abrir o cerrar compuertas de una determinada obra hidráulica (<http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrolog%C3%ADa>).

#### 4.4.- CONCEPTO Y FINALIDAD DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA.

Telemetría del griego τῆλε (tele), que quiere decir a distancia, y μέτρον (metrón), que quiere decir medida. La finalidad de un sistema de telemetría es medir magnitudes físicas como, presión, temperatura, nivel de agua, humedad, caudal, corriente, etc; por medio de adquisición de datos, mediante la utilización de dispositivos electrónicos, para después enviar la información por redes comúnmente inalámbrica como celular, radio, satelital, microondas; aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera). Para finalmente almacenar y procesar la información capturada por los sensores en equipo informático.

#### 4.5.- PRINCIPALES COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA.

Un sistema de Telemetría (fig.4.1) está compuesto básicamente de cuatro componentes:

- Sensores de la variable física que se quiere monitorear.
- Codificadores o controladores de la información medida y transmisor de datos.
- Medios de comunicación.
- Equipo receptor capaz de decodificar, almacenar y procesar la información.

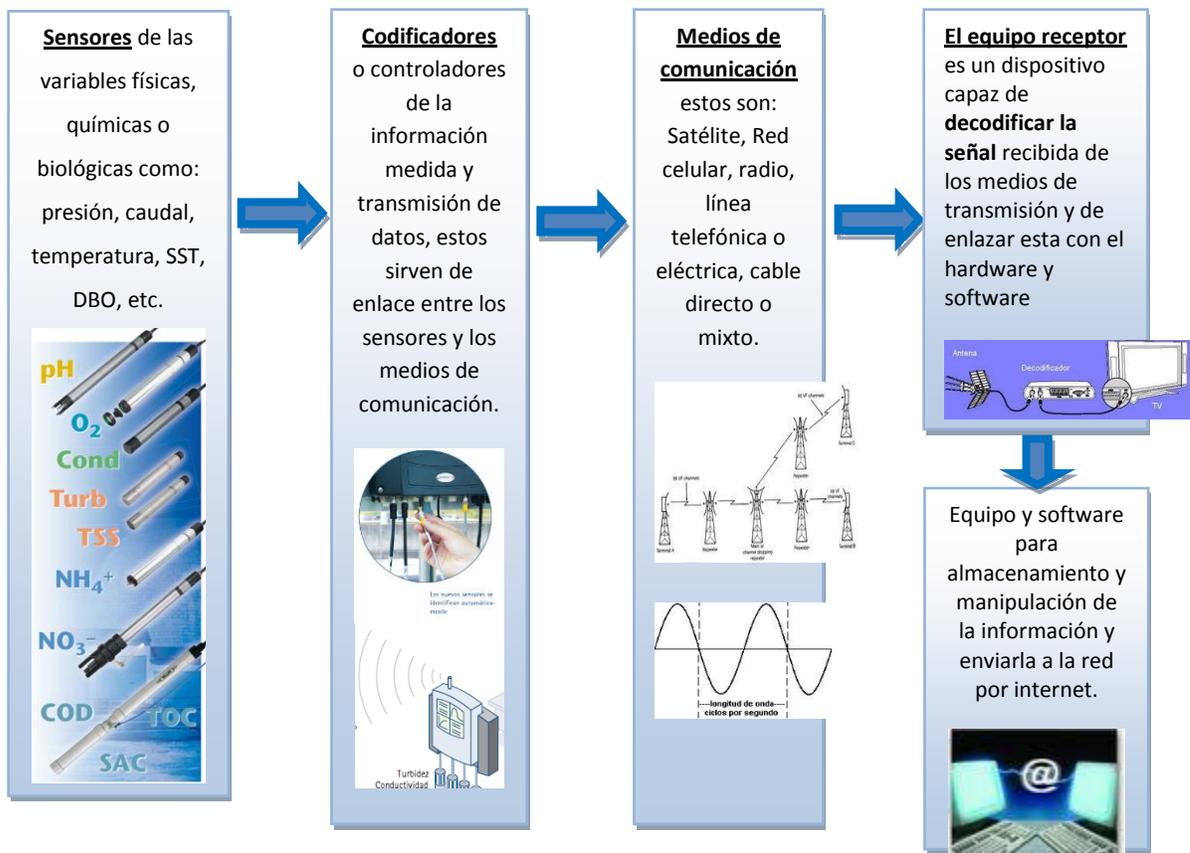


Fig.4.1.- Principales componentes de un sistema de telemetría.

#### 4.5.1.- Definición de Sensor.

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas, químicas o biológicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en señales eléctricas. ([es.wikipedia.org/wiki/Sensor](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor)). Entre los sensores que podemos encontrar en el mercado se pueden clasificar en dos grupos de acuerdo a su forma de transmitir las variables medidas como sigue:

**1.-Sensores alámbricos:** Este tipo de sensores necesitan un cable que va conectado a un codificador, transductor o controlador, para que estos mismos envíen la señal por algún medio de transmisión ya sea alámbrica, inalámbrica o mixta.

**2.-Sensores inalámbricos:** Este tipo de sensores (fig. 4.2) son nano aparatos autónomos capaces de una comunicación sin cable y suponen uno de los avances tecnológicos más investigados en la actualidad. A través de redes de sensores, se puede integrar funcionalidades que antes eran independientes unas de otras, con el fin de lograr máxima eficiencia sobre todo en los campos de consumo y gestión de energía. La diferencia entre los sensores que todos conocemos y la nueva generación de redes de sensores sin cable es que estos últimos son inteligentes (es decir, capaces de poner en marcha una acción según la información que vayan acumulando) y no son limitados por un cable fijo. Pero nuevos avances en la fabricación de microchips de radio, nuevas formas de routers y nuevos programas informáticos relacionados con redes están logrando eliminar los cables de las redes de sensores, multiplicando así su potencial. Las redes de sensores pueden utilizar distintas tecnologías de sin cable, incluyendo IEEE 802.11, LANS sin cable, Bluetooth y identificación de la frecuencia de radio. Actualmente se trabaja con radios de baja frecuencia con un alcance de hasta 80 metros y velocidades de hasta 300 Kb/segundo. Las últimas investigaciones apuntan hacia una eventual proliferación de redes de sensores inteligentes, redes que recogerán enormes cantidades de información hasta ahora no registrada que contribuirá de forma favorable al buen funcionamiento de la gestión y eficientización de los recursos naturales, al cuidado de cultivos, a tareas domésticas, a la organización del trabajo y a la predicción de desastres naturales como los terremotos. Aunque la tecnología relacionada con las redes de sensores sin cable está todavía en su primera fase, equipos de investigación en la Universidad de California Berkeley ya han fabricado una caja que se puede adaptar a muchos tipos de sensores. Los científicos utilizan los sensores sin cable para encontrar y controlar microclimas y plagas en plantaciones de uva, para estudiar los hábitos de aves y para controlar sistemas de ventilación y calefacción. En la Universidad de California Los Ángeles, investigadores utilizan las redes de sensores sin cable para recibir información detallada sobre el efecto de los movimientos sísmicos en los edificios. Si los avances tecnológicos en este campo siguen a la misma velocidad que han hecho en los últimos 2 años, las redes de sensores sin cable revolucionará la capacidad de interacción de los seres humanos con el mundo. ([http://www.euroresidentes.com/Blogs/avances\\_tecnologicos/2004/06/redes-de-sensores-sin-cable.htm](http://www.euroresidentes.com/Blogs/avances_tecnologicos/2004/06/redes-de-sensores-sin-cable.htm))



Fig. 4.2.- Sensor para medir pH, conductividad y oxígeno disuelto, transmite datos por medio de ondas de radio (Bluetooth).

#### 4.5.1.1.- Sensores que miden cantidad y calidad del agua.

Para la selección de los **sensores** se debe saber que **parámetros del agua se quiere medir**, además tomar en cuenta cómo; la **tecnología que usan**, **precisión**, **versatilidad**, **condiciones de trabajo**, **mantenimiento mínimo**, **calibración**, **materiales con los que están contruidos para su durabilidad al intemperie**, **como transmiten los datos a un sistema de telemetría**, **fuentes de alimentación interna o externa**, etc. Ya que en el mercado mundial hay bastantes empresas que se dedican al diseño, producción y venta de estos sensores.

A continuación se presenta la tabla 4.1 con las normas mexicanas que establecen los métodos de prueba para medir caudal y contaminantes básicos del agua, así mismo el principio usado por los sensores y su nombre comercial, ya que estos también determinan la cantidad y calidad del agua que los métodos establecidos por las normas mexicanas.

Tabla 4.1 Sensores para medir cantidad y calidad del agua.				
CONTAMINANTES BÁSICOS.				
PARAMETRO	NORMAS MEXICANAS	MÉTODO DE PRUEBA ESTABLECIDAS NMX.	PRINCIPIO USADO POR LOS SENSORES	NOMBRE DE LOS SENSORES.
Temperatura °C	NMX-AA-007-SCFI-2000.	MÉTODO VISUAL CON TERMOMETRO	MEDIDOR DE RESISTENCIA NTC.	VONROLLHYDROBOX. SensoLyt® 700 de wtw
P.H	NMX-AA-008-SCFI-2000.	MÉTODO POTENCIOMÉTRICO.	ELECTRODO DE VIDRIO GALVANIZADO	VONROLLHYDROBOX. SensoLyt® SEA / SE* de wtw
Coliformes totales y fecales.	NMX-AA-042-1987.	MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLES DE FERMENTACIÓN.	CITOMETRIA DE FLUJO LASER.	BIOSENTRY.
Huevos de helmintos.	NMX-AA-113-SCFI-1999.	DIFERENCIA DE DENSIDADES, COAGULACIÓN, SEDIMENTACIÓN, FLOTACIÓN, DECANTACIÓN Y LA TÉCNICA BIFÁSICA.	CITOMETRIA DE FLUJO LASER.	BIOSENTRY.
Grasas y aceites	NMX-AA-005-SCFI-2000.	MÉTODO DE EXTRACCIÓN SOXHLET	CORRELACIONADO CON ESPECTRÓMETRO UV-VIS DE 254 NM.	VONROLLHYDROBOX. CarboVis® y NiCaVis® de wtw
Materia flotante	NMX-AA-006-SCFI-2010.	MÉTODO VISUAL CON MALLA ESPECIFICA		-----
Sólidos sedimentales ml/l	NMX-AA-004-SCFI-2000.	MÉTODO DEL CONO IMHOFF	CORRELACIONA-DO CON ESPECTRÓMETRO UV-VIS DE 254 NM.	VONROLLHYDROBOX. CarboVis® y NiCaVis® de wtw
Sólidos suspendidos totales	NMX-AA-034-SCFI-2001.	MÉTODO GRAVIMÉTRICO.	CORRELACIONADO CON ESPECTRÓMETRO UV-VIS DE 254 NM.	VONROLLHYDROBOX. ViSolid® de wtw
Demanda bioquímica de oxígeno DBO.	NMX-AA-028-SCFI-2001.	MÉTODO DE INCUBACIÓN POR 5 DIAS/ DILUCIONES	CORRELACIONADO CON ESPECTRÓMETRO UV-VIS DE 254 NM.	VONROLLHYDROBOX. CarboVis® y NiCaVis® de wtw

Tabla 4.1 Sensores para medir cantidad y calidad del agua (continuación).

Nitrógeno total	NMX-AA-026-SCFI-2010.	MÉTODO KJELDAHL.	CORRELACIONADO CON ESPECTRÓMETRO UV-VIS DE 254 NM	NitraLyt® Plus / NitraVis®-System / de wtw
Fosforo total	NMX-AA-029-SCFI-2001.	MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO.	CORRELACIONADO CON ESPECTRÓMETRO UV-VIS DE 254 NM	TresCon® OP 510 de wtw
<b>CAUDALIMETROS</b>				
CANTIDAD DE AGUA EN CONDUCTOS CERRADOS	NOM-012-SCFI-1994	VOLUMEN/VELOCIDAD	ELECTROMAGNÉTICO	WATERFLUX KROHNE 3070 C
CANTIDAD DE AGUA EN CANALES ABIERTOS	-----	-----	ULTRASONICOS	OPTISOUND 3010 C DE KROHNE

#### 4.5.2.-Codificadores o controladores de la información medida y transmisor de datos.

Es un dispositivo que convierte los datos medidos por los sensores de manera que puedan ser transmitidos como señal codificada utilizando algún tipo de canal de transmisión (tabla 4.2).

Tabla 4.2.-Controladores para sensores (Terminal controladora de nodos).

Compañía	WTW	HATCH	YSI
			
No. Sensores que pueden conectarse	Módulos de 1-4 Apilables hasta 20 sensores	Hasta 8 sensores	Uno o dos
Versatilidad para conexión de sensores	-----	Controlador estándar para todos los sensores.	-----
Transmisión de datos a distancia.	Modulo de comunicación GSM Mensajes por SMS o E-mail.	Modulo de comunicación GSM Mensajes por SMS o E-mail.	Modulo de comunicación GSM Mensajes por SMS o E-mail.

El proceso de transmisión de datos es muy parecido a un codificador de información. Los datos que se requieren enviar a través del medio de transmisión deben de cumplir con ciertas características para que puedan utilizar el canal de transmisión, si se envía en forma de paquetes,

puede ser requerida información adicional como la del destinatario o el método de envío que se necesita usar, otro ejemplo puede ser cuando la cantidad de información que se envía excede las capacidades del medio de transmisión (como el ancho de banda), entonces, es necesario utilizar algoritmos de compresión o disminuir la tasa de transmisión (Mínguez, 2009).

Las técnicas de codificación que se utilizan suelen ser digitales. Por lo general se envía más de una señal al mismo tiempo por el canal de transmisión. La codificación por modulación de impulsos, por la cual las ondas se transforman en una señal en código binario, se ha desarrollado en las últimas décadas gracias a los avances ocurridos en el campo de la computación digital y en la microelectrónica.

#### **4.5.3.- Medios de comunicación.**

Los medios de comunicación o transmisión de datos pueden realizarse a través de cables o inalámbricamente ambos presentan ventajas y desventajas (figura 4.3 y tabla 4.3). La cantidad de protocolos de comunicación existentes son muchas, y cada una se ha adaptado de acuerdo a las características presentadas por el ambiente que rodea al medio de transmisión. A través de un medio cableado, se añade a los datos mayor seguridad, integridad e inmunidad al ruido comparado con los medio inalámbricos, además existen topologías diferentes para cumplir con requerimientos de velocidad, acceso y otras características; los medios cableados ofrecen al diseñador una rápida implementación y además sencilla como es el caso del estándar RS-232, aunque para tener obtener mejores tasas de transmisión existen otros como Ethernet y se pueden incluso formar redes de área local o LAN cuando existen varios usuarios interesados en los datos enviados. Sin embargo, el uso de las frecuencias en el aire ha logrado que en el medio científico se desarrollen sistemas muy complejos de codificación y compresión haciendo uso de protocolos robustos como 802.11 (Internet) y Bluetooth, aunque también existen otros menos complejos como 802.15.4, que es la base de la especificación de Zigbee, que ha cambiado el uso de perfiles y altas tasas de transmisión, ofrece un alcance muy amplio en áreas abiertas así como un bajo consumo de potencia y así se vuelve una solución altamente eficaz para formar redes de área personal inalámbricas o WPAN. El uso de estos medios, a diferencia de los cableados, es que proporcionan un uso eficiente del espacio haciendo que estos sistemas puedan utilizarse en cualquier sitio, otra característica importante es el reusó de la infraestructura ya establecida, los medios de transmisión inalámbricos están en constante evolución, cada vez ofrecen mayor confiabilidad y tasas de transmisión tan altas que ahora vemos como un hecho el poder realizar el envío de señales de video en tiempo real por donde hace apenas algunos años solo era posible transmitir voz (Mínguez, 2009).

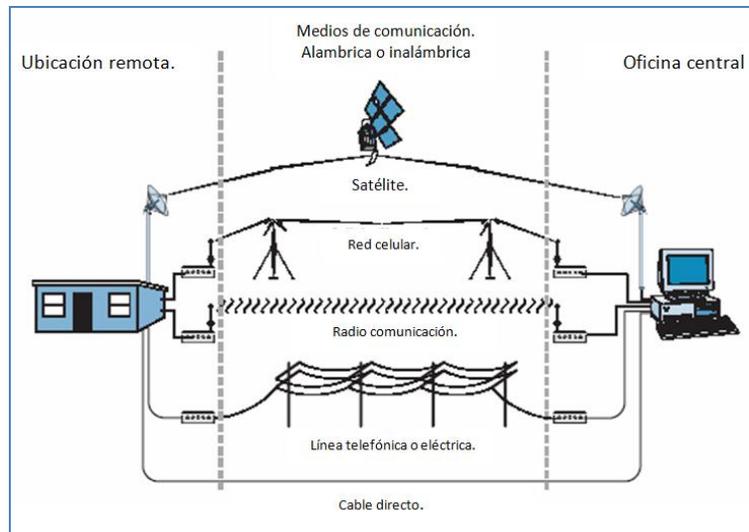


Figura 4.3.-La figura presenta cinco formas de transferencia de datos (medios de comunicación o transmisión) desde un sitio remoto a una oficina central (Dorsey, 2007).

Tabla 4.3.-Comparación de las ventajas y desventajas de los sistemas de transmisión de datos por telemetría (Dorsey, 2007).

Sistema	Ventajas	Desventajas
satélite	Largo alcance	Cuota mensual alta Equipos costosos
Red celular	Alcance ilimitado	Cuota mensual alta Equipo compartido, arrendamiento
Radio	Abaratamiento de los equipos.	Corto alcance.
Línea Telefónica o eléctrica	Alcance ilimitado Abaratamiento de los equipos.	Cuota mensual Infraestructura compartida.
Cable directo	Abaratamiento de los equipos.	Infraestructura costosa.

#### **4.5.4.- Equipo receptor.**

La recepción de datos es similar a la transmisión en el sentido que se tienen que cumplir con los mismos requerimientos de comunicación que están dados por el medio de transmisión, el subsistema que recibe la información enviada por el transmisor, debe ser capaz de interpretar el protocolo utilizado. En esta parte, si existiera alguna codificación en el envío de datos, el dispositivo encargado de la recepción debe ser capaz de decodificarlos y almacenarlos para más adelante se puedan visualizar como datos numéricos de manera tabular o gráficos. La visualización de datos puede estar relacionada con el sub-sistema que recibe los datos, ya que un proceso puede estar encargado de la recepción y almacenamiento y otro del despliegue de la información que se reproduce en el dispositivo local visualizador (Mínguez, 2009).

#### **4.6.- CASO PRÁCTICO.**

En el presente caso se tiene como ejemplo la instalación de una estación de monitoreo en una planta de tratamiento de agua residual por telemetría (fig. 4.4), así como su costo. Este sistema estará enlazado a una oficina de control de 1 Km de distancia del sistema.

Los principales puntos a considerar son:

##### **4.6.1.-Parámetros a medir y selección de sensores.**

- a) Caudal, (Caudalímetro Ultrasónico Optisound 3010 C de Krohne).
- b) Sólidos suspendidos totales (SST), (sensores CarboVis®/NiCaVis® de WTW).
- c) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), (sensores CarboVis®/NiCaVis® de WTW).

##### **4.6.2.-Terminal controladora de nodos.**

- a) Compatibilidad con la conexión de los sensores.
- b) Método de envío de datos.
- c) Medio de energía.

##### **4.6.3.-Medio de energía para el sistema de telemetría.**

- a) Panel solar.
- b) Controlador de voltaje.
- c) Batería para su almacenamiento.

##### **4.6.4.-Sistema de adquisición de datos inalámbrica.**

- a) Protocolos para el envío/recepción de datos.
- b) entrada/salidas para conectarse con los dispositivos.

##### **4.6.5.-Hardware y software para el procesamiento, manipulación y registro de datos.**

- a) Equipo de cómputo.
- b) Programas como LabView, SCADA, etc.
- c) Data logger (registrator de datos)

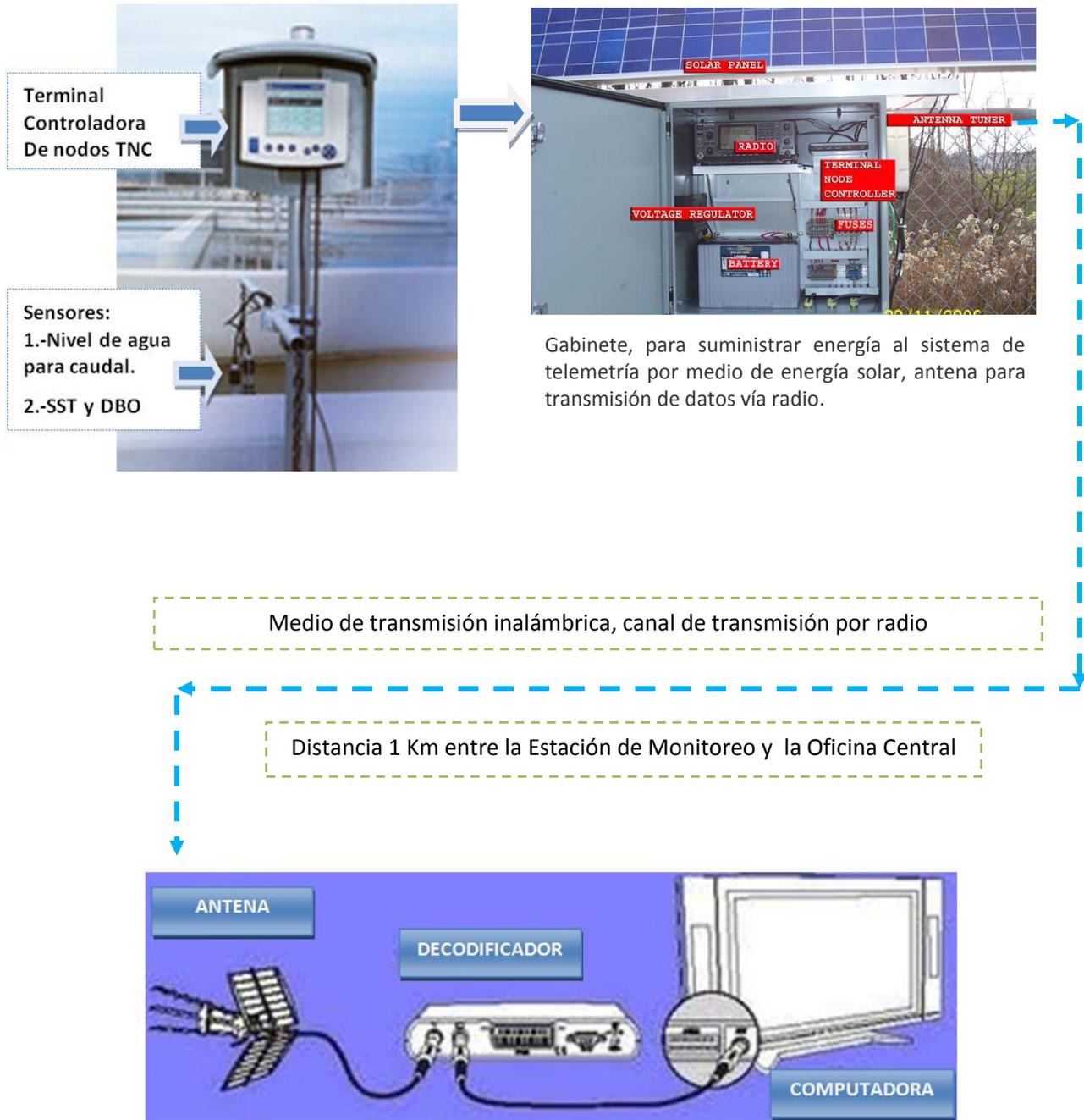


Fig.4.4.- Sistema de telemetría en una planta de tratamiento de agua residual.

#### 4.6.6.-Instalacion.

Para la aplicación de esta tecnología hay una gran variedad de aparatos de telemetría, su instalación es sencilla ya sea en canales, estanques o tubería, solo necesitan un soporte o caseta en caso de canales abiertos o estanques y para el caso de tuberías se instalan en la tubería, estos últimos tienen una flecha que indica la dirección del flujo, todos los aparatos tienen entradas y salidas para conectarse entre sí es por ello que se debe tener cuidado en verificar la compatibilidad con las entradas y salidas de las conexiones, así como los protocolos para que estén en la misma frecuencia de comunicación; también otro punto muy importante es que si hay cerca de estos aparatos una línea de alta tensión eléctrica, esta puede causar interferencia en los datos medidos. A continuación se presentan algunas figuras en las cuales se han instalado estos sistemas (Fig. 4.5).



**Fig. 4.5.-** Ejemplos de instalación de aparatos de telemetría.

#### 4.6.7.- Costos de una estación de monitoreo de calidad del agua por telemetría.

Presupuesto del equipo para la instalación de una estación de monitoreo en una planta de tratamiento de agua residual por telemetría, para medir los parámetros de calidad y cantidad del agua, que son: Sólidos suspendidos totales (SST), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y caudal. La estación estará instalada en el canal de salida de la planta y será suministrada de energía por medio de paneles solares.

Los datos se enviarán por el medio de comunicación de radio frecuencia a una distancia de 1 km donde está la oficina central.

**Tabla4.4.- Presupuesto de los aparatos de un sistema de telemetría.**

	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U \$USD.	Importe
<b>Sensores de los parámetros a medir.</b>					
1	Caudalímetro Ultrasónico Optisound 3010 C de Krohne.	Pza.	1	\$2,106.00	\$2,106.00
2	Sensores CarboVis®/NiCaVis® de WTW, para determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST).	Pza.	1	\$2,275.00	\$2,275.00
<b>Terminal controladora de nodos.</b>					
3	PC320-AC-D Proceso de Control (PN # HA3000).	Pza.	1	\$1,350.00	\$1,350.00
<b>Medio de energía para el sistema de telemetría.</b>					
4	Panel solar, Controlador de voltaje y Batería para su almacenamiento/ 12V-2.2Ah batería (PN # 00-009)	Paq.	1	\$1,000.00	\$1,000.00
<b>Sistema de adquisición de datos inalámbrica</b>					
5	Sistema de adquisición de datos inalámbrica MDS.	Pza.	2	\$1,750.00	\$3,500.00
<b>Equipo de computo</b>					
6	Software Licencia del paquete de computo LabVIEW™.	Paq.	1	\$3,000.00	\$3,000.00
7	Hardware.	Pza.	1	\$800.00	\$800.00
<b>Almacenamiento de datos</b>					
8	Data loggers.	Pza.	1	\$2,664.00	\$2,664.00
				<b>\$Total USD</b>	<b>\$16,695.00</b>
				<b>Pesos</b>	<b>\$221,806.43</b>

**Nota:** Los aparatos están cotizados en dólares americanos, los precios están sujetos a la oscilación del peso frente al dólar, no incluye IVA.

\*El tipo de cambio al día de hoy 12/10/2011/ 10:02 p.m.

**1 USD = 13.2858 MXN, 1 MXN = 0.0752686 USD.**

\*Presupuesto a grosso modo sin detalles.

\*Costos consultados en la página: <http://www.globalw.com/products/wl16.html> y

<http://pdf.directindustry.es/pdf/krohne/instrumentos-de-medida-de-nivel/5863-48354-4.html>

#### **4.7.- BENEFICIOS DE INSTALAR SISTEMAS DE TELEMETRÍA.**

- Se recibe información oportuna y en línea (WEB).
- Reducción de costos de operación.
- Eficiencia en la distribución de los recursos naturales.
- Disminución de la contaminación.
- Es posible tomar decisiones asertivas.
- Los datos recibidos son infalsificables (encriptación de datos).
- Simulación y proyección de consumos en el futuro.

#### **4.8.- PROVEEDORES DE APARATOS Y SISTEMAS DE TELEMETRÍA EN MÉXICO Y EL MUNDO.**

- Lees Lab S.A de C.V. (México).
- Telemetría de México (México).
- Ragusa telecomunicaciones. (México).
- Exemys. (Argentina).
- ICSA. (Argentina).
- IG Instrumentos. (Argentina).
- YSI. (USA).
- WTW. (Alemania).
- Hirschmann. (Alemania).
- Hach. (Alemania).
- VonRollhydro. (Suiza).
- Krohne (Alemania).

#### **4.9.- SISTEMAS EN LOS CUALES LA TELEMETRÍA PUEDE SER IMPLEMENTADA PARA DETERMINAR CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA.**

Estos sistemas pueden ser implementados en:

- Sistema de telemetría para ríos.
- Sistema de telemetría para presas.
- Sistema de telemetría para canales.
- Sistema de telemetría para depósitos de agua.
- Sistema de telemetría para centrales hidroeléctricas.
- Sistema de telemetría para redes de agua potable y alcantarillado.
- Sistema de telemetría para estaciones meteorológicas.
- Sistema de telemetría para descargas de agua residual en ríos, lagos, etc.
- Sistema de telemetría para plantas tratadoras de agua residual.

## 5.- CONCLUSIONES

En función del objetivo principal de este trabajo y una vez revisado el estado del arte y habiendo incursionado en el aspecto de los biosensores para la determinación del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del agua residual, pudimos constatar, que hay varias alternativas para mejorar los métodos actualmente establecidos por las normas, llamados métodos alternos. Por otro lado al investigar los principales componentes de un sistema de telemetría se puede decir que existen equipos comercialmente disponibles que incluyen:

- Estaciones de sensores para la medición de distintos parámetros de calidad y cantidad del agua como: temperatura, pH, DBO, DQO, SST, fosforo, nitrógeno, metales, cianuros, caudal, entre otros, con multitareas para el análisis del agua y envió de alarmas.
- Seguimiento de la información desde casi cualquier lugar en el mundo.
- Enlace a una página web.
- Encriptación de datos para asegurar resultados de calidad del agua, que son transmitidos por las ondas, entre otros.

Por lo que sí es posible medir en tiempo real la cantidad y calidad del agua, que establece la ley para el pago de derechos.

De acuerdo a la revisión documental se puede mencionar algunas ventajas que proporcionaría la telemetría:

- Eficiencia en la distribución de los recursos naturales.
- Es posible tomar decisiones asertivas.
- Los datos recibidos son infalsificables (encriptación de datos).
- Recibe información oportuna y en línea (WEB).
- Reducción de costos de operación.
- Simulación y proyección de consumos (oferta y demanda) en el futuro.

En este aspecto la ley es clara y contempla la instalación de los aparatos necesarios para la medición de la cantidad y calidad de las aguas nacionales, para beneficio público, y lograr la efficientización y modernización de los servicios de agua domésticos y públicos urbanos, para contribuir al progreso de la salud y bienestar social, mejorar la calidad y oportunidad en el servicio prestado, para alcanzar la gestión integrada de los recursos hídricos en el país.

## 6.- RECOMENDACIONES.

Se recomienda al implantar un sistema de medición por biosensores y telemetría, trabajar en:

- La reforma a la normatividad que establece los métodos de prueba para la determinación de cantidad y calidad del agua.
- Para el caso de instalar una estación de monitoreo o una red de telemetría para determinar cantidad y calidad del agua, se recomienda que el diseño de la estación o red sea a cargo de personal capacitado y especializado en la materia por ejemplo: ingenieros en telecomunicaciones, electrónica, sistemas computacionales y programadores, ya que es muy importante un diseño adecuado de la red, por las distintas necesidades que se presentan en cada caso, ya que los aparatos de telemetría son costosos.
- Estandarizar la industria de la telemetría en materia de agua, para que su inversión sea segura y no en poco tiempo la tecnología sea obsoleta.
- Buscar que los sensores así como los controladores sean universales y con bajo costo de mantenimiento en el caso de reemplazar piezas y por otro lado que la calibración sea mínima.
- Se recomienda implementar aparatos digitales ya que estos son inmunes a la interferencia.
- Cuando se decida implementar un sistema de telemetría se debe tener mucho cuidado en la elección del sistema de transferencia de datos, este puede ser alámbrico (cable coaxial, fibra óptica, etc.) o inalámbrico (radio comunicación, red celular o satelital), ya que este debe tener cobertura y alcance de conectividad de la señal desde los sitios remotos o inaccesibles a monitorear hasta la oficina central.
- Proponer a la CONAGUA, financiar la instalación de tres o cinco estaciones piloto, para la extracción de agua nacional y descarga del agua residual, por medio de telemetría, para validar sus ventajas y su uso generalizado.
- Capacitar al personal de la CONAGUA, para el manejo, calibración y mantenimiento de la telemetría.

## **7.- BIBLIOGRAFIA Y BIBLIOGRAFIA WEB.**

1.-México, D.F., Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), pub. DOF 5-02-1917, última reforma pub. DOF 17-08-2011.

2.-México, D.F., Ley de Aguas Nacionales (LAN), pub. DOF 1º-12-1992, última reforma pub. DOF 20-06-2011.

3.- México, D.F., Ley Federal de Derechos (LFD), pub. DOF 31-12-1981, última reforma pub. DOF 31-12-2010.

4.- Linsley, et al. 1988, "Hidrología para ingenieros", segunda edición, Ed. McGraw-HILL.

5.- Winkler Michael A., 1995, "Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho", segunda edición, Ed. Limusa.

6.-Galindo, Enrique; García, Juan L. "An immobilization technique yielding high enzymatic load on nylon nets", Departamento de Bioingeniería, centro de investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Biotechnology Techniques. 1990, vol. 4, núm. 6, págs. 425-428.

7.- Galindo, Enrique; et al., "Characterization of microbial membranes used for the estimation of biochemical oxygen demand with a biosensor", Departamento de Bioingeniería, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Biotechnology Techniques. 1992, vol. 6, núm. 5, págs. 399-404.

8.- Ochoa Alejo, Leonel H., 2007, 200?, "Serie autodidáctica de medición del agua, métodos y sistemas de medición de gasto", edita: Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Administración del Agua, Gerencia de Recaudación y control, Subgerencia de Inspección y Medición; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Tecnología Hidráulica, Subcoordinación de Hidráulica Rural y Urbana.

9.-Arce Velázquez, Ana Luisa; et al., 2007, 200? "Serie autodidáctica de medición de la Calidad del agua, fundamentos técnicos para el Muestreo y análisis de aguas Residuales" Edita: Comisión Nacional del Agua, La Gerencia de Recaudación y Control de la Subdirección General de Administración del Agua, La Coordinación de Tecnología Hidráulica, Instituto Mexicano de Tecnología del agua.

10.-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Norma oficial mexicana, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en bienes nacionales, NOM-001-SEMARNAT-1996., México, D.F. DOF 06-01-1997.

- 11.-Secretaría de economía (SE), Análisis de agua - guía de solicitud para la Presentación de métodos alternos, NMX-AA-116-SCFI-2001, México, D.F., DOF 02-11-1999.
- 12.-Dorsey, Paul, 2007, "Watershed Sensor Network Non-Line-Of-Sight Data Telemetry System", (Master Thesis, University of Cincinnati). [En línea]. Consultado: [Mayo/Junio, 2011] Disponible en: [http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=ucin1183994884](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin1183994884),  
<http://hdl.handle.net/2374.OX/10984>
- 13.-Mínguez, Daniel, 2009, "Monitoreo de parámetros a través de un sistema de telemetría", (tesina de especialidad, instituto Politécnico Nacional/ Centro de investigación y desarrollo de tecnología digital de Tijuana, B.C.). [En línea]. Consultado: [Junio/Julio, 2011] Disponible en: [www.citedi.mx/node/62](http://www.citedi.mx/node/62)
14. - Servicios de ingeniería y desarrollo tecnológico, lees lab, [En línea]. Consultado: [Enero/Abril, 2011] Disponible en: [http:// www.leeslab.com.mx](http://www.leeslab.com.mx)
15. - Technology with a future, vonRoll hydro, [En línea]. Consultado: [Diciembre/Febrero, 2010/2011] Disponible en: <http://www.vonroll-hydro.es>
16. - Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, WTW, [En línea]. Consultado: [Diciembre/Febrero, 2010/2011] Disponible en: [http:// www.wtw.com](http://www.wtw.com)
17. - Company manufactures and distributes analytical instruments, Hach, [En línea]. Consultado: [Diciembre/Febrero, 2010/2011] Disponible en: <http://www.hach.com>
- 18.- Enciclopedia libre, wikipedia, [En línea]. Consultado: [Diciembre/Febrero, 2010/2011] Disponible en: <http://es.wikipedia.org>
19. - Company manufactures and distributes Flowmeters instruments, Krohne, [En línea]. Consultado: [Marzo/Abril, 2011] Disponible en: <http://www.krohne.com>

## 8.-ANEXOS

### Anexo A.

#### Definiciones de acuerdo al artículo 3 de la Ley de aguas Nacionales (LAN).

La numeración de las definiciones es respetada de acuerdo a lo establecido en la ley. (Solo se definen las que van de acuerdo al tema).

**I. "Aguas Nacionales":** Son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

**II. "Acuífero":** Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

**VI. "Aguas Residuales":** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

**VII. "Aprovechamiento":** Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma.

**VIII. "Asignación":** Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para realizar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, a los municipios, a los estados o al Distrito Federal, destinadas a los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico.

**XII. "Comisión Nacional del Agua":** Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de Derecho Público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad que conforme a esta Ley corresponde tanto a ésta como a los órganos de autoridad a que la misma se refiere.

**XIII. "Concesión":** Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación.

**XIV. "Condiciones Particulares de Descarga":** El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la presente Ley y los reglamentos derivados de ella.

**XV. "Consejo de Cuenca":** Órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre "la Comisión", incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica.

**XVI. "Cuenca Hidrológica":** Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas.

**XVII. "Cuerpo receptor":** La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos.

**XXI. "Desarrollo sustentable":** En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras.

**XXII. "Descarga":** La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

**XXVII. "Explotación":** Aplicación del agua en actividades encaminadas a extraer elementos químicos u orgánicos disueltos en la misma, después de las cuales es retornada a su fuente original sin consumo significativo.

**XXVIII. "Gestión del Agua":** Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a

ecosistemas vitales y al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua.

**XXIX. "Gestión Integrada de los Recursos Hídricos":** Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable. Para la aplicación de esta Ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque.

**XXXI. "La Comisión":** La Comisión Nacional del Agua.

**XXXII. "La Ley":** Ley de Aguas Nacionales.

**XXXIV. "La Secretaría":** La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**XXXVIII. "Normas Oficiales Mexicanas":** Aquellas expedidas por "la Secretaría", en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales a los que se refiere el Artículo 113 de esta Ley.

**XXXIX. "Organismo de Cuenca":** Unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al Titular de "la Comisión", cuyas atribuciones se establecen en la presente Ley y sus reglamentos, y cuyos recursos y presupuesto específicos son determinados por "la Comisión".

**XL. "Permisos":** Para los fines de la presente Ley, existen dos acepciones de permisos:

**a. "Permisos":** Son los que otorga el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, así como para la construcción de obras hidráulicas y otros de índole diversa relacionadas con el agua y los bienes nacionales a los que se refiere el Artículo 113 de la presente Ley. Estos permisos tendrán carácter provisional para el caso de la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales en tanto se expide el título respectivo.

**b. "Permisos de Descarga":** Título que otorga el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores de propiedad nacional, a las personas físicas o morales de carácter público y privado.

**XLI. "Persona física o moral":** Los individuos, los ejidos, las comunidades, las asociaciones, las sociedades y las demás instituciones a las que la ley reconozca personalidad jurídica, con las modalidades y limitaciones que establezca la misma.

**XLII. "Programa Nacional Hídrico":** Documento rector que integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del

recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos.

**XLIV. "Registro Público de Derechos de Agua":** (REPDA) Registro que proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos.

**XLVI. "Reúso":** La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo.

**XLIX. "Servicios Ambientales":** Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad; para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales.

**L. "Sistema de Agua Potable y Alcantarillado":** Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiéndose como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

**III. "Uso":** Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso.

#### **Definiciones de acuerdo al artículo 277 de la Ley Federal de Derechos (LFD).**

La numeración de las definiciones es respetada de acuerdo a lo establecido en la ley.

**II. "Aguas residuales":** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas municipales y no municipales, tales como las industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarias, domésticas, incluyendo fraccionamientos y, en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas cuando el contribuyente no separe en la descarga de agua residual el agua que no tiene este carácter, toda la descarga se considerará de agua residual para los efectos de esta Ley.

**IV. "Carga de Contaminante":** La cantidad de un contaminante expresado en unidades de masa sobre unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

**V. "Cuerpo Receptor":** Las corrientes, depósitos naturales de agua, ríos, aguas costeras, suelo, estuarios, humedales naturales, embalses, cauces o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar el suelo, subsuelo o los acuíferos.

**VI. "Demanda Química de Oxígeno":** La medida del oxígeno consumido por la oxidación de la materia orgánica e inorgánica en una prueba específica.

**VII. “Descarga”:** La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita.

**XII. “Límite Máximo Permisible”:** El valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

**XV. “Sólidos Suspendidos Totales”:** La concentración de partículas que son retenidas en un medio filtrante de micro fibra de vidrio, con un diámetro de poro de 1.5 micrómetros o su equivalente.

## Anexo B.

### Definiciones.

- 1) **Aguas naturales:** El agua cruda, subterránea y pluvial.
- 2) **Aguas residuales:** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso.
- 3) **Calibración:** Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.
- 4) **Carga orgánica:** Cantidad de materia orgánica expresada en kg/día.
- 5) **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua, expresada mg/L.
- 6) **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5):** Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. (Método estándar), expresada mg/L.
- 7) **Descarga:** Acción de verter, infiltrar o depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.
- 8) **Inóculo:** Es una suspensión de microorganismos vivos que se han adaptado para reproducirse en un medio específico.
- 9) **Material de referencia:** Material o sustancia en el cual uno o más valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien definidas, para ser utilizadas para la calibración de aparatos, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.
- 10) **Medición:** Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

- 11) **Medio aerobio:** Es aquel en el cual se desarrollan microorganismos en presencia de oxígeno molecular.
- 12) **Medio anaerobio:** Es aquel en el cual se desarrollan microorganismos en Ausencia de oxígeno molecular.
- 13) **Parámetro:** Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

### **Reactivos y patrones.**

Todos los productos químicos usados en este método deben ser grado reactivo, a menos que se indique otro grado.

Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características:

- a) Resistividad, megohm-cm a 25°C: 0,2 min.
- b) Conductividad,  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C: 5,0 máx., y
- c) pH: 5.0 a 8.0.

- 1) Fosfato monobásico de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ).
- 2) Fosfato dibásico de potasio ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ).
- 3) Glucosa grado patrón primario ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ).
- 4) Ácido glutámico grado patrón primario ( $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ ).
- 5) Disolución amortiguadora de fosfato. Pesar aproximadamente 8.5 g de fosfato monobásico de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), 21.75 g de fosfato dibásico de potasio ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), disolver en 500 mL de agua y aforar a 1 L. El pH de la disolución debe ser de 7.0. Desechar el reactivo (o cualquiera de los siguientes reactivos) si hay algún signo de crecimiento biológico en el frasco de almacenamiento.
- 6) Disolución patrón de glucosa-ácido glutámico. Pesar aproximadamente y con precisión 150,0 mg de glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) y 150,0 mg de ácido glutámico ( $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ ), diluir en agua y aforar a 1 L. Preparar inmediatamente antes de usarla.

## **Equipo y materiales.**

### **Equipo.**

- Horno.
- Balanza analítica con precisión de 0.1 mg
- Sensor de oxígeno disuelto.

### **Material.**

- Agitador magnético.
- Barra de agitador magnético o imán.
- Cajas petri.
- Lancetas.
- Mechero bunsen.
- Probeta.
- Termómetro.
- Vaso de precipitado 200 ml.

## **Recolección, preservación y almacenamiento de la muestra.**

Para el caso de la muestra de lodo o agua residual tomar 10 g de lodo o 100 ml de agua residual. No se debe agregar ningún preservador a las muestras. Solo deben conservarse a 4°C hasta su análisis. El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 24 h.

### **Calibración.**

Se debe contar con la calibración de los equipos siguientes:

- Material volumétrico.
- Balanza analítica.
- Sensor de oxígeno disuelto.

## **Anexo C.**

### **Métodos establecidos para la determinación de contaminantes básicos de acuerdo a las Normas Mexicanas (NMX).**

#### **Temperatura °C.**

ANTES NMX-AA-007-1980.

AHORA NMX-AA-007-SCFI-2000.

La temperatura termodinámica, también denominada temperatura absoluta, es una de las magnitudes fundamentales que definen el Sistema Internacional de Unidades (SI) y cuya unidad es el grado kelvin simbolizado como K. Esta unidad se utiliza tanto para expresar valores de temperatura termodinámica como intervalos de temperatura. Por acuerdo del Comité Internacional de Pesas y Medidas en 1989, la Escala Internacional de Temperatura (ITS-90) se define operacionalmente en términos de técnicas de medición por termometría de presión de vapor, termometría de gas, termometría con resistencia de platino y pirometría óptica.

Es usual expresar la temperatura con base en la escala Celsius (°C), definida con relación a la temperatura termodinámica por:

$$t (\text{°Celsius}) = T (\text{Kelvin}) - 273,15 \text{ K}$$

El grado Celsius es una unidad de temperatura de magnitud idéntica al grado kelvin. Sobre la escala Celsius, la temperatura de fusión del agua pura a la presión de 101,325 kPa, es igual a 0 °C y la ebullición del agua, a la misma presión, es igual a 100 °C. El método de prueba normado establece el procedimiento para realizar la medición en el sitio donde se encuentra el agua, y el resultado se expresa en grados centígrados (°C).

Las temperaturas elevadas en el agua son indicadores de actividad biológica, química y física en el agua, lo anterior tiene influencia en los tratamientos y abastecimientos para el agua, así como en la evaluación limnológica de un cuerpo de agua, por lo que es necesario medir la temperatura como un indicador de la presencia de compuestos y contaminantes en el agua, a través del método de prueba que se establece en la presente Norma Mexicana.

El valor de temperatura es un criterio de calidad del agua para la protección de la vida acuática y para las fuentes de abastecimiento de agua potable, es también un parámetro establecido como límite máximo permitido en las descargas de aguas residuales y una especificación de importancia en los cálculos de balance de energía y de calor de los procesos industriales.

Para la aplicación de la presente norma es indispensable contar con un instrumento de medición certificado o trazado a uno certificado.

#### **Grasas y aceites.**

ANTES NMX-AA-005-1980

AHORA NMX-AA-005-SCFI-2000.

Este método permite una estimación del contenido de grasas y aceites en aguas naturales, residuales y residuales tratadas al determinar gravimétricamente las sustancias que son extraídas con hexano de una muestra acuosa acidificada. La determinación de grasas y aceites es indicativa del grado de contaminación del agua por usos industriales y humanos. En la determinación de

grasas y aceites no se mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias con unas mismas características fisicoquímicas (solubilidad).Entonces la determinación de grasas y aceites incluye ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia susceptible de ser extraída con hexano. Este método se basa en la adsorción de grasas y aceites en tierra de diatomeas, los cuales son extraídos en un Soxhlet empleando hexano como disolvente. Una vez terminada la extracción se evapora el hexano y se pesa el residuo que ha quedado en el recipiente; siendo este valor el contenido de grasas y aceites.

#### **Materia flotante.**

ANTES NMX-AA-006-SCFI-2000.

AHORA NMX-AA-006-SCFI-2010.

La medición de materia flotante en aguas residuales y residuales tratadas es importante para el control y tratamiento de descargas, este método se basa en la observación de la materia flotante en una muestra de agua residual en el sitio de muestreo mediante la separación de esta en una malla de aproximadamente 3 mm de abertura, este método es una prueba cualitativa.

#### **Sólidos sedimentales.**

ANTES NMX-AA-004-1977.

AHORA NMX-AA-004-SCFI-2000.

Las aguas naturales, residuales o residuales tratadas con altos contenidos de sólidos sedimentables no pueden ser utilizadas en forma directa por las industrias o las plantas potabilizadoras. De ello se deriva el interés por determinar en forma cuantitativa este parámetro. La materia sedimentable se define como la cantidad de sólidos que en un tiempo determinado se depositan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas. El método propuesto es volumétrico.

#### **Sólidos suspendidos totales.**

ANTES NMX-AA-020-1980 Y NMX-AA-034-1981.

AHORA NMX-AA-034-SCFI-2001.

Esta norma establece el método de análisis para la determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, tratadas y residuales. El principio de este método se basa en la medición cuantitativa de los sólidos y sales disueltas así como la cantidad de materia orgánica contenidos en aguas naturales y residuales mediante la evaporación y calcinación de la muestra filtrada o no, en su caso, a temperaturas específicas, en donde los residuos son pesados y sirven de base para el cálculo del contenido de estos.

#### **Demanda bioquímica de oxígeno.**

ANTES NMX-AA-028-1981

AHORA NMX-AA-028-SCFI-2001

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5): Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos.

### **Nitrógeno total.**

ANTES NMX-AA-026-SCFI-2001.

AHORA NMX-AA-026-SCFI-2010.

Los compuestos nitrogenados se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Las fuentes de nitrógeno incluyen además de la degradación natural de la materia orgánica, fertilizantes, productos de limpieza y tratamiento de aguas potables. En el método Kjeldahl los compuestos nitrogenados de la muestra se descomponen con ácido sulfúrico concentrado en caliente, transformándose el nitrógeno de la mayoría de los grupos funcionales orgánicos en amonio. Cuando la descomposición se ha completado la disolución se enfría, se diluye y se alcanza con hidróxido de sodio concentrado. El amoniaco liberado se destila y se adsorbe en una disolución de concentración conocida de ácido bórico. Los grupos amino y amido se convierten cuantitativamente a ion amonio. Sin embargo los grupos nitrato, azo o azoxi generan en las mismas condiciones, otros productos nitrogenados (N<sub>2</sub> u óxidos de nitrógeno).

### **Fosforo total.**

ANTES NMX-AA-029-1981.

AHORA NMX-AA-029-SCFI-2001.

El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales, residuales y residuales tratadas como fosfatos. Estos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos organofosfatados. Estas formas de fosfatos provienen de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, et.

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de agua puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos en cantidades nocivas.

Principio del método.

#### Método cloruro estanoso.

Este método se basa en la relación del fosforo contenido en la muestra como ortofosfato con el ácido molíbdico para formar el ácido 12-molibdofosfórico según la reacción:



El ácido 12-molibdofosfórico es reducido por el cloruro de estaño a azul de molibdeno, compuesto de composición desconocida que contiene una mezcla de Mo (VI) y Mo (V), que absorbe a 690 nm. La intensidad del color azul formado depende de la concentración de fosfatos adicionados al heteropoliácido. El método es aplicable cuando el contenido de fosforo en las muestras se encuentra entre las concentraciones de 0.01 mg P/L a 6.0 mg P/L.

Todo el fósforo contenido en la muestra debe estar como ión ortofosfato (PO<sub>4</sub>)<sup>3-</sup>, ya que el método espectrofotométrico es esencialmente específico para este ión ortofosfato (PO<sub>4</sub>)<sup>3-</sup>. La materia orgánica de la muestra es destruida por medio de una digestión con persulfato de amonio y ácido sulfúrico, rompiendo las ligaduras orgánicas del fósforo (C-P y/o C-O-P), e hidrolizando los polifosfatos a ortofosfatos.

#### Método ácido vanadomolibdofosfórico.

En una disolución diluida de ortofosfatos, el molibdato de amonio reacciona en condiciones ácidas con el vanadato para formar una heteropoliácido, ácido vanadomolibdofosfórico. En la presencia de vanadio, se forma ácido vanadomolibdofosfórico de color amarillo. La longitud de onda a la

cual la intensidad del color es medida depende de la detección requerida. La intensidad del color amarillo es directamente proporcional a la concentración de fosfato.

### **Coliformes fecales.**

ANTES NMX-AA-042-1987.

AHORA NMX-AA-042-1987.

La presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando organismos patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano. El examen de muestras de agua para determinar la presencia de microorganismos del grupo coliforme que habitan normalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente, da una indicación. Dada la limitada capacidad de algunos miembros del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; sus números también pueden emplearse para estimar el grado de contaminación fecal.

El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra, diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo lactosa. Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de incubación ya sea a 308 o 310k (35 o 37°C). Cada uno de los que muestran turbidez con producción de gas se resiembró en un medio confirmativo más selectivo y, cuando se busca E. coli presuntiva, en un medio en el que se pueda demostrar la producción de indel. Se lleva a cabo la incubación de estos medios confirmativos basta por 48 horas ya sea 308 ó 310k (35 o 37°C) para la detección de organismos coliformes y a 317k (44°C) para organismos termo tolerantes y E. coli. Mediante tablas estadísticas se lleva a cabo el cálculo del número más probable (NMP) de organismos coliformes, organismos coliformes termo tolerantes y E. coli que pueda estar presente en 100 cm<sup>3</sup> de muestra, a partir de los números de los tubos que dan resultados confirmativos positivos.

### **Huevos de helminto.**

ANTES NMX-AA-113-SCFI-1999.

AHORA NMX-AA-113-SCFI-1999.

Ante la escasez de recursos hídricos, la explosión demográfica y el desarrollo industrial, la utilización de aguas residuales es una importante alternativa como fuente adicional de suministro, particularmente para riego agrícola. Sin embargo, dicha actividad tiene implicaciones negativas desde el punto de vista sanitario, ya que representa un riesgo a la salud de los trabajadores agrícolas y de los consumidores de los productos, en especial cuando se trata de aquéllos que se consumen crudos como las hortalizas. Los helmintos representan un elevado riesgo a la salud humana debido a que sus diversos estadíos infecciosos (huevos embrionados o larvas) son altamente persistentes en el agua contaminada. Así, el agua constituye un vehículo directo o indirecto de diseminación de helmintos, aun cuando se encuentren en bajas concentraciones, dando lugar a enfermedades gastrointestinales, sobre todo cuando ésta se emplea para el riego de cultivos. Este método de análisis se basa en la diferencia de densidades entre los huevos de helminto, las demás sustancias presentes en las aguas residuales, y las que se agregan para permitir la separación. El método comprende los procesos de coagulación, sedimentación, flotación, decantación y la técnica bifásica para recuperar los huevos de helminto y efectuar el conteo.

## Anexo D.

### Sondas espectrométricas para mediciones en línea de parámetros del carbono.

#### Introducción.

Además de todos los avances en la eliminación del nitrógeno y los fosfatos, la principal tarea que debe cumplir una planta de tratamiento consiste en la reducción general de la carga orgánica de las aguas residuales. En primer lugar, los compuestos orgánicos están integrados por carbono e hidrógeno que en el transcurso del proceso de limpieza se transforman en último término, luego de consumir el oxígeno, en dióxido de carbono y agua.

#### Parámetros del carbono.

Para describir la contaminación orgánica del agua, se utilizan los parámetros **COT** (carbono orgánico total); **COD** (carbono orgánico disuelto); **DQO** (demanda química de oxígeno) y **DBO** (demanda biológica de oxígeno), para una determinación analítica en línea, todos estos parámetros requieren complejos procesos para la medición así como el correspondiente equipo e instrumental técnico.

#### Parámetro auxiliar CAE.

El CAE (coeficiente de absorción espectral, corresponde a las siglas inglesas SAC), es un parámetro que puede determinarse fácilmente muchos compuestos orgánicos que muestran espectros de absorción UV característicos. Por tanto, la intensidad de atenuación de la luz puede correlacionarse con la contaminación orgánica. En medios con escasas variaciones, esta correlación es sumamente indicativa de la composición, color, contenido de sólidos y las características ópticas vinculadas a esas propiedades. No obstante, en las aguas residuales hay muchas sustancias con características ópticas sumamente diferentes. Para cada sustancia se utiliza un factor de correlación distinto respecto al contenido de carbono.

Por tanto, con frecuencia la contaminación es representada en forma insuficiente si se mide con sólo una longitud de onda, por ejemplo a 254 nm, como se efectúa en el CAE254, en particular si hay modificaciones en la matriz.

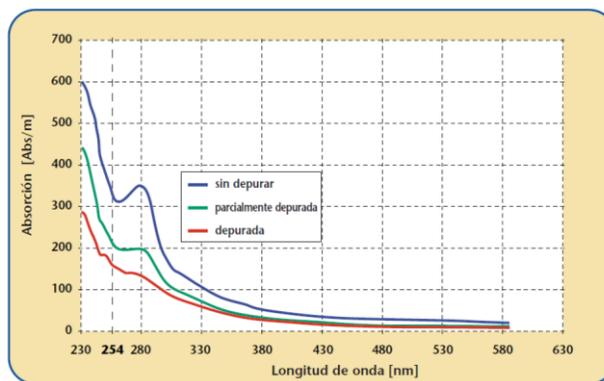


Figura 1.- Coeficiente de absorción espectral CAE.

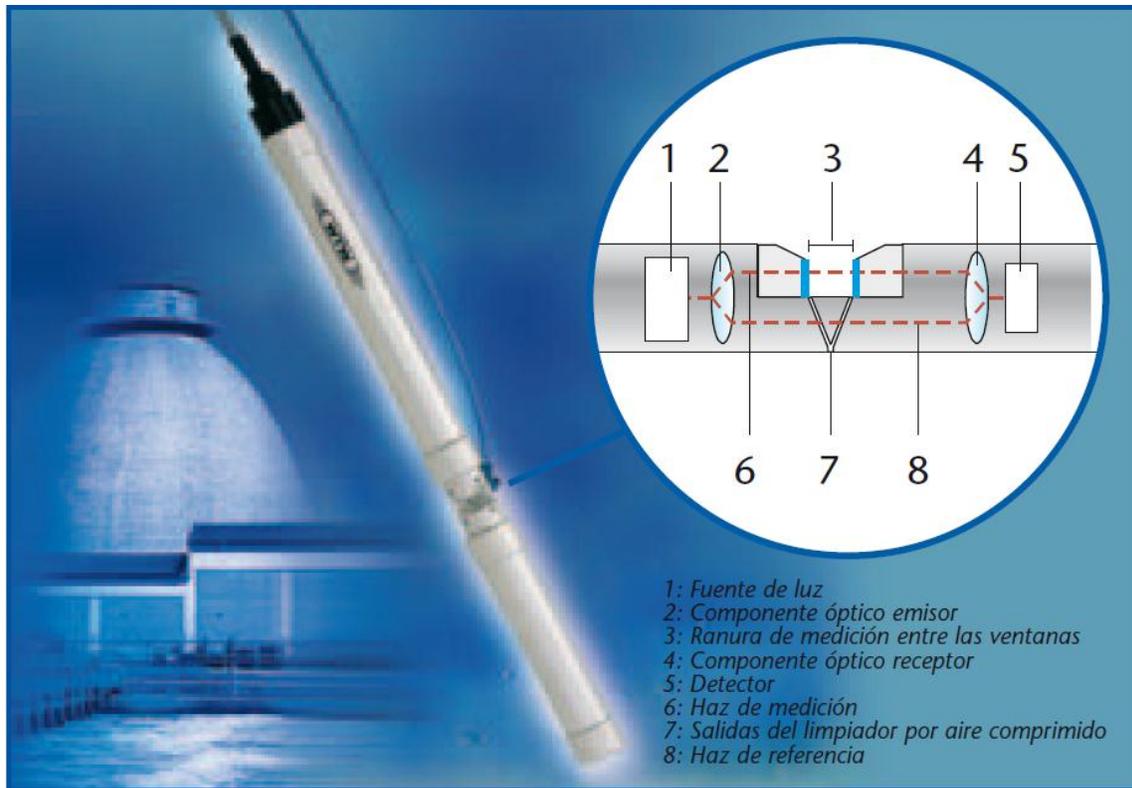
Espectro de muestras de aguas residuales de una planta de tratamiento: El espectro de absorción medido de esta planta de tratamiento muestra un nivel máximo característico a aprox. 280 nm (figura 3.10), que puede atribuirse a las sustancias degradables orgánicas disueltas (estas sustancias son degradadas en el transcurso del proceso de limpieza y el nivel máximo de absorción desaparece casi por completo). A través de una medición del CAE a 254 nm estos compuestos no pueden detectarse, puesto que en ese ámbito la absorción es determinada casi exclusivamente por sólidos y a esta longitud de onda no existe ninguna correlación con las materias degradables disueltas.

### **Sensores CarboVis® y NiCaVis®.**

Las sondas **CarboVis®** y **NiCaVis®** miden todo el ámbito espectral desde la luz ultravioleta hasta la luz visible de onda larga. A partir del gran contenido informativo de los datos espectrales se determinan los valores de medición. El cálculo tiene como base métodos y datos de referencia que se han obtenido a partir de múltiples mediciones y estudios a lo largo de los años. Por tanto, existen algoritmos adaptados que el usuario puede seleccionar en el lugar de medición (entrada, salida, etc.) y que demuestran tener una gran correlación con el parámetro básico de la demanda química de oxígeno (DQO). Por otra parte, los procesos espectrales ofrecen la ventaja de que también pueden compensar en forma óptima la turbidez del medio de medición, que también influye en las mediciones ópticas, en un extenso ámbito de longitudes de onda. Los resultados de medición captados se presentan directamente en forma del conocido parámetro **mg/l DQO**. Mediante una calibración específica del usuario se puede ajustar una correlación conocida entre esta magnitud básica de medición que es la DQO y, a escoger, uno de los parámetros afines del carbono (**COT, COD o la DBO**). El resultado de medición que se obtiene con ese procedimiento se indica entonces directamente en mg/l COT, por ejemplo.

### **Aplicaciones.**

Los puestos de medición más importantes para las plantas de tratamiento se encuentran en los puntos de entrada y de salida. Para la determinación de la contaminación que llega a la planta se coloca una sonda **CarboVis®** en el punto de entrada. En la salida de la planta sólo se hallan escasos niveles de contaminación, instalando allí una sonda “CarboVis®” (eventualmente con capacidad integrada para la medición de sólidos) se puede documentar muy bien el desempeño depurador de la planta. Es muy apropiado montar en el punto de salida la sonda combinada **NiCaVis®**, que sirve para medir también la contenido de carbono así como la concentración de nitrato.



**Figura 2.-** Sensores CarboVis® y NiCaVis de WTW.

Alta calidad en mediciones espectrales en versión a prueba de agua para control directo de procesos de medición espectral extremadamente precisa con una sonda de 40 mm de diámetro. La determinación de los valores de medición se logra mediante la evaluación espectral del rango de luz ultravioleta/luz visible explorado. Como opción, también se puede indicar el valor de STD utilizado para la compensación.

**Características individuales.**

- El sensor mide directamente en el medio. Por lo tanto, no es necesario ni preparar ni transportar la muestra.
- No hay demoras entre la toma de la muestra y el resultado de la medición. Los valores reales están disponibles de inmediato.
- Medición particularmente precisa gracias al análisis espectral del barrido en el rango UV/VIS.
- Compensación muy efectiva de los factores de interferencia y la turbidez; esta compensación se basa en información espectral, ¡que es mucho mejor que la que se obtiene con un simple método de doble haz!
- Larga vida útil gracias a la limpieza automática con aire comprimido antes de cada medición. es un sistema que requiere un mantenimiento sumamente escaso.
- El principio de medición óptica no requiere agentes químicos ni piezas sujetas al desgaste, escasos costos operativos.

## Datos técnicos.

Principio de medición	Medición espectral en el intervalo de UV/luz visible de 200-750 nm	
	CarboVis® 700/5 IQ	NiCaVis® 700/5 IQ
Aplicaciones	Aguas residuales comunales e industriales: entrada, salida.	Aguas residuales comunales e industriales: entrada, salida.
Intervalos de medición en el estándar (hidrogenftalato de potasio)	DQO: 0,1 ... 800,0 mg/l COT: 1 ... 500,0 mg/l CAE: 0,1 ... 600,0 1/m	DQO: 0,1 ... 800,0 mg/l COT: 1 ... 500,0 mg/l CAE: 0,1 ... 600,0 1/m NO3-N: 0,01 ... 25,00 mg/l
Precisión de medición en el estándar	±3 % del valor medido ±2,5 mg/l (con algoritmo de comprobación)	
Ámbito de medición de STD (opción)	Entrada: 0 ... 3000 mg/l Sólidos totales. Salida: 0,0 ... 900,0 mg/l Sólidos totales.	-----
Materiales	Carcasa: Al Mg Si 1, anodizada (tratamiento anódico) Ventana de medición: cristal de zafiro	
Resistencia a la presión	≤ 1 bar	
Condiciones ambientales	Temperatura de servicio: 0 °C ... +45 °C Temperatura de almacenamiento: -10 °C ... +50 °C	
Velocidad de flujo	≤ 3 m/s	
Intervalos de pH	pH 4 ... pH 9	
Contenido de sal del medio	< 5000 mg/l (cloruro)	
Dimensiones	650 x 44 mm (longitud x diámetro máximo)	
Peso	aprox. 1,1 kg	



## OPTISOUND – la innovadora solución ultrasónica para líquidos y sólidos

Los medidores de nivel ultrasónicos de KROHNE sirven para la medición continua de líquidos y productos a granel en casi todos los sectores industriales.

En la feria Interkama 2005, KROHNE presentó la serie de productos OPTISOUND que demuestra su superioridad tecnológica de un modo impresionante, especialmente en canales abiertos, en tanques de proceso y de almacenamiento, pero también en cubas y tanques de aguas residuales, así como en cintas transportadoras. En la "medición de superficie abierta" ha dado buenos resultados la medición continua de nivel por ultrasonido. OPTISOUND es adecuado para agua de lluvia y aguas residuales, para un bajo o alto grado de suciedad, para acumulación de lodo o para líquidos que contengan sólidos: aquí OPTISOUND puede mostrar por completo las ventajas de la medición sin contacto.

Por la naturaleza de los productos a granel se requieren medidores con características diferentes a los que se usan para los líquidos. En este caso, la superficie del producto no es lisa, sino tiene forma de cono. Muchos productos generan mucho polvo. Además, la mayoría de los silos de sólidos son más altos que los tanques para líquidos. En este caso, OPTISOUND también es la primera opción.

Estos medidores pueden medir niveles en un rango de 0,25 a 45 m en líquidos (en sólidos de 0,25 a 25 m), ajustando las frecuencias de transmisión de manera diferente. Otra ventaja: según el diseño, con materiales muy resistentes para convertidores acústicos y conexión al proceso se garantiza la aplicación también en medios agresivos. Detalles inteligentes, como por ejemplo un soporte de montaje opcional para la fácil orientación del sensor, completan esta serie de equipos que da una impresión muy positiva.

### Sectores

- » Agua y aguas residuales
- » Química
- » Metal
- » Generación de energía
- » Papel y celulosa

## Hach Lange SC 1000

Controlador para sondas y analizadores: se parametrizan de una forma cómoda y rápida



Equipado para las tareas de hoy día y preparado para el futuro, la flexibilidad es la principal característica del SC 1000. Los nuevos sensores se pueden parametrizar de una forma cómoda y rápida; esta tarea se realiza sin ninguna dificultad gracias a la pantalla táctil y a la inteligente guía del usuario.

Unas funciones matemáticas amplias y completas evitan que los usuarios de plantas pequeñas tengan que realizar gastos de inversión adicionales.

Gracias a su diseño modular, el SC 1000 se puede configurar individualmente en función de las necesidades in situ. Dispone de entradas y salidas analógicas de 0/4-20 mA, relés de alarma, y tarjeta de bus de campo que se puede utilizar para transmitir datos, integrar instrumentos analógicos, tratar todo tipo de señales o para la conexión a un sistema de bus de campo existente.

**El módulo del SC 1000 está disponible opcionalmente con un módulo de comunicación GSM incorporado. Por lo tanto, todas las funciones pueden llevarse a cabo a distancia; por supuesto con protección contra el acceso no autorizado. Los mensajes de incidencias llegan por SMS o e-mail.** Tareas como la configuración, la transmisión de datos de la memoria la instalación de un nuevo software y los diagnósticos de error, se pueden realizar a distancia, con el consecuente ahorro de costos.

## Características técnicas.

<b>Módulo de pantalla para el sistema controlador SC 1000</b>	
Un sistema controlador se compone de un solo módulo de pantalla SC 1000 (ref. LXV402) y uno, o más, módulos de sonda SC 1000 (ref. LXV400). El sistema está configurado de forma modular de acuerdo con los requisitos específicos del cliente y se puede ampliar en cualquier momento con estaciones de medida, sensores, entradas, salidas e interfaces de bus adicionales.	
<b>Modelo Ns</b>	LXV402
<b>Pantalla</b>	Pantalla gráfica de color, QVGA 320 x 240 pixels, 256 colores
<b>Funcionamiento</b>	Pantalla táctil con guía intuitiva para el usuario y gráficos de progreso
<b>Protección</b>	IP 65
<b>Temperatura ambiente</b>	-20 a +55 °C (-4 a 131 °F)
<b>Dimensiones</b>	200 x 230 x 50 mm (Anch. x Alt. x Prof.)
<b>Peso</b>	Aprox. 1,2 kg
<b>Características especiales.</b>	Interfaz de servicio; ranura para tarjeta multimedia (MMC)
<b>Opcional</b>	Teléfono de datos tribanda según el estándar GSM (GSM900, EGSM900, GSM1800, GSM1900) para transmisión de datos y funcionamiento a distancia con antena integrada. Para poder utilizar el teléfono de datos se necesita una tarjeta SIM (conforme a ISO 7816-3 IC, GSM 11.11)
<b>Módulo de sonda para el sistema controlador SC 1000</b>	
El módulo de sonda se emplea para conectar los sensores SC a una estación de medida. Se pueden interconectar varios módulos de sonda para crear una red SC 1000.	
<b>Modelo Ns</b>	LXV400
<b>Entradas de sensores</b>	Para sensores SC con tecnología digital SC, opcional 4, 6 u 8 sensores. Todos los parámetros se configuran y combinan libremente
<b>Rango de medida</b>	Depende del sensor conectado
<b>Tarjetas enchúfales opcionales para ampliar el modulo de sonda.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salidas analógicas: salida 0/4 –20 mA, 500 Ohm máx.</li> <li>- Entradas analógicas/digitales: programables opcionalmente como entrada de 0/4 –20mA o entrada digital.</li> <li>- Contactos de relé: contactos de reposo sin potencial SPST-NC (normalmente cerrados), 250 V C.A. máx. 5 A, 125 V C.A. máx. 5 A, 125 V C.C. máx. 0,15 A, 30 V C.C. máx. 5 A, programables como valor límite, estado o temporizador.</li> <li>- Conexión bus de campo: Modbus RS485, Profibus DP; otros, bajo solicitud.</li> </ul>
<b>Módulos de ampliación opcionales</b>	Para el armario de distribución eléctrica; véase la página siguiente
<b>Protección</b>	IP 65
<b>Temperatura ambiente</b>	-20 a +55 °C (-4 a 131 °F)
<b>Conexión a la red eléctrica</b>	100 - 240 V C.A., 50/60 Hz, máx. 2000 VA, Opcional: 24 V C.C., 75 vatios
<b>Dimensiones</b>	(Anch. x Alt. x Prof.) 315 x 255 x 150 mm módulo de sonda con módulo de pantalla montado
<b>Peso</b>	Aprox. 5 kg., en función de la configuración.
<b>Módulo base para la ampliación en el armario de distribución eléctrica</b>	
El módulo base se necesita para poder alojar en un armario de distribución eléctrica la combinación de módulos de ampliación que se desee.	
<b>Funciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación de 24 V C.C. a los módulos de ampliación y conexión a la red SC 1000</li> <li>- Opción de conexión de un módulo de pantalla SC 1000 (ref. LXV402) para configurar el sistema</li> </ul>

<b>Montaje</b>	Primer módulo a la izquierda sobre raíl DIN EN 50022 de 35 mm en el armario de distribución eléctrica		
<b>Conexión a la red eléctrica</b>	24 V C.C. del armario de distribución		
<b>Consumo de corriente</b>	2000mA máx.		
<b>Dimensiones</b>	33 x 99 x 125mm (Anch. x Alt. x Prof.)		
<b>PARA TODAS LAS AMPLIACIONES EXTERNAS</b>			
<b>Indicador estado diodo</b>	Indicador estado diodo		
<b>Protección</b>	IP20		
<b>Temperatura ambiente</b>	+4 a +40 °C (39 a 104 °F)		
<b>Material</b>	Poliamida, clase de inflamabilidad V0 (UL94)		
<b>Módulos de ampliación</b>			
	<b>MÓDULO DE RELÉ (LZX920)</b> 4 contactos de conmutación, SPDT-CO	<b>MÓDULO DE SALIDA (LZX919)</b> 2 x 0/4 – 20mA	<b>MÓDULO DE ENTRADA (LZX921)</b> 2 entradas analógicas/digitales
<b>Montaje</b>	A la derecha del módulo base sobre raíl DIN EN 50022 de 35 mm en el armario de distribución eléctrica, combinable		
<b>Conexión a la red eléctrica</b>	24 V C.C. del módulo base		
<b>Número</b>	4 contactos de relé: contactos de conmutación sin potencial, SPDT-CO (conmutación)	Salidas: 2 x 0/4 –20 mA, 500 Ohm máx.	Entradas: 2 analógicas/digitales, programables opcionalmente como entrada de 0/4 –20mA o entrada digital
<b>Funciones</b>	Programable como valor límite, estado o temporizador	Señales de 0/4 –20 mA analógicas para la transmisión de valores medidos	Integración de señales de 0/4 –20mA analógicas o de señales digitales
<b>Características especiales</b>	Poder de ruptura 250 V A.C. máx. 5 A, 125 V A.C. máx. 5 A, 125 V D.C. máx. 0,15 A, 30 V C.C. máx. 5 A		Resistencia interna 180 Ohm
<b>Consumo de corriente</b>	100mA	150mA	100 mA
<b>Dimensiones</b>	45 x 99 x 115 mm (Anch. x Alt. x Prof.)	22,5 x 99 x 115 mm (Anch. x Alt. x Prof.)	22,5 x 99 x 115 mm (Anch. x Alt. x Prof.)

## Sistema de adquisición de datos inalámbrica, MDS



Energía de GE Digital - los MDS son la solo-fuente principal del mundo, abastecedor sin hilos de punta a punta de la solución. Del manantial que supervisa a la automatización para uso general de la subestación, nuestros dispositivos inalámbricos se empaquetan para los ambientes industriales y se han clasificado y se han probado a las especificaciones industriales ásperas. Nuestras redes inalámbricas llevan el cuento por entregas y tráfico de IP/Ethernet, las señales análogas y digitales más de la entrada-salida conectados directo con los dispositivos y los sensores del campo, acomodando un arsenal extenso de protocolos industriales.