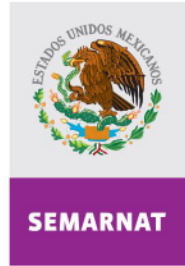




**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



# **DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA: OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE ALMACENAMIENTO, POZOS AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS DISTRITOS DE RIEGO**

## **Informe Final**

Convenio de colaboración  
SGIH-OC-DF-09-DR-001-RF-CC  
Clave IMTA: HC0916.3

SUBCOORDINACIÓN DE HIDRÁULICA AMBIENTAL  
COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA

Jefe de Proyecto: Víctor Manuel Arroyo Correa  
Aguilar Chávez Ariosto  
Escalante Estrada Mauricio  
Martínez Navarro Javier  
Mejía Astudillo Víctor Guillermo  
Morales Pérez Rubén  
Pedroza González Edmundo  
Reza Arzate Guillermo  
Tamari Wagner Serge

México, 2009

FLC0.4.40.1

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>4</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO .....</b>	<b>6</b>
<b>A Elaboración de especificaciones técnicas y supervisión de proyectos ejecutivos de sistemas de medición en Presas, Canales y Pozos Agrícolas en los Organismos de Cuenca.....</b>	<b>8</b>
<b>A.1 Especificaciones Técnicas para canales entubados.....</b>	<b>8</b>
<b>A.3 Supervisión de la instalación de 26 nuevos puntos de medición (proyectos ejecutivos 2008 de canales) en los distritos de riego; DR041 Río Yaqui, 043 Estado de Nayarit, 052 Estado de Durango, 030 Valsequillo, 057 Amuco-Cutzamala, 097 Lázaro Cárdenas, 004 Don Martín, 025 Bajo Río Bravo, 026 Bajo Riego San Juan, 017 Región Lagunera, 034 Estado de Zacatecas, y 093 Tomatlán.....</b>	<b>9</b>
A.3.1 Apoyo en la integración de la documentación para licitación en la parte de Especificaciones Técnicas de los medidores.....	9
A.3.2 Apoyo en las juntas de aclaraciones previas a las licitaciones.....	9
A.3.3 Apoyo en la evaluación técnica de las empresas licitantes.....	9
A.3.4 Supervisión de la instalación y funcionamiento de los medidores en cada uno de los sitios.....	9
<b>A.4 Apoyo en la licitación, evaluación de control de calidad y supervisión de la instalación de 100 medidores en bombes directos en el DR087 Rosario Mezquite .....</b>	<b>22</b>
A.4.1 Apoyo en la integración de la documentación para licitación en la parte de Especificaciones Técnicas de los medidores.....	22
A.4.2 Apoyo en las juntas de aclaraciones previas a las licitaciones.....	22
A.4.3 Apoyo en la evaluación técnica de las empresas licitantes.....	22
A.4.4 Apoyo en la realización de las pruebas para la recepción de los medidores.....	22
A.4.5 Supervisión de la instalación y funcionamiento de los medidores en cada uno de los cárcamos.....	22
<b>A.5 Apoyo en la licitación, evaluación de control de calidad y supervisión de la instalación de 60 medidores en pozos agrícolas en el DR005 Delicias.....</b>	<b>30</b>
A.5.1 Apoyo en la integración de la documentación para licitación en la parte de Especificaciones Técnicas de los medidores.....	30
A.5.2 Apoyo en las juntas de aclaraciones previas a las licitaciones.....	30
A.5.3 Apoyo en la evaluación técnica de las empresas licitantes.....	30
A.5.4 Apoyo en la realización de las pruebas para la recepción de los medidores.....	30
A.5.5 Supervisión de la instalación y funcionamiento de los medidores en cada uno de los pozos.....	30
<b>B Servicio, verificación y atención de reportes de los sistemas de medición instalados.....</b>	<b>30</b>
<b>B.1 Rehabilitación de un medidor en un canal en el DR083 Papigochic.....</b>	<b>30</b>
<b>B.2 Verificación de 10 medidores en canales en los Distritos de Riego Pacífico Norte (Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, 063 Guasave, 074 Mocorito, 075 Río Fuerte, 076 Valle del carrizo, 108 Elota-pixtla, y 109 Río San Lorenzo, en el estado de Sinaloa).....</b>	<b>31</b>
<b>B.3 Verificación de 18 medidores en canales en los Distritos de Riego Lerma Santiago Pacífico (Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, 085 La Begoña, Guanajuato y 087 Rosario-Mezquite, Michoacán).....</b>	<b>34</b>

<b>B.4 Verificación de dos medidores de canales en los Distritos de Riego de Río Bravo (DR005 Delicias, DR026 Bajo Río San Juan y estación Los Aldamas) .....</b>	<b>35</b>
Reporte de la visita al DR 005 Delicias Chih. ....	35
<b>B.5 Verificación de ocho medidores en canales en el Distrito de Riego DR017 Comarca Lagunera..</b>	<b>42</b>
<b>B.6 Rehabilitación de medidores en presas que cuenta con más de 5 años de vida útil (Presa Solís, Presa de Cointzio, Miguel Alemán, Leobardo Reynoso, Presa Solidaridad- El Cuchillo, Presa Las Lajas, y Presa Francisco I. Madero-Las Vírgenes) .....</b>	<b>43</b>
B.6.1 Presa Solís (dos tuberías).....	43
B.6.2 Presa de Cointzio (dos tuberías) .....	43
B.6.3 Miguel Alemán (una tubería).....	43
B.6.4 Leobardo Reynoso (una tubería con la reparación de los sensores y la unidad electrónica) .....	43
B.6.5 Presa Solidaridad- El Cuchillo (una tubería con dos pares de sensores en conexión redundante).....	43
B.6.6 Presa Las Lajas (una tubería) .....	43
B.6.7 Presa Francisco I. Madero-Las Vírgenes (dos tuberías).....	43
<b>B.7 Mantenimiento de 16 sistemas de telemedición .....</b>	<b>44</b>
Canal principal de la presa "Valsequillo" Km 24 + 769.....	45
Visitas a sitios por instrumentarse en el año 2010 .....	50
<b>B.8 Transmisión satelital de 27 sistemas de telemedición (pago del servicio) .....</b>	<b>52</b>
<b>B.9 Transmisión satelital (activación de 2 presas sin modem adicionado el pago anual de servicio).....</b>	<b>52</b>
<b>B.10 Mantenimiento y actualización de la página WEB de presas.....</b>	<b>57</b>
<b>B.11 Mantenimiento y calibración de 60 molinetes .....</b>	<b>59</b>
Objetivo.....	59
Antecedentes .....	59
<b>B.12 Capacitación en el manejo de medidores de velocidad y perfiladores acústicos .....</b>	<b>61</b>
DR 017 Región lagunera, capacitación del 7 de Octubre de 2009 .....	61
Curso de capacitación del 12 y 13 de Noviembre del 2009.....	64
<b>B.13 Instrumentación del canal "Durazno" y del canal de interconexión entre el río "Tuxpan" y la presa "El Bosque"(Edomex) .....</b>	<b>69</b>
Agradecimiento .....	69
Introducción .....	69
Selección del sistema de medición .....	73
Instalación del sistema de medición.....	76
Resultados y conclusión .....	82
Conclusión.....	82
Referencias bibliográficas .....	85
Anexo - Calendario de actividades.....	86
Instrumentación del canal de interconexión entre el río "Tuxpan" y la presa "El Bosque" (Edo. de México).....	87

## RESUMEN EJECUTIVO

Se presenta el desarrollo de las actividades del proyecto: “Dar apoyo y supervisión en el mejoramiento de la medición en infraestructura hidroagrícola: obras de toma de presas de almacenamiento, pozos agrícolas y canales de los distritos de riego”.

Este proyecto fue realizado para la Comisión Nacional del Agua bajo el convenio “SGIH OC-DF-09-DR-001-RF-CC”. El cual comprende las siguientes actividades:

Clave	Descripción de acciones
<b>A</b>	Elaboración de especificaciones técnicas y supervisión de proyectos ejecutivos de sistemas de medición en Presas, Canales y Pozos Agrícolas en los Organismos de Cuenca.
A.1	Actualización de 100 Proyectos ejecutivos para mejoramiento de la medición para pozos agrícola en el DR005 Delicias.
A.2	Proyectos ejecutivos para mejoramiento de la medición de canales en el DR025 Río Bravo.
A.3	Supervisión de la instalación de 26 nuevos puntos de medición (proyectos ejecutivos 2008 de canales) en los distritos de riego; DR041 Río Yaqui, 043 Estado de Nayarit, 052 Estado de Durango, 030 Valsequillo, 057 Amuco-Cutzamala, 097 Lázaro Cárdenas, 004 Don Martín, 025 Bajo Río Bravo, 026 Bajo Riego San Juan, 017 Región Lagunera, 034 Estado de Zacatecas, y 093 Tomatlán.
A.4	Apoyo en la licitación, evaluación de control de calidad y supervisión de la instalación de 100 medidores en bombes directos en el DR087 Rosario Mezquite
A.5	Apoyo en la licitación, evaluación de control de calidad y supervisión de la instalación de 60 medidores en pozos agrícolas en el DR005 Delicias
<b>B</b>	Servicio, verificación y atención de reportes de los sistemas de medición instalados.
B.1	Rehabilitación de un medidor en un canal en el DR083 Papigochic
B.2	Verificación de 10 medidores en canales en los Distritos de Riego Pacífico Norte (Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, 063 Guasave, 074 Mocorito, 075 Río Fuerte, 076 Valle del carrizo, 108 Elota-piaxtla, y 109 Río San Lorenzo, en el estado de Sinaloa).
B.3	Verificación de 18 medidores en canales en los Distritos de Riego Lerma Santiago Pacífico (Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, 085 La Begoña, Guanajuato y 087 Rosario-Mezquite, Michoacán).
B.4	Verificación de dos medidores de canales en los Distritos de Riego de Río Bravo (DR005 Delicias, DR026 Bajo Río San Juan y estación Los Aldamas)
B.5	Verificación de ocho medidores en canales en el Distrito de Riego DR017 Comarca Lagunera
B.6	Rehabilitación de medidores en presas que cuenta con más de 5 años de vida útil (Presa Solís, Presa de Cointzio, Miguel Alemán, Leobardo Reynoso, Presa Solidaridad- El Cuchillo, Presa Las Lajas, y Presa Francisco I. Madero-Las Vírgenes)
B.7	Mantenimiento de 15 sistemas de telemedición
B.8	Transmisión satelital de 27 sistemas de telemedición (pago del servicio)
B.9	Transmisión satelital (activación de 2 presas sin modem adicionado el pago anual de servicio )
B.10	Mantenimiento y actualización de la página WEB de presas
B.11	Mantenimiento y calibración de 60 molinetes
B.12	Capacitación en el manejo de medidores de velocidad y perfiladores acústicos
B.13	Instalación y puesta en operación de 3 puntos de telemedición en el canal Tuxpan-El Bosque (DR 045 Tuxpan Mich.)

## ANTECEDENTES

Desde 1996 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha realizado estudios sobre el estado que guarda la medición del agua en México. En general, estos estudios han contemplado: pozos agrícolas, obras de toma en presas de almacenamiento, canales de riego y cauces naturales. Asimismo, se ha impartido capacitación a personal técnico, así como estudios sobre el desempeño de equipos de medición con tecnología de vanguardia.

De estos estudios el IMTA ha desarrollado propuestas para mejorar la medición del agua y ha realizado varios proyectos ejecutivos para llevar a la práctica estas propuestas.

Del programa de mejoramiento de la medición en los Distritos de Riego a la fecha se han llevado a cabo la supervisión de la instalación, el funcionamiento, y seguimiento de los sistemas de telemedición en las obras de toma de 32 presas de almacenamiento (48 sistemas).

Asimismo, tiene contemplado continuar con la instrumentación de puntos de control de la red de canales y dar seguimiento a los sistemas instalados desde el 2003.

Las tecnologías utilizadas que se han estado utilizando para la medición automática del caudal son aforadores de garganta, medidores de velocidad de efecto doppler y nivel, y medidores de velocidad de tiempo de travesía y nivel. Para asegurar el proceso de medición se han incorporado metodologías para determinar la incertidumbre, tomando como referencia lo indicado en el documento ISO-Guide to the expression of uncertainty in Measurement (GUM, 1995), y las normas de referencia ISO (International Standardization Organization).

Los resultados del mejoramiento de la medición han permitido incorporar procesos sistemáticos en la determinación de caudal, con un conocimiento ex profeso de la precisión y exactitud de los equipos, esto tiene como fin la mejora en la distribución y manejo del agua en los canales de riego.

Dentro del proceso de medir se está considerando dos tipos de procedimientos, las metodologías de referencia y las metodologías secundarias, que para su aplicación requieren de calibración en sitio antes de su aplicación.

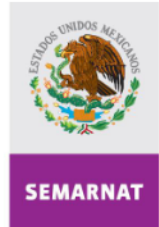
Las metodologías de referencia para determinar la incertidumbre en la medición del caudal, tienen por una parte el incorporar prácticas de uso actual por los operarios, y adicionar las principales variables físicas por medir. Por este motivo es importante tener procedimientos claros y de uso rutinario, los cuales deben estar en consenso entre la entidad gubernamental, que oferta el servicio, y los usuarios o quienes reciben el



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



beneficio, y entre ambos hacen el proceso transacción de un bien, que en este caso es el volumen de agua por unidad de tiempo (caudal o gasto) en forma continua. Estos procedimientos son un proceso de mejora continua tanto en la asimilación de nuevos equipos o modelos y los requerimientos de los diferentes usuarios.

## OBJETIVO

Elaboración de especificaciones técnicas y supervisión de proyectos ejecutivos de sistemas de medición en Presas, Canales y Pozos agrícolas en los Organismos de Cuenca.

Actualización de 100 Proyectos ejecutivos para mejoramiento de la medición para pozos agrícola en el DR005 Delicias.

- Proyectos ejecutivos para mejoramiento de la medición de canales en el DR025 Río Bravo
- Supervisión de la instalación de 26 nuevos puntos de medición (proyectos ejecutivos 2008 de canales) en los distritos de riego; DR041 Río Yaqui, 043 Estado de Nayarit, 052 Estado de Durango, 030 Valsequillo, 057 Amuco-Cutzamala, 097 Lázaro Cárdenas, 004 Don Martín, 025 Bajo Río Bravo, 026 Bajo Riego San Juan, 017 Región Lagunera, 034 Estado de Zacatecas, y 093 Tomatlán.
- Apoyo en la licitación, evaluación de control de calidad y supervisión de la instalación de 100 medidores en bombes directos en el DR087 Rosario Mezquite. Apoyo en la licitación, evaluación de control de calidad y supervisión de la instalación de 60 medidores en pozos agrícolas en el DR005 Delicias.

### **A)** Servicio, verificación y atención de reportes de los sistemas de medición instalados.

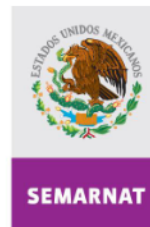
- Rehabilitación de un medidor en un canal en el DR083 Papigochic
- Verificación de 10 medidores en canales en los Distritos de Riego Pacífico Norte (Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, 063 Guasave, 074 Mocolito, 075 Río Fuerte, 076 Valle del carrizo, 108 Elota-piaxtla, y 109 Río San Lorenzo, en el estado de Sinaloa).
- Verificación de 18 medidores en canales en los Distritos de Riego Lerma Santiago Pacífico (Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, 085 La Begoña, Guanajuato y 087 Rosario-Mezquite, Michoacán).



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



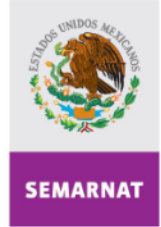
- Verificación de dos medidores de canales en los Distritos de Riego de Rio Bravo (DR005 Delicias, DR026 Bajo Río San Juan y estación Los Aldamas).
- Verificación de ocho medidores en canales en el Distrito de Riego DR017 Comarca Lagunera.
- Rehabilitación de medidores en presas que cuenta con más de 5 años de vida útil (Presa Solís, Presa de Cointzio, Miguel Alemán, Leobardo Reynoso, Presa Solidaridad- El Cuchillo, Presa Las Lajas, y Presa Francisco I. Madero-Las Vírgenes).
- Mantenimiento de 16 sistemas de telemedición.
- Transmisión satelital de 27 sistemas de telemedición (pago del servicio).
- Transmisión satelital (activación de 2 presas sin modem adicionando el pago anual de servicio).
- Mantenimiento y actualización de la página WEB de presas.
- Mantenimiento y calibración de 60 molinetes.
- Capacitación en el manejo de medidores de velocidad y perfiladores acústicos.
- Servicio de mantenimiento del sistema de operación remota en los DR097 y DR014



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## **A Elaboración de especificaciones técnicas y supervisión de proyectos ejecutivos de sistemas de medición en Presas, Canales y Pozos Agrícolas en los Organismos de Cuenca.**

### **A.1 Especificaciones Técnicas para canales entubados**

La Actividad se cambio de Suministro, colocación y funcionamiento de medidores en canales entubados por la actual.

La información de este punto se encuentra contenida en los **Anexos** de la **Actividad A.1**

**A.3 Supervisión de la instalación de 26 nuevos puntos de medición (proyectos ejecutivos 2008 de canales) en los distritos de riego; DR041 Río Yaqui, 043 Estado de Nayarit, 052 Estado de Durango, 030 Valsequillo, 057 Amuco-Cutzamala, 097 Lázaro Cárdenas, 004 Don Martín, 025 Bajo Río Bravo, 026 Bajo Riego San Juan, 017 Región Lagunera, 034 Estado de Zacatecas, y 093 Tomatlán.**

En cada distrito de riego se realizaron las siguientes actividades, la ejecución de la última actividad estuvo sujeta a que los concursos respectivos no se declararan desiertos.

*A.3.1 Apoyo en la integración de la documentación para licitación en la parte de Especificaciones Técnicas de los medidores.*

*A.3.2 Apoyo en las juntas de aclaraciones previas a las licitaciones.*

*A.3.3 Apoyo en la evaluación técnica de las empresas licitantes.*

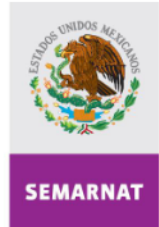
*A.3.4 Supervisión de la instalación y funcionamiento de los medidores en cada uno de los sitios.*

A continuación se indican las actividades llevadas a cabo por cada distrito de riego.

#### DR 017 “REGIÓN LAGUNERA”

Se apoyó al Personal del Departamento de Conservación del DR 017, quienes fueron los responsables de armar el paquete de documentos para la licitación. La convocatoria se publicó el día 14 de julio de 2009 con el número 16101005-007-09.

Se realizó el apoyo en la junta de aclaraciones donde se atendieron las preguntas de los asistentes, mismas a las que se dio respuesta. El 25 de junio se realizó la visita de obra. Primeramente se visitó el sitio Agustín Melgar, en el que se apreció el sitio de colocación de aforador y no se presentó ningún inconveniente. Después se visitó el Cárcamo Carranza donde se preguntó el número de pares que se colocarían en la tubería. También se habló sobre el tipo de alimentación al equipo y la posibilidad de colocar una techumbre encima de los sensores para protegerlos del ambiente. Enseguida se visitó el sitio Santa Teresa de la Uña, en la cual se tiene la problemática de los árboles que tal vez tapen la luz solar para las celdas fotovoltaicas. El último lugar que se visitó fue Cañón de Fernández donde se colocará un medidor de fondo; el personal de aforo indica que las velocidades máximas registradas son de 1.2 m/s.



La evaluación de las empresas participantes se realizó con apoyo de unos formatos previamente diseñados, dado el gran número de aspectos a revisar los equipos licitados se enlistan a continuación, así mismo las empresas participantes.

Partida	Cantidad	Sistema	Opciones
[ 1 ]	[ 3 ]	Velocímetro Doppler	Interrogador portátil (1)
[ 2 ]	[ 2 ]	Perfilador Doppler	- Interrogador portátil (2)
[ 3 ]	[ 1 ]	Aforador Doppler Lateral Estación de aforos "Agustín Melgar"	- Caseta con "muro perimetral" - Calibración en sitio - Telemetría - Interrogador portátil (1) - Equipo de respaldo (1)
[ 4 ]	[ 1 ]	Aforador de Tiempo de Travesía Estación de aforos "Santa Teresa de la Uña"	Caseta con "muro perimetral"
[ 5 ]	[ 1 ]	Aforador Doppler de Fondo Estación de aforos "Cañón de Fernández"	- Caseta con "muro perimetral" - Sujeción por medio de una "base de concreto" - Calibración en sitio - Interrogador portátil (1)]
[ 6 ]	[ 1 ]	ATT 3 (Aforador de Tiempo de Travesía) Cárcamo Carranza	Para tubería

Las empresas participantes fueron las siguientes:

- Aprotec
- Electro Instalaciones Corporativo SA de CV
- GD Ingeniería
- Hidrónica SA de CV
- Ingeniería Geofísica y Sistemas
- PROTYC SA de CV

La totalidad de la documentación se presenta en el **Anexo UNO**

Se realizó la supervisión de los sitios de colocación de los aforadores en el río Nazas y en el Cárcamo "Carranza" del Módulo de Riego "Nazas". En el cárcamo se colocó un medidor de velocidad ultrasónico del tipo tiempo de tránsito en tres pares. La instalación consta de sensores, cableado, unidad electrónica, batería y celda fotovoltaica. Se revisó el funcionamiento de cada componente y todo trabajó muy bien.

Se revisó así mismo el aforador colocado al centro del río Nazas en la salida de la presa Zarco. Se trata de un aforador doppler de fondo colocado en una base de concreto sumergida en el centro del cauce, y a dicha base de concreto se le adicionó una placa para sujetar el sensor. El cableado se metió en un ducto de plástico, mismo que se ancló al fondo con otras bases de concreto para evitar su movimiento. También se colocó un sensor ultrasónico para medir el nivel del agua. Este sensor extra se colocó en el pozo de lectura actual. Todo el sistema trabaja adecuadamente.

DR 030 "Valsequillo" (PUE.)

### Participación en las licitaciones del año 2009

#### Actividades realizadas

- 02/04/2009 - Reunión con los jefes de los Distritos de Riego del OC "Balsas" (en el IMTA): recomendaciones para preparar las licitaciones de 2009 y entrega definitiva de los Términos de Referencia (nota: se acuerda que se va a licitar "por estado").
- 01/06/2009 - Reunión de aclaración en Puebla
- 22/07/2009 - Visita de obra de los sitios en proceso de instrumentación
- 14/09/2009 - Visita de obra de los sitios en proceso de instrumentación
- 22/10/2009 - Visita de obra de los sitios en proceso de instrumentación

#### Resultados y recomendaciones

La licitación de este año (16101026-007-09) sobre la instrumentación de canales en los DR-030 "Valsequillo" se llevo a cabo en Puebla (Pue.). Después, se hicieron tres visitas de obra a los dos sitios por instrumentarse en 2009. La situación actual es la siguiente:

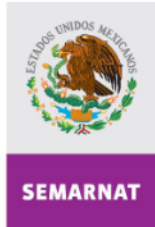
Medidores portátiles - Se entregaron los equipos a tiempo (5 equipos tipo VD y un equipo tipo PD).

- Canal principal de la presa "Valsequillo" km 53+100 (Tecamachalco, Pue.) – El sistema (tipo ATT4) esta instalado y configurado. Queda pendiente su entrega formal (para este año), y unos aforos de verificación cuando habrá agua en el canal (a principios de 2010).
- Canal principal de la presa "Valsequillo" km 95+330 (Tepanco de López, Pue.) – El sistema (tipo AGL) esta instalado y configurado. Queda pendiente su entrega formal (para este año), y unos aforos de verificación cuando habrá agua en el canal (a principios de 2010).



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Revisión de los medidores portátiles  
entregados al DR 030**



**Revisión de los medidores portátiles  
entregados al DR 030**



**"CP km 53+100" (Tecamachalco)  
Instalación de sensores de velocidad**



**"CP km 53+100" (Tecamachalco)  
Instalación de sensores de velocidad**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**"CP km 53+100" (Tecamachalco)**  
**Limpieza del canal**



**"CP km 53+100" (Tecamachalco)**  
**Instalación terminada**



**"CP km 53+100" (Tecamachalco)**  
**Banco de nivel**



**"CP km 53+100" (Tecamachalco)**  
**Medidor**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**"CP km 53+100" (Tecamachalco)**  
**Baterías**



**"CP km 53+100" (Tecamachalco)**  
**Antena para pantalla espejo**



**"CP km 95+330" (Tepanco de López)**  
**Vista de la caseta**



**"CP km 95+330" (Tepanco de López)**  
**Conexión al pozo de observación**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**"CP km 95+330" (Tepanco de López)**  
**Medidor y telemetría satelital**



**"CP km 95+330" (Tepanco de López)**  
**Instalación terminada**



**"CP km 95+330" (Tepanco de López)**  
**Revisión por parte del DR**



**"CP km 95+330" (Tepanco de López)**  
**Revisión por parte del DR**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**"CP km 95+330" (Tepanco de López)  
Escalas**



**"CP km 95+330" (Tepanco de López)  
Instalación terminada**

DR 041 "RÍO YAQUÍ"

Supervisión de la instalación de nuevos puntos de medición

Se trabajó con personal del Distrito en la documentación necesaria para lanzar la convocatoria. La convocatoria apareció en el sitio Compranet el día 2 de junio de 2009. Posteriormente se asistió a la junta de aclaraciones en la que se respondieron las siguientes preguntas:

INGENIERIA, GEOFISICA Y SISTEMAS, S.A. DE C.V.

1 Referente a el punto 1.10 plazo para la entrega de los bienes, dada la naturaleza del contrato y tratándose de equipos de importación que normalmente se fabrican bajo pedido se solicita atentamente que el plazo de entrega para las partidas de esta licitación se amplíe a 60 días naturales ó más a partir de la firma del contrato.

Respuesta: Los plazos de entrega son los que están considerados en las bases de licitación.

2 Referente a el punto 1.10 plazo para la entrega de los bienes, "favor de reconsiderar el hecho de que el prestador del servicio deberá considerar en su propuesta que se requiere de la entrega de por lo menos el 50% de los bienes licitados, a más tardar

el día 30 de junio de 2009.” Como se indica en las bases dado lo expuesto en nuestra pregunta No. 1 y la fecha en que se está licitando.

Respuesta: El prestador del servicio deberá considerar el plazo máximo indicado en el punto 1.10 de las bases de licitación, para la entrega total de los bienes solicitados. Esto es al 31 de agosto de 2009.

COSTRUCTORA ESTEFISER S.A. DE C.V. vía fax pregunto lo siguiente:

1 Se contempla en las bases de concurso un plazo de entrega del 50% de los equipos para el 30 de junio, sin embargo en el mercado se ofrece de 4 a 6 semanas como plazo de entrega de los equipos de medición portátiles. Se puede considerar un plazo de entrega mayor, con alguna carta compromiso o comprobación de la compra de los equipos.

Respuesta: El prestador del servicio deberá considerar el plazo máximo indicado en el punto 1.10 de las bases de licitación, para la entrega total de los bienes solicitados.

Esto es al 31 de agosto de 2009.

En la visita de obra se visitó el canal “Porfirio Díaz”; se observó la conveniencia del sitio y de la caseta. Si el dueño de la propiedad acepta, se pondrá en la margen izquierda, por el contrario se colocaría en la margen derecha. Este sitio se colocaría en sustitución del sitio del km 92+600 del canal bajo. Si se coloca del lado derecho se requiere pasar los cables por abajo del canal pequeño y deben quedar protegidos contra el paso de vehículos pesados.

En el punto 85+500 se cambia el aforador de sitio original, se pone junto al aforador actual. Se requiere que el canal se revista unos 25 m. La sección del mismo deberá ser igual a la que está aguas abajo para que el proyecto sea el mismo y la caseta se colocará junto al puente pequeño que se encuentra en el sitio.

En las oficinas se habló de usar un ducto para los cables de PVC hidráulico en el sitio “Porfirio Díaz” a unos 80 cm de profundidad, compactado el relleno con pisón mecánico. Los sensores deben quedar completamente embebidos en el concreto con una resistencia de  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>.

También se realizó una junta de aclaraciones en la Cd de Hermosillo Sonora el día 11 de junio de 2009, ello porque en el Organismo de Cuenca se lanzaron dos convocatorias, una para medidores doppler portátiles y otra para aforadores ultrasónicos fijos. En dicha junta se preguntó principalmente sobre los tiempos de entrega. Se respondió que el tiempo de entrega total sería el 31 de agosto.

La evaluación de las empresas participantes se realizó el día 24 de junio de 2009. Se licitaron dos aforadores fijos de tiempo de tránsito, las empresas participantes fueron:

- Electro Instalaciones Corporativos S. C
- Constructora Estefiser S. A. de C. V.
- Ingeniería Geofísica y Sistemas, S. A. de C. V.

La totalidad de la documentación de evaluación se encuentra en el **Anexo DOS**

DISTRITOS DE RIEGO 043 ESTADO DE NAYARIT Y 052 ESTADO DE DURANGO.

Estos dos distritos pertenecen al Organismo de Cuenca Pacífico Norte por lo que en las oficinas centrales de este Organismo fueron llevados a cabo los concursos.

No. de licitación	Partida	Clave CABMS	Descripción	Cantidad	Unidad de medida
16101055-042-09	1	I060200624	MEDIDOR DE FLUJO PORTATIL (MOLINETE ELECTRONICO)	2	Bienes
	2	I060200624	MEDIDOR DE FLUJO PORTATIL (MOLINETE ELECTRONICO)	2	Bienes
	3	I060200624	SISTEMA DEL TIPO ATTN4 (AFORADOR CON CUATRO PARES DE SENSORES DE VELOCIDAD DE TIEMPO DE TRAVESÍA Y UNO DE NIVEL) PARA INSTALAR Y PONER EN OPERACIÓN.	2	Bienes
	4	I060200624	SISTEMA DEL TIPO ATTN4 (AFORADOR CON CUATRO PARES DE SENSORES DE VELOCIDAD DE TIEMPO DE TRAVESÍA Y UNO DE NIVEL) PARA INSTALAR Y PONER EN OPERACIÓN	2	Bienes

Se resalta que las partidas 3 y 4 fueron declaradas desiertas. Para las partidas 1 y 2 se supervisó que el equipo entregado funcionara correctamente. También se supervisó el curso de capacitación sobre el manejo del medidor portátil que la empresa ganadora impartió el 3 y 4 de septiembre. Se realizó una práctica de aforo en el Dren Bacurimi. Para mas detalles ver el **Anexo Reporte Curso ADC** correspondiente.



**Curso de capacitación sobre el medidor portátil**



**Práctica de campo sobre el manejo del medidor**

Independientemente de que se hayan declarado desiertas las partida 1 y 2, el IMTA realizó las actividades de apoyo en la junta de aclaraciones, y la revisión de las propuestas técnicas de las empresas que participaron en el concurso. Este se da en detalle en el **Anexo Revisión OCPN** correspondiente.

DR-097 "LÁZARO CARDENAS"

Participación en las licitaciones del año 2009

Actividades realizadas

- 02/04/2009 - Reunión con los jefes de los Distritos de Riego del OC "Balsas" (en el IMTA): recomendaciones para preparar las licitaciones de 2009 y entrega definitiva de los Términos de Referencia (nota: se acuerda que se va a licitar "por estado").
- 08/06/2009 - Visita de los sitios por instrumentarse: canal "Lateral 2+700" (Tepalcatepec, Mich.) y canal "Tamácuaro 0+100" (Mujica, Mich.).

- 08/06/2009 - se decide que los sitios en "canales" donde se dará mantenimiento este año son: "Cajones" (sistema ATT2) y "Alto Coróndiro" (sistema ATT4).
- 29/06/2009 - Revisión de las bases para la Licitación (DR-097 y DR-045)
- 03/07/2009 - Reunión de aclaración en Morelia
- 13/07/2009 - Revisión de las propuestas técnicas (DR-097 y DR-045)
- 10/08/2009 - Respuesta a una inconformidad en Morelia (nota: se trata de una inconformidad sobre los equipos portátiles tipo "Perfilador Doppler")
- 22/09/2009 - Visita de obra de los sitios en proceso de instrumentación
- 29/10/2009 - Visita de obra de los sitios en proceso de instrumentación

#### Resultados y pendientes

La licitación de este año (16101023-005-09) sobre la instrumentación de canales en los DR-097 "Lázaro Cárdenas" y DR-045 "Tuxpan" se llevo a cabo en Morelia (Mich.). Después de esta licitación, se tuvo un seguimiento de las actividades previstas y se hicieron tres salidas de campo. Hasta la fecha, la situación actual es la siguiente:

Medidores portátiles - Se entregaron los equipos a tiempo; sin embargo, todavía existe una inconformidad con respecto a la licitación.

Canal "Lateral 2+700" (Tepalcatepec, Mich.) – El sistema casi esta instalado, pero todavía no está entregado (27/10/2009).

Canal "Tamácuaro 0+100" (Mujica, Mich.) – Se tuvieron retrasos en la instalación de los sensores de velocidad; el sistema todavía no está entregado (29/10/2009).



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Revisión de los medidores portátiles  
entregados al DR-097**



**"Canal Lateral"  
Visita de obra**



**"Tamácuaro"  
Visita de obra**



**"Tamácuaro"  
Visita de obra**

#### **A.4 Apoyo en la licitación, evaluación de control de calidad y supervisión de la instalación de 100 medidores en bombes directos en el DR087 Rosario Mezquite**

*A.4.1 Apoyo en la integración de la documentación para licitación en la parte de Especificaciones Técnicas de los medidores.*

*A.4.2 Apoyo en las juntas de aclaraciones previas a las licitaciones.*

*A.4.3 Apoyo en la evaluación técnica de las empresas licitantes.*

*A.4.4 Apoyo en la realización de las pruebas para la recepción de los medidores.*

*A.4.5 Supervisión de la instalación y funcionamiento de los medidores en cada uno de los cárcamos.*

#### **ORGANISMO DE CUENCA LERMA SANTIAGO PACÍFICO**

Se dio apoyo desde la relación de las especificaciones técnicas, se formularon las bases a las que se añadieron las especificaciones técnica, asistencia a las junta de aclaraciones, se evaluaron técnicamente todas las propuestas presentadas, y una vez hecho el dictamen se dio seguimiento a la instalación y funcionamiento de los medidores.

En el Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacifico, se licitó lo siguiente:

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>
SUMINISTRO DE EQUIPO DE TIPO VD (VELOCIMETRO ACUSTICO PORTATIL BASADO EN EL EFECTO DOPPLER) PARA DETERMINAR EL GASTO EN PUNTOS DE CONTROL DE LA RED DE DISTRIBUCION DE LOS DISTRITOS DE RIEGO DEL AREA DE INFLUENCIA DEL ORGANISMO DE CUENTA LERMA SANTIAGO PACIFICO.	11
INTERROGADOR PORTATIL TIPO LAP-TOP. SEGUN ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO.	10
SUMINISTRO, INSTALACION Y PUESTA EN OPERACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO PARA MEDIR EL GASTO DE TIPO AGL (AFORADOR DE GARGANTA LARGA) CON REGISTRO PARA MEDIR EL TIRANTE, INTERROGADOR PORTATIL Y CASETA DE OPERACION EN UN PUNTO DE CONTROL DE LA RED DE DISTRIBUCION, CANAL PRINCIPAL EL TULE EN EL DISTRITO DE RIEGO 093 TOMATLAN, JALISCO	1

SUMINISTRO, INSTALACION Y PUESTA EN OPERACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO PARA MEDIR EL GASTO DE TIPO ATT (AFORADOR DE TIEMPO DE TRAVESIA) CON REGISTRO PARA MEDIR EL TIRANTE INTERROGADOR PORTATIL Y CASETA DE OPERACION EN UN PUNTO DE CONTROL DE LA RED DE DISTRIBUCION EN EL CANAL PRINCIPAL KM. 0+580 DE LA PRESA ING. JULIAN ADAME EN EL DISTRITO DE RIEGO 034 ESTADO DE ZACATECAS.	1
SUMINISTRO, INSTALACION Y PUESTA EN OPERACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO PARA MEDIR EL GASTO DE TIPO ATT3 (AFORADOR DE TIEMPO DE TRAVESIA EN TUBERIA) CON REGISTRO PARA MEDIR TIRANTE INTERROGADOR PORTATIL, CASETA DE OPERACION Y PANTALLA ESPEJO EN EL CANAL PRINCIPAL KM. 0+020 SAIN ALTO, EN EL DISTRITO DE RIEGO 034 ESTADO DE ZACATECAS.	1
SUMINISTRO, INSTALACION Y PUESTA EN OPERACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO PARA MEDIR EL GASTO DE TIPO ATT4 (AFORADOR DE TIEMPO DE TRAVESIA PARA FLUJO A SUPERFICIE LIBRE) CON REGISTRO PARA MEDIR EL TIRANTE, INTERROGADOR PORTATIL CASETA DE OPERACION Y PANTALLA ESPEJO, EN EL CANAL PRINCIPAL KM. 0+020 SAIN ALTO, EN EL DISTRITO DE RIEGO 034 ESTADO DE ZACATECAS.	1

De manera digital se **Anexan los Términos de referencia, Bases y respuesta de la junta de aclaraciones**, tal como se presentaron en el compranet.

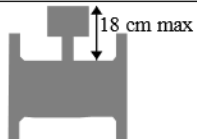

### Licitación

Se elaboraron las especificaciones Técnicas para las bases de licitación como parte de la documentación del expediente. Básicamente las Especificaciones contienen lo siguiente:

- a) Especificaciones que deben cumplir los medidores ofertados.
- b) Diámetros de los medidores
- c) Pruebas de precisión a los medidores
- d) Criterio de aceptación-rechazo en las pruebas de precisión
- e) Pruebas de resistencia a la inmersión en agua.
- f) Criterio de aceptación-rechazo en las pruebas de resistencia a la inmersión
- g) Carcasa de protección
- h) Suministro de bridas
- i) Recolector de datos
- j) Formato de evaluación técnica

Una de las partes más importantes de las Especificaciones son los requisitos que debieran cumplir los medidores, en seguida se presentan en forma resumida dichos requisitos.

### **Requisitos que deben cumplir los medidores ofertados**

<b>Especificación</b>		<b>Descripción</b>
Tipo		Electromagnéticos de batería interna en carrete bridado.
Energía		Batería interna reemplazable de litio, paquete de baterías o similar, siempre y cuando sea interna, y vida útil mínima de 5 años*.
Indicador de batería baja		Se debe presentar en la pantalla del registro indicador de batería baja.
Resistencia al medio ambiente		Nema 4X como mínimo y capacidad de inmersión por cortos periodos de tiempo (ver número )
Tolerancia, error de medición, exactitud, precisión o incertidumbre.		1% en el campo superior (según la definición de la norma NOM12-SCFI_1994). Se requiere certificado de calibración o pruebas por lote de acuerdo a lo especificado en el número <b>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..</b>
Registro	Tipo	Digital con pantalla de cristal líquido
	Unidades	Litros por segundo (l/s) para el gasto (caudal) y metros cúbicos para el volumen acumulado.
	Dígitos	Mínimo 6 para el gasto (caudal) y mínimo 8 para el volumen acumulado
Conectividad		Facilidad para escalar la descarga de información a computadora.
Rango de temperatura		-12 a 54 °C (10 a 130 °F), como mínimo
Altura del registro		La altura total del registro respecto del carrete del medidor no debe rebasar los 18 cm. 
Forma del carrete		El carrete no debe tener discontinuidades. 
Carcasa de protección		Se debe presentar una propuesta de carcasa de protección del registro del medidor. Se puede utilizar, modificar o mejorar, la propuesta de carcasa presentada en el número <b>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..</b>

## Evaluación Técnica

Posteriormente se asesoró al personal del Organismo de Cuenca para realizar la evaluación técnica. Este trabajo se realizó en la Cd de Guadalajara el día 24 de junio. Las empresas participantes fueron las siguientes:

- a) CICASA
- b) GD INGENIERÍA
- c) HIDRÓNICA
- d) INGENIERÍA EN PRESAS
- e) IVAN LEON
- f) MIGUEL ANGEL SANCHEZ TORRES
- g) REX IRRIGACIÓN
- h) TECNOEVOLUCIONES
- i) TECTROL

En el **Anexo Evaluaciones Técnicas** se presentan todas las evaluaciones, cabe mencionar que la licitación se dividió en 5 partidas. La primera fue para las bridas y las restantes para cada uno de los diámetros: 6, 8, 10 y 12 pulgadas. La primera y la última partida las ganó la empresa REX IRRIGACIÓN y las otras se le adjudicaron a HIDRÓNICA.

Finalmente, se asesoró al DR en la elaboración de un convenio entre el Módulo del Riego y el DR para que el Módulo se hiciera cargo de la instalación de los medidores. Se anexa el borrador del Convenio.



**Medidores en el almacén previo a su instalación**



**Vista de la carcasa de protección y la sujeción**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



***Medidor con la carcasa colocada***



***Diferente carcasa de protección en  
función del diámetro***

Finalmente, se asesoró al DR en la elaboración de un convenio entre el Módulo del Riego y el DR para que el Módulo se hiciera cargo de la instalación de los medidores. Se anexa el borrador del Convenio.



***Medidores en el almacén previo a su  
instalación***

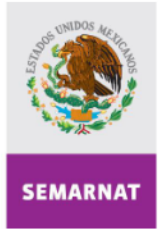


***Vista de la carcasa de protección y la  
sujeción***



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



***Medidor con la carcasa colocada***



***Diferente carcasa de protección en  
función del diámetro***



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## Instalación y prueba de funcionamiento

Dando Seguimiento a la instalación y prueba de funcionamiento a los aforadores fijos se presentan las imágenes siguientes:



**Aforador de Garganta Larga del DR093  
Tomatlán Jalisco. Detalle de la garganta.**



**Aforador de Garganta Larga del DR093  
Tomatlán Jalisco. Detalle de la caseta.**



**Aforador de tiempo de travesía del  
DR034 Estado de Zacatecas. Detalle de  
sensores.**



**Aforador de tiempo de travesía del  
DR034 Estado de Zacatecas. Detalle de  
pantalla de medición.**

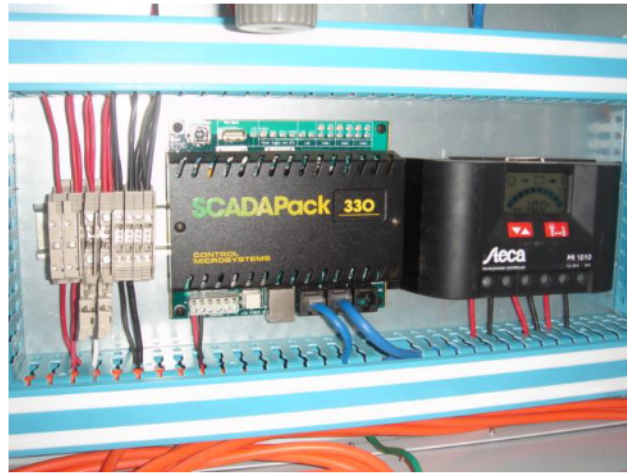


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



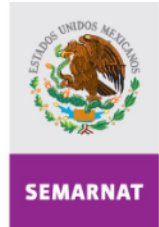
***Aforador de tiempo de travesía del DR034 Estado de Zacatecas. Detalle de unidad de almacenamiento de datos***



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## **A.5 Apoyo en la licitación, evaluación de control de calidad y supervisión de la instalación de 60 medidores en pozos agrícolas en el DR005 Delicias.**

Esta actividad quedó integrada en las siguientes actividades

*A.5.1 Apoyo en la integración de la documentación para licitación en la parte de Especificaciones Técnicas de los medidores.*

*A.5.2 Apoyo en las juntas de aclaraciones previas a las licitaciones.*

*A.5.3 Apoyo en la evaluación técnica de las empresas licitantes.*

*A.5.4 Apoyo en la realización de las pruebas para la recepción de los medidores.*

*A.5.5 Supervisión de la instalación y funcionamiento de los medidores en cada uno de los pozos.*

Se ofreció el apoyo acordado para la adquisición de los equipos de medición en el Distrito de Riego 0005 "Delicias".

La información del proceso de licitación se encuentra resumida en los Anexos del punto:

- Términos de referencia para los equipos de medición en pozos
- Resumen evaluación de propuestas Organismo de Cuenca del Rio Bravo
- Evaluación de propuestas para el Organismo de Cuenca del Rio Bravo

El detalle de cada una esta indicada en el anexo correspondiente.

## **B Servicio, verificación y atención de reportes de los sistemas de medición instalados.**

### **B.1 Rehabilitación de un medidor en un canal en el DR083 Papigochic**

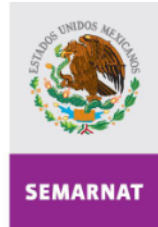
La rehabilitación del medidor de este canal, consistió en la revisión de los componentes eléctricos y electrónicos y en la calibración del sensor de velocidad. Para dicha calibración se utilizó un perfilador doppler portátil con el método estacionario. Se dejó funcionando el aforador.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**B.2 Verificación de 10 medidores en canales en los Distritos de Riego Pacífico Norte (Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, 063 Guasave, 074 Mocorito, 075 Río Fuerte, 076 Valle del carrizo, 108 Elota-piaxtla, y 109 Río San Lorenzo, en el estado de Sinaloa).**

Como parte del seguimiento a los medidores instalados en los canales de riego, en la tabla siguiente se muestran los sitios en donde se realizaron las verificaciones. La verificación consistió de las siguientes actividades:

. Para un gasto dado por el distrito de riego se realizó un aforo con el perfilador acústico ADP “barquito” marca Sontek, modelo M9.

-Se verificaba la configuración del Channel Master o AGL de acuerdo a la topografía actualizada.

-Si el gasto medido con el “barquito” y el proporcionado por el Channel Master o el AGL resultaba con una diferencia mayor al 5%, se ajustaba el coeficiente de calibración para el Channel Master. Para el AGL se calibraba el sensor de nivel.

Para todos los medidores mencionados, la verificación se realizó nada mas para un gasto, esto fue debido a que no fue posible establecer más gastos, la mayoría de los canales estaban manejando gastos bajos. Se recomienda seguir con el proceso de verificación para otros gastos, pero esto quedará sujeto a los calendarios de riego de los Distritos.

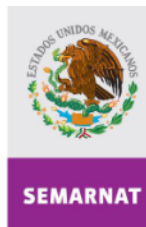
Se menciona también que se rebasó la meta por tres medidores. Es decir, se verificaron 13 medidores de los 10 contemplados. Otros tres quedaron pendientes de instalación, ya que se espera a que el Distrito de Riego baje los niveles de agua.

Distrito de Riego	Punto de medición /coordenadas	Tipo de medidor	ESTADO
010 CULIACÁN- HUMAYA, SIN.	Km.1+150 del C.P. Gato del C.P.Humaya  25 <sup>0</sup> 14' 01.5"N 108 <sup>0</sup> 02' 54.78" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado
	Km.0+400 del C. Lat. 129+370 del C.P.Humaya  25 <sup>0</sup> 18'55.33"N 108 <sup>0</sup> 02' 517.29" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

109 SAN LORENZO, SIN.	Km.1+070 del Lat. 12+000 C.P.N.S.L  24 <sup>0</sup> 27' 22.74"N 107 <sup>0</sup> 13' 34.44" O	AFORADOR DE GARGANTA LARGA (AGL)	Verificado
	Km. 9+700 del C.P.C.N (Pueblos Unidos) 24 <sup>0</sup> 23' 14.28"N 107 <sup>0</sup> 10' 27.54" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	*No verificado (Vandalismo)
108 ELOTA-PIAXTLA, SIN.	Planta de Bombeo La Cruz. C.P. Km 0+320 23 <sup>0</sup> 54' 14.76"N 106 <sup>0</sup> 51' 17.34" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado
	Planta de Bombeo El Roble. C.P. Km 0+360 23 <sup>0</sup> 55' 36.72"N 106 <sup>0</sup> 46' 38.04" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado
	C.P. Salto Norote. Km 8+330. 24 <sup>0</sup> 05' 15.54"N 106 <sup>0</sup> 45' 12.66" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado
074 MOCORITO, SIN	Km.157+600 del C.P. Humaya 25 <sup>0</sup> 28' 31.14"N 108 <sup>0</sup> 08' 43.28" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Pendiente de bajar nivel para instalación
	C. Lat. Km.157+730 del C.P. Humaya (km 0+800 del CL 152 del CP Humaya) 25 <sup>0</sup> 26' 57.90"N 108 <sup>0</sup> 06' 15.30" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Pendiente de bajar nivel para instalación
	C. Lat Km 148+400 del CPH	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Pendiente de bajar nivel para instalación



Distrito de Riego	Punto de medición /coordenadas	Tipo de medidor	ESTADO
063 GUASAVE SIN.	CP SINALOA Km.2+200  25 <sup>0</sup> 48' 32.88"N 108 <sup>0</sup> 14' 56.83" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado
	CP BAMOA Km.2+780 25 <sup>0</sup> 47' 40.29"N 108 <sup>0</sup> 14' 44.77" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado
	CP BAMOA Km.24+500 25 <sup>0</sup> 37' 53.95"N 108 <sup>0</sup> 20' 24.92" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado
	CP SINALOA Km.44+800  25 <sup>0</sup> 48' 32.88"N 108 <sup>0</sup> 14' 56.83" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Verificado
076 VALLE DEL CARRIZO SIN.	CL Km 7+530 del CP NORTE 26 <sup>0</sup> 16' 33.39"N 109 <sup>0</sup> 01' 40.00" O	AFORADOR DE GARGANTA LARGA (AGL)	Verificado
	CL NORTE 9+410 26 <sup>0</sup> 16' 33.39"N 109 <sup>0</sup> 01' 40.00" O	AFORADOR DE GARGANTA LARGA (AGL)	Verificado
	CL NORTE 4+844 26 <sup>0</sup> 16' 33.39"N 109 <sup>0</sup> 01' 40.00" O	AFORADOR DE GARGANTA LARGA (AGL)	Verificado
075 VALLE DEL FUERTE	Km.0+965 del CPVF  26 <sup>0</sup> 04' 4.25"N 108 <sup>0</sup> 47' 19.72" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Pendiente de bajar nivel para instalación
	Km.4+500 del Lat Km 18+420 del CPVF  26 <sup>0</sup> 04' 4.25"N 108 <sup>0</sup> 47' 19.72" O	AFORADOR DOPPLER LATERAL (ADL)	Pendiente de bajar nivel para instalación

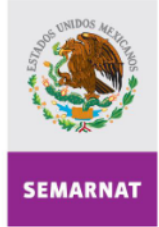
En el punto del DR 109 "Pueblos Unidos" se robaron el cerco de malla ciclónica y la chapa de la puerta está violada. Se optó más conveniente no instalar el equipo.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**B.3 Verificación de 18 medidores en canales en los Distritos de Riego Lerma Santiago Pacífico (Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, 085 La Begoña, Guanajuato y 087 Rosario-Mezquite, Michoacán).**

El mantenimiento se llevo a cabo en todos los puntos. La verificación de estos puntos se llevará a cabo hasta el inicio del periodo de riego, debido a que en los meses en que se hicieron los trabajos de mantenimiento el distrito de riego mantuvo sin operación los canales.

#### **B.4 Verificación de dos medidores de canales en los Distritos de Riego de Río Bravo (DR005 Delicias, DR026 Bajo Río San Juan y estación Los Aldamas)**

*Reporte de la visita al DR 005 Delicias Chih.*

Motivo: Visita a los sitios de probable colocación de aforadores en canales entubados.

Día 16 de octubre de 2009

En general se trata de una tubería conectada al canal por medio de una o dos cajas de compuertas. En ocasiones, la primera caja está pegada al canal y tiene dos compuertas, probablemente se trate de aforadores tipo "Tecamachalco". Después se tiene otra caja de concreto a modo de distribuidor porque allí se tienen una o más derivaciones, generalmente al tubo enterrado y a un canal abierto.

Se visitaron los siguientes puntos, también se describen algunos detalles

<b>Sitio</b>	<b>Características</b>
108+510	Presurizado, dos cajas, diámetro aprox 10 pulg. Los hidrantes están a más de 1 km.
108+868	Presurizado, dos cajas, diámetro aprox 24 pulg. Los hidrantes están a más de 1 km.
109+500	Presurizado. No tiene caja secundaria, tiene sólo un tubo como respiradero. No se aprecia el diámetro del tubo
109+980	Presurizado. Tiene caja secundaria, el tubo es de 18".
111+590 ó 112+090	Presurizado. No hizo observación.
120+020	Presurizado. Tiene un medidor de propela como de 16", descompuesto.
64+292 Canal Conchos	Tubo no presurizado, diámetro de 36 pulg.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Sitio 108+510 Caja secundaria**



**Sitio 108+510 Al fondo se encuentran  
los hidrantes**



**Sitio 108+510 Caja primaria, aforador tipo  
"Tecamachalco"**

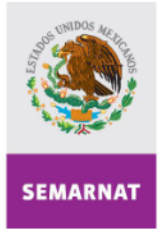


**108+868, caja secundaria**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**109+500, tubo de respiración.**



**109+500, el primer hidrante está muy  
cerca**



**109+980, Caja secundaria**



**109+980, Vista de la caja secundaria  
(adelante ) y caja primaria (atrás)**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**111+590 ó 112+090s**



**120+020, Vista interior de la caja de alojamiento del medidor**



**120+020, Vista exterior de la caja de alojamiento**



**120+020, Unión del medidor con la tubería que parece ser de PVC.**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**120+020, Medidor de propela marca Mc Crometer, carátula empañada**



**120+020, Al parecer el medidor estuvo bajo el agua, los restos de hierba y madera así lo indican.**



**64+292 Canal Conchos, vista exterior del pozo de visita**



**64+292 Canal Conchos, vista interior del pozo de visita**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**64+292 Canal Conchos, medición  
del diámetro del tubo**



**64+292 Canal Conchos, vista del interior de la  
tubería de conducción**

Por lo visto, se puede decir que se tendrán tres tipos de instalaciones

- a) En tubo presurizado igual o menor de 12 pulgadas de diámetro
- b) En tubo presurizado mayor a 12 pulgadas de diámetro
- c) En tubo sin presurizar

Como propuesta se puede considerar que en el primer tipo se pondrá un medidor electromagnético en una caja de registro y con unidad de lectura remota. En la segunda opción parece más adecuado un medidor ultrasónico sobrepuesto o intrusivo pero colocado desde el exterior de la tubería y en la tercera opción habrá que ver si un medidor doppler de fondo puede aplicarse. En las dos últimas opciones probablemente se deba construir una caseta para poder tener alimentación de energía por medio de celdas fotovoltaicas.

NOTA 1: Se debe estar seguro de que los tubos estén presurizados en la zona de colocación del medidor, si esto se cumple es sencilla la colocación de medidores electromagnéticos o ultrasónicos, si esto no se cumple el problema se complica.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



NOTA 2: También se debe revisar que la conveniencia económica de colocar medidores electromagnéticos en tuberías de hasta 12 ó 10 pulgadas, porque en diámetros mayores, tal vez no convengan por el costo, en tal caso parece más favorable un medidor ultrasónico de tiempo de travesía.

En cuanto a la infraestructura civil de apoyo, se propone que en el primer caso se coloque solamente una caja tipo registro (parecida a la del sitio 120+020) y que la unidad de lectura del medidor se coloque cerca de la entrada para no tener que bajar hasta el medidor para obtener las lecturas. En el caso de tubería a presión mayor de 12 pulgadas (2º caso) es probable que el medidor electromagnético sea muy caro y se deba colocar un medidor ultrasónico de tiempo de tránsito, y muy probablemente ello obligue a construir una caseta para colocar fotoceldas ya que no se tienen medidores de tiempo de tránsito que funcionen con baterías.

En el caso de la tubería funcionando como alcantarilla es probable que algún medidor doppler de fondo para flujo somero exista en el mercado; es probable que los tirantes en la zona de medición se mantengan cercanos a los 40 cm.

#### Actividades pendientes

- a) El Ing. Rosalío conseguirá los planos de las instalaciones para ubicar los sitios de aforo, así como los diámetros de los tubos.
- b) También conseguirá el dato de la empresa que construyó los canales entubados por si se requiere alguna información que dicha empresa pudiera tener.
- c) Investigar lo siguiente:
  - Comparación de costos electromagnéticos y ultrasónicos sobrepuestos o de carrete
  - Tipos de medidores factibles para la toma del canal Conchos



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



### ***B.5 Verificación de ocho medidores en canales en el Distrito de Riego DR017 Comarca Lagunera***

Durante la semana del 18 al 22 de mayo se verificaron los medidores utilizando un aforador móvil marca Sontek. En cada caso se hicieron 6 aforos en las estaciones siguientes:

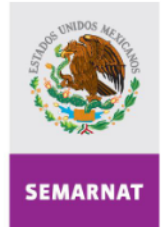
<b>Número y nombre</b>	<b>Estado</b>
1.- 0+700 Sacramento	Verificado
2.- 0+800 Santa Rosa	Verificado
3.- 15+511 del 3+500	Verificado
4.- 7+735 del 3+500	Verificado
5.- 8+835 del 3+500	Verificado
6.- Lateral 35+432	Verificado
7.- 35+432 Sacramento	Verificado
8.- Lateral 40+026	Verificado



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**B.6 Rehabilitación de medidores en presas que cuenta con más de 5 años de vida útil (Presa Solís, Presa de Coitzio, Miguel Alemán, Leobardo Reynoso, Presa Solidaridad- El Cuchillo, Presa Las Lajas, y Presa Francisco I. Madero-Las Vírgenes)**

Esta actividad quedó integrada en las siguientes actividades

*B.6.1 Presa Solís (dos tuberías)*

*B.6.2 Presa de Coitzio (dos tuberías)*

*B.6.3 Miguel Alemán (una tubería)*

*B.6.4 Leobardo Reynoso (una tubería con la reparación de los sensores y la unidad electrónica)*

*B.6.5 Presa Solidaridad- El Cuchillo (una tubería con dos pares de sensores en conexión redundante)*

*B.6.6 Presa Las Lajas (una tubería)*

*B.6.7 Presa Francisco I. Madero-Las Vírgenes (dos tuberías)*

Consulte más información en el **Anexo de la Actividad**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



### **B.7 Mantenimiento de 16 sistemas de telemedición**

En 2009, se hicieron ocho salidas de campo para dar mantenimiento a los sistemas de medición instalados en el DR-030.

<b>Periodo</b>	<b>Participa</b>	<b>Sitios visitados</b>	<b>Comentario</b>
16/01/2009	S. Tamari W. Gonzalez	"Valsequillo" km 24+769	Revisión del sistema (revisión del sensor de nivel)
28/01/2009	S. Tamari D. Morales A. Porter	"Valsequillo" km 24+769	Revisión del sistema (revisión del sensor de nivel)
06/04/2009	S. Tamari Y. Dimier	"Valsequillo" km 24+769	Revisión del sistema (aforo de verificación)
15/05/2009	D. Morales	"Valsequillo" km 24+769	Revisión del sistema (instalación de un módulo de comunicación serial)
01/06/2009	S. Tamari	CONAGUA - Puebla	Reunión de aclaración
02/06/2009	S. Tamari	DR - Tecamachalco	Vista de 3 sitios propuestos para su instrumentación en 2010
21/07/2009	S. Tamari	"Valsequillo" km 24+769	Revisión del sistema (cambio de baterías)
22/07/2009	S. Tamari	"Tecamachalco" "Tepanco de López"	Visita de 2 sitios en proceso de instrumentación (visita de obra)
22/10/2009 - 23/10/2009	S. Tamari W. Gonzalez	"Tecamachalco" "Tepanco de López"	Visita de 2 sitios en proceso de instrumentación (minuta sobre las condiciones de entrega)

### *Canal principal de la presa "Valsequillo" Km 24 + 769*

#### ACTIVIDADES REALIZADAS

Se tiene un medidor tipo ATT4 (modelo "Risonic", marca "Rittmeyer"), para el cual se hicieron los siguientes ajustes y verificaciones:

Se detecta un error en la configuración del sensor de nivel (16/01/2009 y 28/01/2009), el cual se corrige después (06/04/2009).

Se detectan errores en la configuración del sistema de envío de datos a Internet (28/01/2009 y 06/04/2009); estos errores se corrigen, al instalar un nuevo sistema de comunicación serial entre el medidor, su sistema de adquisición de datos (modelo "ScadaPack") y su sistema de telemetría (marca "High Tide") (15/05/2009).

Se verifica la bondad de los datos mediante un aforo con equipo tipo PD (06/04/2009)

Se verifica la alimentación eléctrica del sistema (panel solar, controlador de carga, baterías), y se decide cambiar las baterías del sistema (21/07/2009)

#### RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

Se dejó el sistema instalado en el canal principal de la presa "Valsequillo" km 24+769 funcionando adecuadamente (desde el 06/04/2009) y enviando datos confiables a Internet (desde el 15/05/2009).



***"Valsequillo" km 24+769  
Verificación del sensor de nivel***



***"Valsequillo" km 24+769  
Verificación del sensor de nivel***



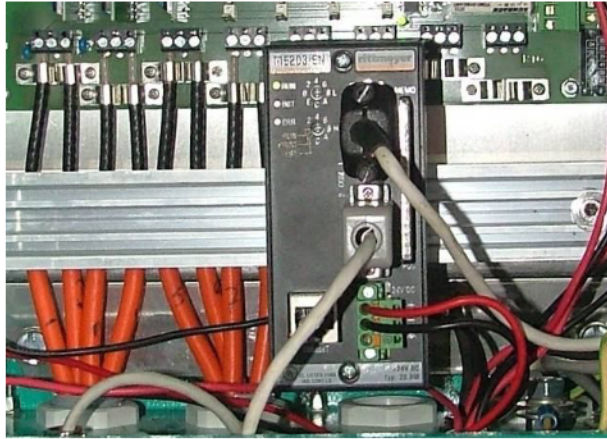
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



**"Valsequillo" km 24+769**  
**Instalación de un convertidor serial**



**"Valsequillo" km 24+769**  
**Aforo de verificación**



**"Valsequillo" km 24+769**  
**Nuevas baterías**



**"Valsequillo" km 24+769**  
**Verificación de los paneles solares**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**"Valsequillo" km 24+769**  
**Verificación del controlador de carga**



**"Valsequillo" km 24+769**  
**Limpieza de los sensores de velocidad**

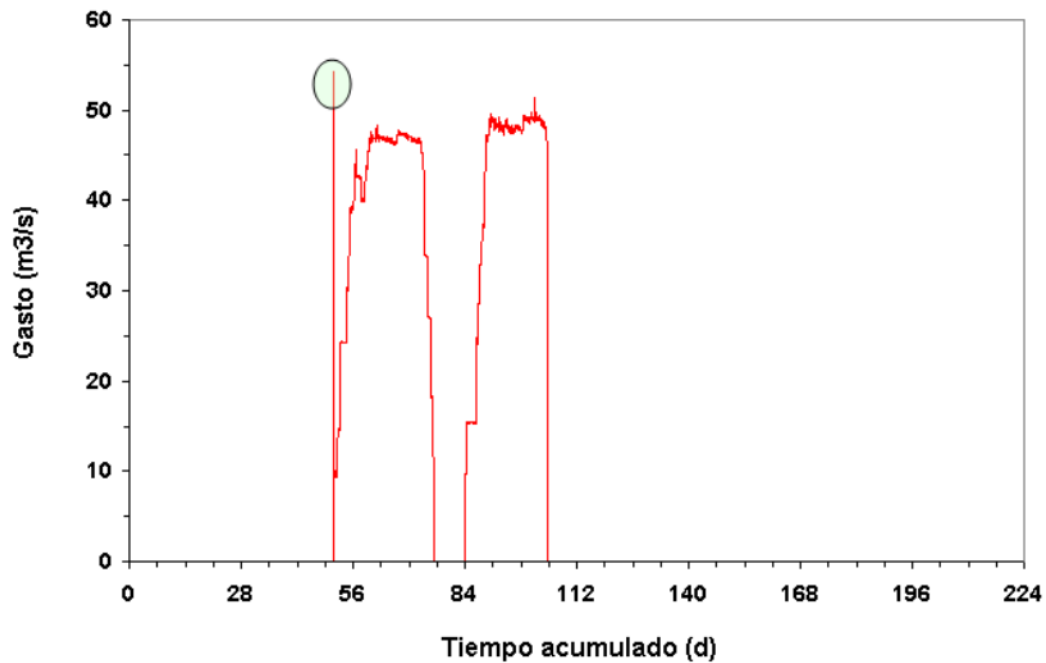
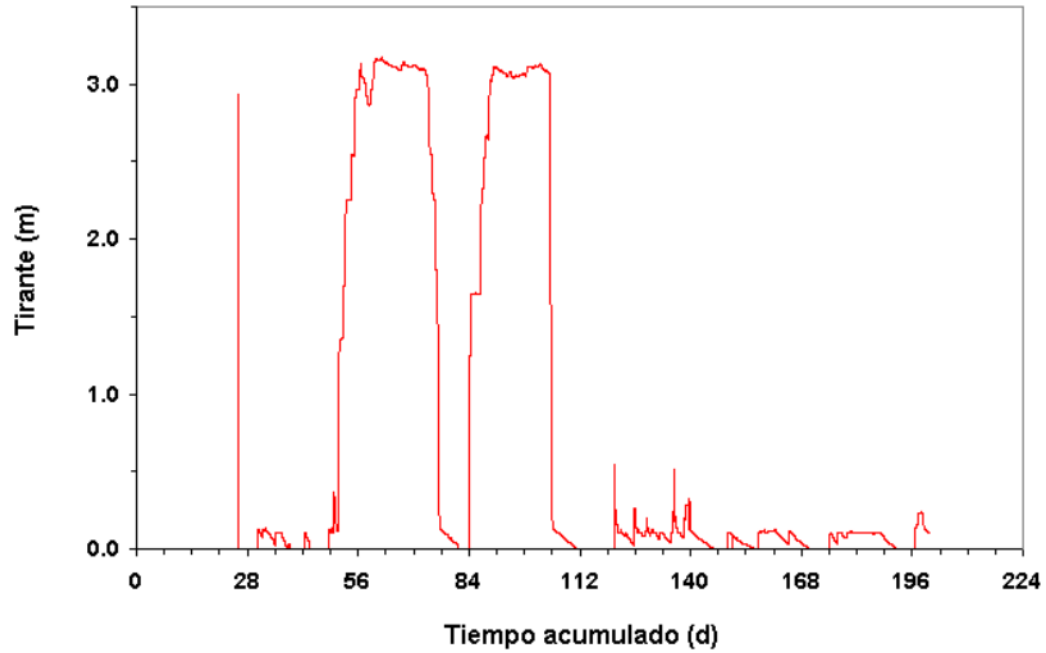


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**"Valsequillo" km 24+769**

**Datos recibidos en Internet**

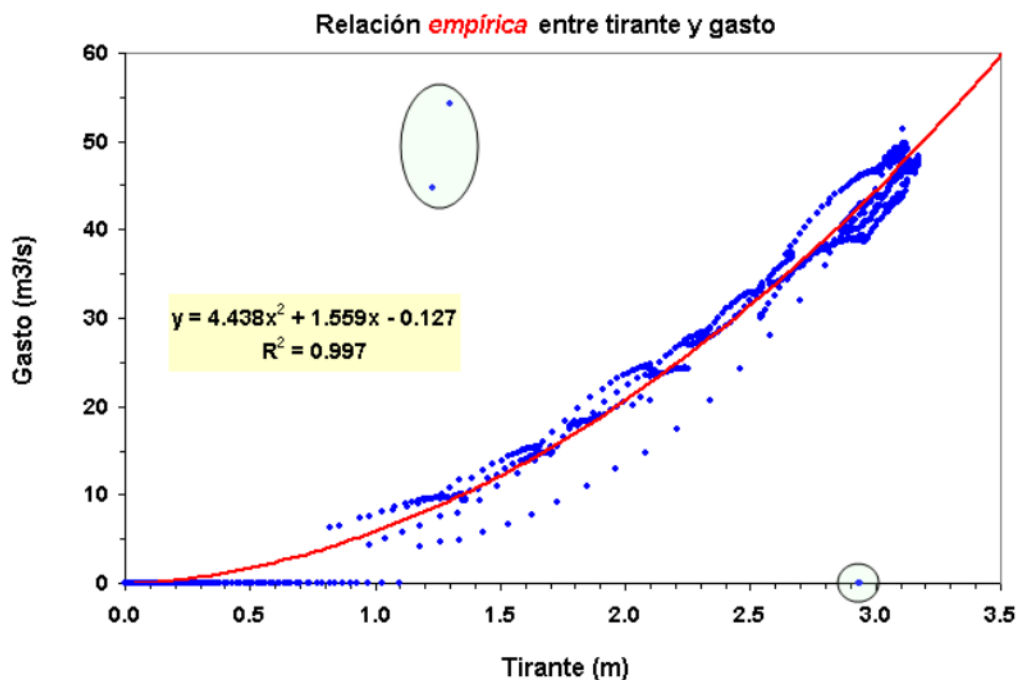
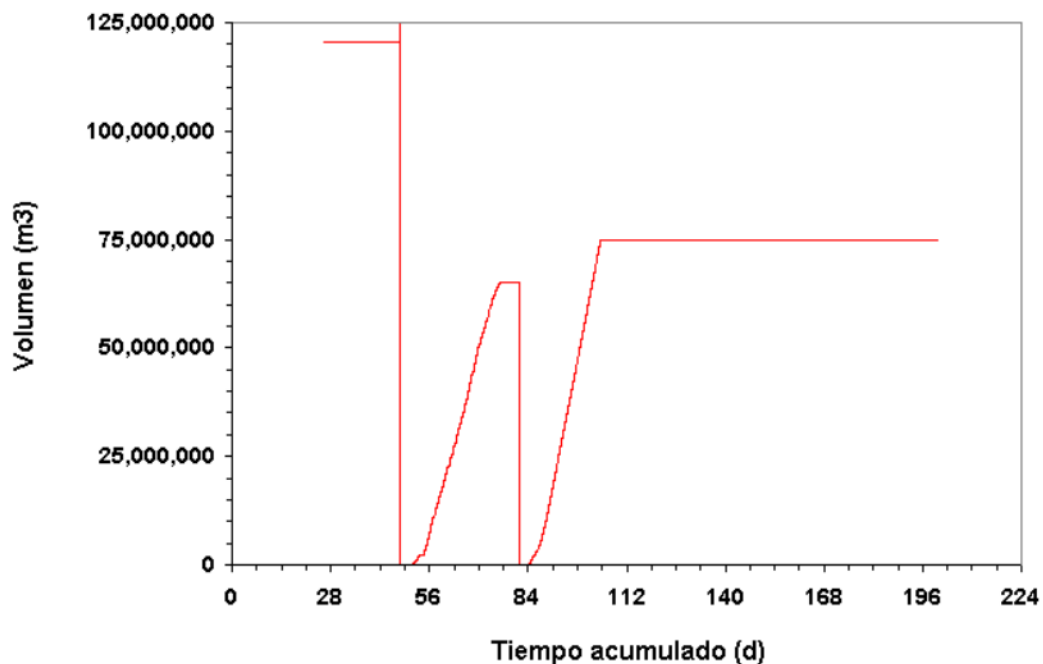
**Nota: Se toma el tiempo "cero" como siendo el 01/05/2009 [00:00] Hora Local**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**"Valsequillo" km 24+769**  
**Datos recibidos en Internet**

**Nota: Se toma el tiempo "cero" como siendo el 01/05/2009 [00:00] Hora Local**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

*Visitas a sitios por instrumentarse en el año 2010*

## ACTIVIDADES REALIZADAS

El 11 de junio de 2009, se visitaron dos sitios por instrumentarse en 2010:

- "Canal lateral km 66+860" (Tlacotepec de Benito Juárez, Pue.)
- "Canal lateral km 51+180"
- "Canal lateral km 38+780"

## RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

Se tienen los datos básicos para poder proponer dos nuevos sistemas de medición automáticos en el DR-030. Queda elaborar y entregar los proyectos ejecutivos a principios de 2010.



**"Canal lateral km 66+860"**  
**Vista del sitio**



**"Canal lateral km 66+860"**  
**Puente de aforo**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**"Canal lateral km 51+180"**  
**Vista del sitio**



**"Canal lateral km 51+180"**  
**Talud deformado**



**"Canal lateral km 38+780"**  
**Vista del sitio**



**"Canal lateral km 38+780"**  
**Caseta de un antiguo AGL**

**B.8 Transmisión satelital de 27 sistemas de telemedición (pago del servicio)**

**B.9 Transmisión satelital (activación de 2 presas sin modem adicionado el pago anual de servicio)**

Para las actividades de rehabilitación de medidores en presas con más de 5 años de vida útil (actividades: B.6, B.7, B.8, B.9 y todas las subactividades), en la siguiente "Tabla de Acciones", se resumen las actividades específicas llevadas a cabo por cada sistema de medición, y que son de tres tipos, a saber: (1) Mant: Mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de telemedición, (2) Web: Presentación oportuna de la información de medición de los sistemas en el portal Web, (3) Cambio de sensores y (4) Cambio de módem.

**Vea también los Anexos de la Actividad**

Región / Distrito de Riego	Embalse	Sistema	Requerimiento 2009				Observaciones
			Mtt	Web	Cambio de sensores	Cambio de módem	
<b>II NOROESTE</b>							
DR 041 Río Yaqui	Álvaro Obregón (Oviachic)	Álvaro Obregón					Debido al vandalismo (no hay celda solar, el gabinete está desprendido, y los medidores no se encuentran instalados No se contempla rehabilitación.
DR 038 Río Mayo	Adolfo Ruiz Cortínes (Macizara )	Adolfo Ruiz Cortínes	√	√			



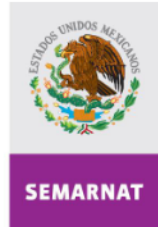
DR 041 Río Yaqui	Lázaro Cárdenas (Angostur a)	Lázaro Cárdenas 2				Se encuentran dañados los sensores de las dos tuberías. No se contempla rehabilitación.	
		Lázaro Cárdenas 3					
DR 083 Papigochi c	Abraham González (Papigoch i)	Abraham Glez. 1	√	√			
		Abraham Glez. 2				Debido al vandalismo (no hay celda solar, y el medidor no se encuentra instalado. No se contempla rehabilitación.	
<b>III PACÍFICO NORTE</b>							
DR 076 Valle del Carrizo, Sin.	Josefa Ortiz de Domingue z	Josefa Ortiz de Dominguez	√	√		√	Se encuentra dañado el módem. Se va a cambiar. Este sitio también ha presentado mucho vandalismo
DR 074 Mocorito, Sin	Eustaquio Buelna	Eustaquio Buelna	√	√			Este sitio también ha presentado mucho vandalismo
DR 063 Guasave, Sin.	Guillermo Blake	Guillermo Blake	√	√			
DR 063 Guasave, Sin.	Gustavo Díaz Ordaz (Bacurato )	Gustavo Díaz Ordaz	√	√			
DR 109 Río San Lorenzo	José López Portillo (Comeder o)	José López Portillo	√	√			



DR 010 Culiacán- Humaya	Gral. Salvador Alvarado (Sanalona )	Sanalona	√	√			
DR 052 Estado de Durango	Santiago Bayacora	Santiago Bayacora	√	√			
DR 052 Estado de Durango	Guadalup e Victoria	Guadalupe Victoria	√	√			
DR 052 Estado de Durango	Francisco Villa (El Bosque)	Margen Izquierda		√		√	Tiene garantía hasta el 2009
		Central					
		Margen Derecha					
<b>IV BALSAS</b>							
DR 097 Lázaro Cárdenas, Mich.	Constituci ón de Apatzingá n (Chilatán)	Chilatán Baja	√	√			
		Chilatán Alta	√	√			
DR 097 Lázaro Cárdenas, Mich.	Zicuirán	Sitio1		√			Tiene garantía hasta el 2009
<b>VI RÍO BRAVO</b>							
DR 026 Bajo Río San Juan, Tamps.	Marte R. Gómez (El azúcar)	Marte R. Gómez					Debido al vandalismo (se encontró dañado el sensor de nivel, el módem satelital, y la pantalla tipo espejo. No se contempla rehabilitación
DR 004 Don Martín, N.L.	Solidarida d (El Cuchillo)	El Cuchillo	√	√	√		



DR 005 Delicias, Chih.	Francisco I. Madero (Las Virgenes)	F.I. Madero 1	√	√	√		
		F.I. Madero 2	√	√	√		
La Boquilla (DR 005 Delicias, Chih.)	La Boquilla	La Boquilla 1	√	√			
		La Boquilla 2	√				
DR 089 El Carmen, Chih.	Las Lajas	Las Lajas	√	√	√		
DR 090 Bajo Río Conchos, Chih.	Luis L. León (El Granero)	Luis L. León					Sistema dañado por inundación. No se contempla rehabilitación
DR 042 Buenaven tura, Chih.	El Tintero	El Tintero	√	√			
DR 103 Río Florido, Chih.	San Gabriel	San Gabriel 1	√	√			
		San Gabriel 2	√				
		San Gabriel 3	√				
<b>VII CUENCAS CENTRALES DEL NORTE</b>							
DR 017 Región Lagunera	Lázaro Cárdenas (El Palmito)	El Palmito 1	√	√			
		El Palmito 2	√				
		El Palmito 3	√				
DR 034 Estado de Zacatecas	Leobardo Reynoso	Leobardo Reynoso	√	√	√		Se contempla también reparación de unidad electrónica
<b>VIII LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO</b>							
DR 20 Morelia- Querénda ro	Cointzio	Cointzio 1	√	√	√		
		Cointzio 2	√		√		
		Cointzio 3	√	√			
		Cointzio 4	√				



DR 085 La Begoña	Solís	Solís 1	√	√	√		
		Solís 2	√	√	√		
DR 085 La Begoña	Ignacio Allende	I. Allende	√	√			
DR 034 Estado de Zacatecas	Miguel Alemán	Miguel Alemán	√	√	√		
DR 034 Estado de Zacatecas	El Chique	El Chique	√	√			
DR 034 Estado de Zacatecas	Guillermo Lugo Sanabria (La Pólvora)	Tubo 1					Tiene garantía hasta el 2009.
		Tubo 2		√			
DR 034 Estado de Zacatecas	Cajón de Peña	Toma Alta		√			Tiene garantía hasta el 2009.

Para asegurar su correcta operación, se llevaron a efecto el mantenimiento preventivo y correctivo en los sistemas marcados en la columna “Mant” de la tabla anterior. Éste consistió en la verificación de la buena operación de los sistemas y, en su caso, la reparación o reemplazo de los componentes menores de los sistemas que no operen correctamente, dentro de los límites impuestos por la vigencia del presente convenio como sigue:

Se consideró componentes menores a los siguientes: batería, controlador de carga, regulador, fusibles, clemas, cambio de gel, y limpieza a las fotoceldas solares. En este concepto de mantenimiento no se considera el reemplazo ni la reparación de los sensores, unidades electrónicas, cable de sensores, ni fotoceldas (excepto donde se indique explícitamente el cambio de sensores).

Por otra parte, con este mismo propósito, se atendió en campo y desde las oficinas del IMTA los reportes de falla por parte de la CONAGUA sobre el funcionamiento de los sistemas de telemedición, de acuerdo con los formatos de inspección en cada una de las presas.

Para asegurar la oportuna exhibición de la información de medición en el portal Web, de los sistemas marcados en la columna “Web” de la tabla anterior, se desarrollaron tareas de administración de la totalidad del sistema, desde la correcta transmisión de los sitios a los sistemas satelitales y envío de la información al servidor Web, hasta el desarrollo de sistemas administrativos del portal Web para la detección de fallas. La exhibición oportuna de la información de medición de esos sitios.

En los sistemas marcados en la columna “Cambio de sensores” de la tabla anterior, se llevó a efecto el cambio de los sensores y que comprendió la nueva configuración del sistema, así como, la colocación de sus bases de sujeción. Para el caso de la presa Leobardo Reynoso se consideró también el reemplazo de la unidad electrónica.

En los sistemas marcados en la columna “Cambio de modem”, se llevó a efecto el cambio del módem satelital, y que comprendió la activación y la transmisión.

### ***B.10 Mantenimiento y actualización de la página WEB de presas***

Para asegurar la oportuna exhibición de la información de medición en el portal Web, de los sistemas marcados en la columna “Web” de la tabla en la actividad anterior, se desarrollaron tareas de administración de la totalidad del sistema, desde la correcta transmisión de los sitios a los sistemas satelitales y envío de la información al servidor Web, hasta el desarrollo de sistemas administrativos del portal Web para la detección de fallas.

Dentro de las actualizaciones llevadas a cabo en la página WEB de presas se mencionan las siguientes.

- a) Se implementó la hora local relacionada con la hora universal (+7:00 GMT en invierno y +6:00 GMT en verano)
- b) Se cambió la dirección de <http://cna.imta.mx> por <http://conagua.imta.mx>
- c) Se generó la opción de exportar datos de forma explícita, en formato CSV el cual es compatible con Excel y otros administradores de hoja de cálculo.
- d) Se agregó a la descarga de datos un campo adicional llamado “**Tiempo Universal Acumulado a partir del año 2000**”, este con el fin de ayudar al usuario en el manejo eficiente de los datos.
- e) Se agregó una nueva variable al formato de descarga de los datos: “**Tirante**”



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



- f) Se modificó la dirección de correo electrónico con la que se hacía el envío de los reportes de fallas , anteriormente era [virlexservsystem@gmail.com](mailto:virlexservsystem@gmail.com), y actualmente se enviará a [reporte\\_fallas@conagua.imta.mx](mailto:reporte_fallas@conagua.imta.mx)
- g) Para el apartado de Reporte de Fallas se agregaron 3 nuevos campos:
  - Organismos de Cuenca.
  - Correo electrónico de quien envió el reporte de falla.
  - Opción que permite al usuario enviar 3 archivos en formato de imagen que ayuda a entender el problema especificado en el reporte de fallas.
- h) Se modificó la manera de presentar el gasto, se mostraba con dos decimales, actualmente ya se despliega con tres decimales.
- i) Se incluyó en la pagina principal un botón llamado “*Manual de ayuda*” el cual contiene tanto los nuevos cambios como la información necesaria para entender el funcionamiento de la página web.

También se incorporaron a la página WEB la transmisión de datos, de los siguientes sitios:

- Canal Tuxpan km 0+130 (Organismo de Cuenca Balsas)
- Canal Tuxpan km 21+740 (Organismo de Cuenca Balsas)
- Puente Canal Durazno (Tuxpan) (Organismo de Cuenca Balsas)
- Canal Tepanco de López(Organismo de Cuenca Balsas)
- Presa el Cazadero (Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte)
- Agustín Melgar (Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte)

Los detalles de esta actividad pueden ser consultados en el **anexo correspondiente**.

### **B.11 Mantenimiento y calibración de 60 molinetes**

En este informe se mencionan las actividades de elaboración de especificaciones, adquisición de refacciones y recepción, caracterización y calibración de los 100 molinetes.

#### *Objetivo*

Proporcionar servicios de mantenimiento y calibración a 100 molinetes de la Gerencia de Distritos y Unidades de Riego (GDUR).

#### *Antecedentes*

En el Laboratorio “Enzo Levi” del IMTA se presta el servicio de caracterización y mantenimiento correctivo de molinetes. En el presente año la Gerencia de Distritos y Unidades de Riego “GDUR”, solicitó al IMTA el servicio de mantenimiento y caracterización de 80 molinetes, por lo que ambas partes celebraron un convenio de colaboración cuyo resultado fue el desarrollo del proyecto HC-0817.3 titulado: “BRINDAR ASESORÍA Y SUPERVISIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA: OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE ALMACENAMIENTO, POZOS AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS DISTRITOS DE RIEGO” (SGIH-OC-DF-09-DR-009-RF-CC).

#### *Resultados*

Se dio mantenimiento y caracterización a 80 molinetes de diversos lugares del país (ver Tabla 1).

No.	PROCEDENCIA	CANTIDAD	DISTRITO DE RIEGO
1	Apatzingán Mich.	11	97
2	Cardel Ver.	5	35 y 82
3	Cd. Acuña Coah.	2	6
4	Cd. Altamirano Gro.	4	57
5	Cd. Lerdo, Dgo.	8	17
6	Mexicali BC.	20	14
7	Navojoa Son.	5	38
8	Río Bravo tamps.	4	25
9	Tuxtla Gutiérrez Chiap.	3	59
10	Tuxtla Gutiérrez Chiap.	2	101
11	Zamora Mich.	1	61
	Total	65	



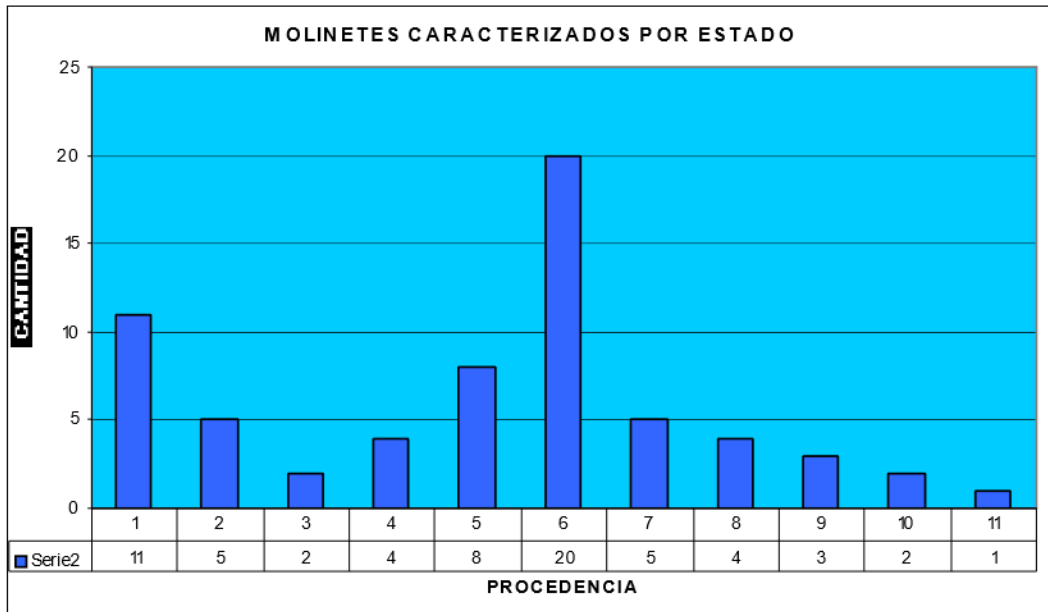
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Tabla 1 Listado de mantenimiento y caracterización por Distrito de Riego**



**Ilustración 1 Molinetes calibrados de GDUR, según procedencia**

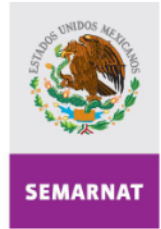
Para información más detallada consulte los **Anexos de la Actividad**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## ***B.12 Capacitación en el manejo de medidores de velocidad y perfiladores acústicos***

*DR 017 Región lagunera, capacitación del 7 de Octubre de 2009*

Equipo: RiverSurveyor Modelo S5

La capacitación comenzó a las 10:45.

La capacitación se dio con base en una presentación de la compañía Sontek. El idioma de la presentación es en inglés. El expositor comentó los detalles más importantes en español. La primera parte fue una presentación un tanto informativa y de carácter comercial. La segunda parte ya fue la de configuración.

A la capacitación asistieron 8 personas del Distrito, más un supervisor del IMTA.

Alfredo López Mota  
Rosalío Hernández Hernández  
Víctor Sebastián Leal Reyna  
Gerardo González González  
Mario Alberto Castro  
Gustavo Meraz Ceniceros  
José Gerardo Hernández Cordero

Por parte del IMTA asistió Edmundo Pedroza González

Por parte del instructor, se menciona reiteradamente que aparentemente es complicada la operación, pero esto es solamente una apariencia al momento de la explicación, ya que la realización de la medición en campo es muy sencilla. Se dio primero la explicación de la configuración en la PC y después en el teléfono celular. No se presentó la traducción simplificada del manual en español. La guía rápida no es de tamaño de “manual de bolsillo”

Después se armaron los equipos y sus conexiones. Lo primero, fue la configuración inicial de las computadoras. Después se cargó el programa del medidor Riversurveyor Live para PC. Después se cargó el controlador del conector RS232 a USB para incorporar la antena del Bluetooth a la PC. Una vez lograda la conexión con el RiverSurveyor, se configuró un ejemplo suponiendo que ya se va a empezar una medición. Finalmente se cargó el programa RiverSurveyor Live al teléfono celular.

Día 8 de octubre, práctica en la Estación de Aforo Cañón de Fernández

La salida fue a las 9:00 AM de las oficinas del Distrito. Se llegó al sitio de aforos a las 10:00. Los trabajos comenzaron a las 11:00. Se dividieron los participantes en dos equipos ya que se tenían dos perfiladores Doppler. El primer trabajo fue el armado de los sensores en el hydroboard, las conexiones entre el sensor y el módem; después se colocaron las pilas. No hubo mayor problema con estas actividades. Solamente se tuvo un pequeño inconveniente con las pilas de uno de los equipos. El instructor dijo que al cargar las pilas se enciende una luz verde y cuando ya están cargadas cambia a roja. El encargado de las pilas dijo que efectivamente se puso rojo y que las desconectó, pero ello sucedió sólo una hora después de conectar, el hecho es que no se cargaron las pilas.

Los aforos se realizaron con apoyo de la canastilla de la estación, operada por el personal de la estación. El instructor enseñó al primer equipo el manejo del móvil, en la medida de la profundidad del sensor bajo el agua, así como a calibrar el compás del sensor por medio de movimientos de cabeceo y giro (pitch and roll).

Comenzó el movimiento del Perfilador, para los aforos. Cabe hacer notar que el método de aforo fue el de “bottom tracking”, lo que equivale al modo dinámico. Se recuerda que el Perfilador debe ser capaz de aforar en modo dinámico. Ello no debe pasarse por alto exigiendo al proveedor incluya el software para realizar el aforo con este modo.

Otro detalle es que al llegar el perfilador al otro extremo del río, se perdía la señal; al parecer era el mismo problema de la falta de carga en la pila que marcaba 15 volts en lugar de los 18 requeridos. El río tiene un ancho aproximado de 40 m. Ello quiere decir que la carga de las pilas es un aspecto que debe cuidarse atentamente.

Se hicieron aforos usando la “retenida” de la estación y sin ella. No se tienen elementos para decidir sobre alguna ventaja de una opción u otra. Se realizaron tres aforos:

Q1=34.35 m<sup>3</sup>/s

Q2=39.23 m<sup>3</sup>/s

Q3=33.9 m<sup>3</sup>/s

Al respecto de las pilas se escuchó el comentario de que “iban a estar como los otros aparatos que luego se acababan las pilas” y como hacen varios aforos al día ese aspecto les parece complicado porque los perfiladores no presentan una opción adecuada para el trabajo que desarrollan normalmente.

El segundo equipo empezó a las 12:00 hr aproximadamente. Este segundo equipo colocó los estabilizadores al hydroboard, pero no se notó mucho cambio respecto al otro flotador que no tenía los estabilizadores. Otro cambio respecto al primer equipo fue que el perfilador se colocó cerca de la orilla para empezar, aproximadamente a 40 cm de la orilla; pero lo irregular de la orilla genera zonas de estancamiento e incluso de regreso del agua, por lo que el segundo equipo comenzó a medir a unos 4 m de la orilla donde se notaba una velocidad perceptible en la dirección principal de la corriente y se terminaban a unos 6 m antes de llegar al otro extremo. Los gastos registrados por el primer equipo fueron los siguientes:

Q1=35.05 m<sup>3</sup>/s

Q2=39.41 m<sup>3</sup>/s

Q3=38.24 m<sup>3</sup>/s

Q4=38.44 m<sup>3</sup>/s

Para finalizar, se realizó otra serie de aforos usando la computadora como receptor; tampoco se reportó mayor problema usando la computadora. En este caso se registraron los gastos siguientes:

Q1=38.73 m<sup>3</sup>/s

Q2=37.93 m<sup>3</sup>/s

El gasto reportado por el personal de aforo fue de 36.28 m<sup>3</sup>/s, para una escala de 1.95 m; este aforo no fue realmente medido sino que es el estimado de acuerdo a la escala. Otra observación es que al final la escala estaba en 1.99 m, lo cual es lógico porque los aforos realizados con el perfilador doppler reflejaron un ligero aumento del gasto.

Una actividad final fue la discusión originada por la pregunta de los encargados de aforar y del jefe de operación, sobre la magnitud de las diferencias de que se esperan encontrar con la técnica del molinete tradicional y el perfilador doppler. Se les explicó que se espera un diferencia de 3 al 5% entre ambas técnicas; pero se hizo gran hincapié en que es muy peligroso comparar mediciones puntuales, es mejor comparar promedios de series largas de mediciones.

## Recomendaciones

Que la presentación de diapositivas también esté en español.

En los Términos de Referencia no se indica que la guía rápida debe estar en español y queda confuso el requisito de incluir un “Manual de Procedimientos”. Tampoco queda definido el tamaño. La empresa entregó una guía rápida plastificada en idioma inglés de tamaño carta. Queda muy suelto el objetivo de la guía rápida, ya que la entregada tiene información que no es muy útil para realizar la medición.

Es limitativo poner el número de personas que asistirán a la capacitación porque asistieron 8 personas y nada más se tenían tres manuales, porque se indicó en los Términos de Referencia que era para un máximo de dos personas.

Para capacitaciones de futuras licitaciones, se debe poner que las pilas deben estar cargadas e incluir una sesión de capacitación en la instalación de los controladores tanto en las computadoras como en los móviles.

### *Curso de capacitación del 12 y 13 de Noviembre del 2009*

El curso de capacitación se llevó a cabo los días 12 y 13 de Noviembre del año 2009

El curso constó de dos partes, una teórica y otra práctica.

La parte teórica se impartió dentro de las instalaciones del IMTA con una duración de 3 hrs, la parte practica se realizó también en dos partes, la primera dentro del laboratorio del IMTA y la segunda en el canal las estacas, en total estas practicas abarcaron una duración de 10 hrs.

Se tuvo la partición de 29 personas:

ABEL VAL NORIS	HECTOR JAVIER CERVANTES MOJARRA
ADOLFO ISAAC PAREDES VALENZUELA	ISAAC VILLASEÑOR CABRERA
ALDO NUÑEZ OLIVAS	JAIME LOPEZ CRUZ
ALEJANDRO BAUTIZTA RESENDIZ	JESUS DANIEL URBINA LLAMAS
ALEJANDRO GARCÍA CORREA	JOSE ANTONIO VILLEGAS ESCOBEDO
ALFREDO LOPEZ MOTA	JOSÉ CASTELLANO ARIAS
ÁLVARO CHÁVEZ HERNANDEZ	JOSE DE JESUS ISABEL GALAVIZ MACIAS
ANDRES FLORES ANGUIANO	JOSÉ LUIS ARELLANO MACIEL
ARTEMIO ARCOS	JOSÉ RAMON MARTINEZ HERNANDEZ
ARTURO SÁNCHEZ SANDOVAL	MIGUEL ALFONSO HERNÁNDEZ PÉREZ
DEREK ALGANDAR PEÑUELAS	MIGUEL CORTES MORALES
EDGAR TREJO ALONSO	ORLANDO LÓPEZ PULIDO
EMIGDIO NEGRETE CASTAÑEDA	PEDRO PÉREZ PÉREZ
GUSTAVO ADOLFO HINOJOSA CUELLAR	VALENTIN BERNABE NEGRETE
GUSTAVO MERAZ CENICEROS	

Los temas que se trataron de manera teórica fueron los siguientes:

- Introducción al uso de equipos acústicos basados en el efecto doppler para aforar en canales
- Introducción al uso del equipo FlowTracker
- Introducción al uso del equipo OTT

Las presentaciones con las que se dio la capacitación se incluyen en los **Anexos de la Actividad B.12**

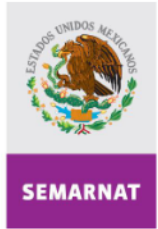
En las prácticas se mostró el funcionamiento de los equipos para medir arroyos y canales OTT, Flowtracker y el modelo de “barquito”.

- Ensamble del equipo.
- Configuración.
- Recopilación de la información.
- Descarga de la información.
- Desensamble del equipo.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



***Curso de capacitación llevado a cabo en las instalaciones del IMTA***



***Prácticas en el laboratorio***



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



### ***Imágenes de la capacitación práctica en campo***





**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



### ***B.13 Instrumentación del canal "Durazno" y del canal de interconexión entre el río "Tuxpan" y la presa "El Bosque"(Edomex)***

Instrumentación del canal "Durazno" (Edo. de México)

#### *Agradecimiento*

Se agradece al Ing. Jorge Quiroga Velásquez y a la Srta. Mariana Cruz Olivo, de la Delegación Municipal de Villa de Colorines (Edo. de México), por su gran apoyo en cuestiones de logística durante la instrumentación del canal "Durazno".

#### *Introducción*

El sistema de abastecimiento de agua potable conocido como "Cutzamala" depende en gran medida de la interconexión, capacidad de almacenamiento y operación de varios embalses de Michoacán y del estado de México (Ilustración 1.1). <sup>(1)</sup> Uno de estos embalses es la pequeña presa "Villa de Colorines", que recibe agua por medio de dos canales: canal que proviene de la presa "El Bosque" y canal "Durazno" (Ilustración 1.2).

Por condiciones estratégicas y con el fin de mejorar su operación, resulta necesario modernizar y en la medida de lo posible automatizar los sistema de aforo instalados a lo largo del sistema Cutzamala. En particular, se propone realizar una instrumentación de dos puntos para monitorear los gastos y volúmenes de trasvase que llegan a la presa "Villa de Colorines":

*Canal que proviene de la presa "El Bosque"*: aforador totalizador volumétrico, cuya instalación es a cargo de CFE.

*Canal "Durazno"*: aforador totalizador volumétrico, cuya instalación es a cargo del IMTA.

En este documento, se presentan los trabajos realizados durante el verano de 2009 para instrumentar el canal "Durazno", que llega a la presa "Villa de Colorines" (Edo. de México)

---

<sup>(1)</sup> Un año después de su creación -en 1937- el primer gran proyecto de la CFE ha sido la construcción de la Central Hidroeléctrica de "Iztapantongo", cerca de "Villa de Colorines". Originalmente, el propósito de esta planta -y de las otras del sistema "Cutzamala"- era suministrar electricidad a la Cd. de México. Pero en los años 1980, se decidió utilizar el agua encauzada para la generación de energía eléctrica como agua potable para la Cd. de México y sus alrededores (Ing. Jorge Quiroga Velásquez, 2009, comunicación personal).



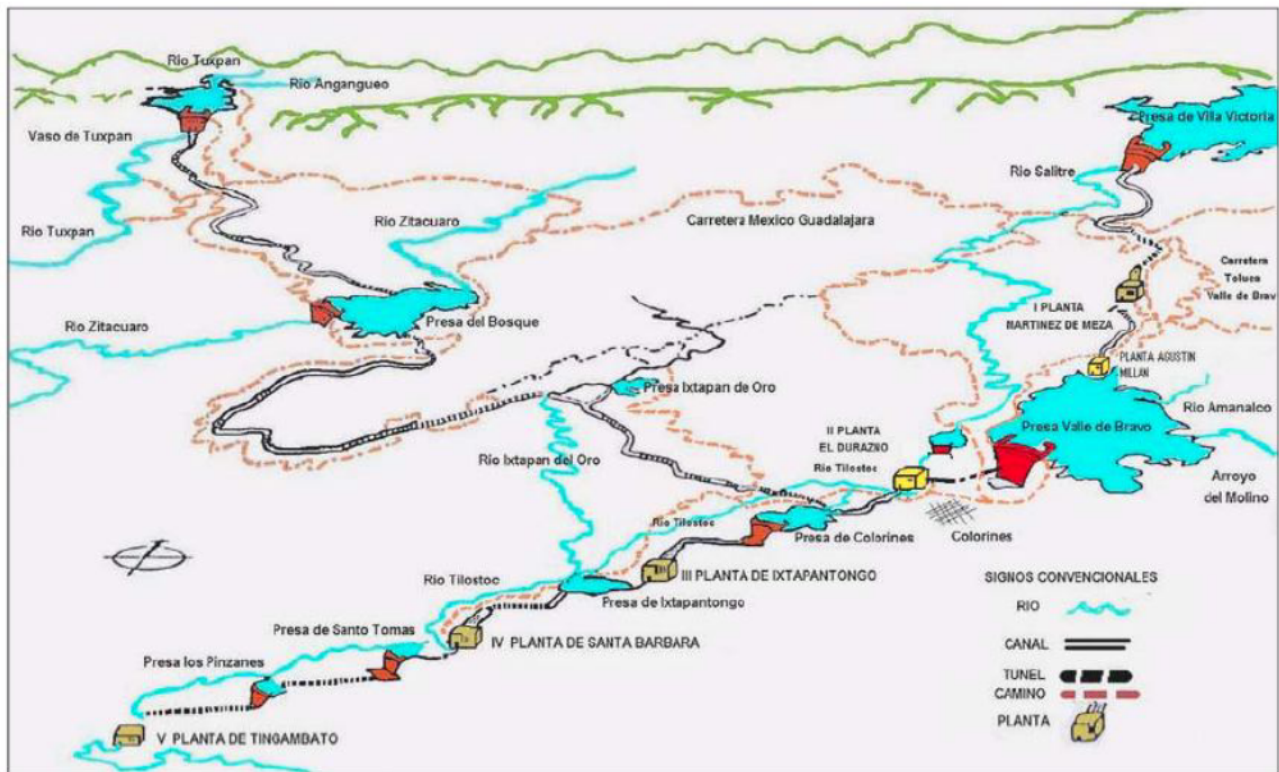
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



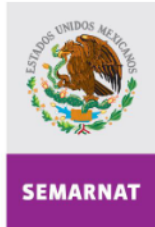
**Ilustración 1.1. Sistema "Cutzamala"**  
(fuente: sitio Internet de la CONAGUA, 2009)

El agua llega a la pequeña presa "Villa de Colorines" (capacidad total de almacenamiento =  $1.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) desde un canal que proviene de la presa "El Bosque" (capacidad total de almacenamiento =  $202.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) y desde el canal "Durazno".



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



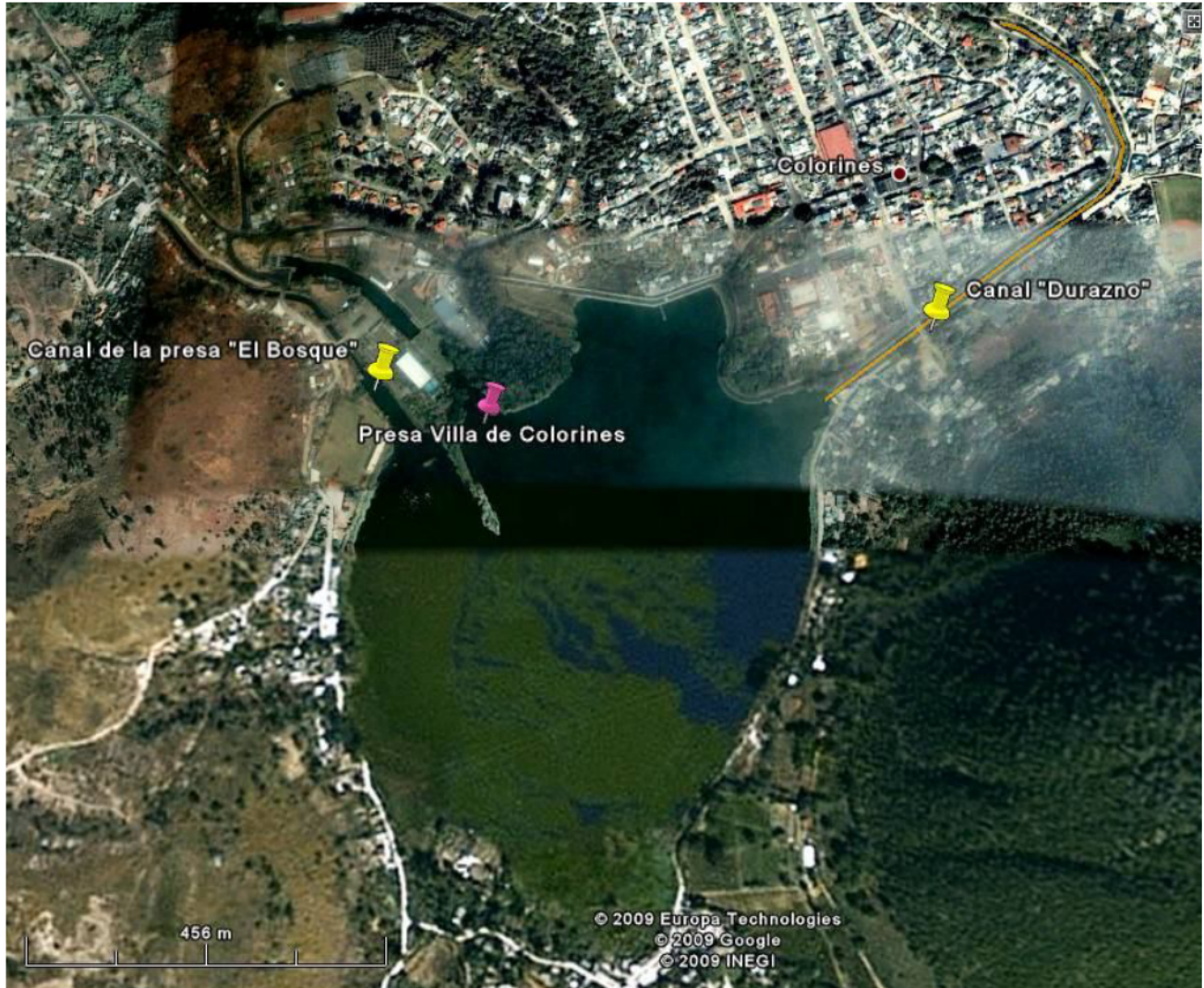
**Ilustración 1.2. Plan de ubicación de la presa "Villa de Colorines" (Edo. de México)  
También se muestran algunas de las presas del sistema "Cutzamala".**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



***Ilustración 1.3. Presa "Villa de Colorines", con sus dos canales de llegada.  
(fuente: Google Earth)***

### Selección del sistema de medición

El 4 de septiembre de 2009, se hizo un recorrido a lo largo del canal "Durazno", para elegir y ubicar el sistema de aforo más adecuado. Por un lado, resulta que el canal tiene pocos tramos suficientemente rectos y sin malezas acuáticas (Ilustración 2.2a); en este caso, difícilmente se podría implementar un sistema tipo ATT (es decir un Aforador de Tiempo de Travesía). Sin embargo, a altura de la conexión entre el canal "Durazno" y la presa "Colorines", se tiene una sección de control, que corresponde a un cambio fuerte en la pendiente del canal (Ilustración 2.2d); en este caso, conviene elegir un sistema tipo AGL (es decir, un Aforador de Garganta Larga).

El aforo por medio de un sistema AGL consiste en medir el tirante aguas arriba de la sección de control, y estimar el gasto por medio de una relación "tirante - gasto" experimental.<sup>(2)</sup> Al respecto, resulta que la CFE había instalado una caseta en el "km 0+149" del canal "Durazno", donde se estimaba el gasto a partir de los datos de tirante proporcionados por un limnógrafo (Ilustración 2.2c). Dicha caseta se encuentra cerca de un puente vehicular, en el margen izquierda del canal, y frente a la "Casa de la cultura" de Villa de Colorines.<sup>(3)</sup> Por lo anterior, las características generales del sistema de monitoreo propuesto son las siguientes (Ilustración 2.1):

• Ubicación:	19° 10' 30.83" N 100° 12' 59.66" W
• Tipo de medidor:	AGL (Aforador de Garganta Larga)
• Sensor de nivel:	ultrasónico (es decir, sin contacto con el agua)
• Rango de medición:	0 a 4 m
• Precisión extendida:	± 0.1 %
• Forma de estimar el gasto:	por medio de una relación "tirante - gasto"

<sup>(2)</sup> El sistema propuesto esta descrito en la norma ISO-9123:2001 ("*Measurement of liquid flow in open channels – Stage fall discharge relationships*"); en este trabajo, la verificación de la relación "tirante - gasto" se hace de conformidad con lo establecido en la norma ISO-748:1997 ("*Measurement of liquid flow in open channel – Velocity area Method*").

<sup>(3)</sup> Dicha caseta también se encuentra cerca de un monumento (Ilustración 2.2b) que indica el lugar donde se tenía el campamento de los ingenieros de CFE que vinieron para construir las primeras Centrales Hidroeléctricas del sistema "Cutzamala" (Ing. Jorge Quiroga Velázquez, 2009, comunicación personal).



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

Asimismo, el sistema de medición propuesto tiene las siguientes características adicionales:

- pantalla de cristal indicando nivel, gasto, volumen acumulado, fecha y hora
- puede almacenar datos durante al menos dos años
- envía datos a Internet
- alimentación eléctrica de 110 Vca (debido a que se encuentra en una zona urbana)

A continuación, se presenta la instalación del sistema de aforo propuesto, la cual se hizo durante la primera semana de noviembre del 2009.



**Ilustración 2.1. Ubicación del sistema tipo "Aforador de Garganta Larga" (AGL) en el "km 0+149" del canal "Durazno" (fuente: Google Earth)**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**(a) Tramo de canal más o menos recto, y con pocas malezas acuáticas**



**(b) Monumento de CFE, que se encuentra cerca del sitio de aforo propuesto**



**(c) Sitio de aforo propuesto, con una vieja caseta de CFE**



**(d) Sección de control, cuando el canal llega a la presa "Villa de Colorines"**

**Ilustración 2.2. Recorrido a lo largo del canal "Durazno" (04/09/2009)**

### *Instalación del sistema de medición*

#### Limpieza preliminar de la caseta y del canal

A finales de octubre y principios de noviembre, se tuvo el permiso de la CFE por utilizar la vieja caseta de aforo que se encuentra sobre el canal "Durazno". Dicha caseta se arreglo de tal forma que se podía alojar un sistema de aforo automático (Ilustración 2.3); estos trabajos se hicieron con el apoyo de la Delegación Municipal de Villa de Colorines: <sup>(4)</sup>

- Limpiar y pintar la caseta
- Colocar puertas nuevas con candado en la caseta
- Instalar un suministro de luz 110 Vca <sup>(5)</sup>
- Quitar la basura y el azolve que se encontraba en el pozo de observación
- Dejar una reja para evitar que la basura vuelva a entrar en el pozo de observación
- Limpiar y pintar la antigua escala para leer el tirante

Asimismo, se limpio hasta donde sea posible el tramo de canal a altura del sitio de aforo; esto no es tan importante para asegurar el buen funcionamiento del sistema automático tipo AGL, <sup>(6)</sup> sino para poder realizar aforos de verificación más confiables cuando el tirante es pequeño (utilizando equipos portátiles tipo "Velocímetro Doppler" o "Perfilador Doppler"):

- Quitar los azolves que se encontraban en el fondo del canal
- Quitar las malezas acuáticas que se encontraban en el fondo y en la orilla del canal

---

<sup>(4)</sup> Villa de Colorines forma parte del municipio de Valle de Bravo (Edo. México). Para comunicarse con la Delegación Municipal de Villa de Colorines, llamar a los siguientes números: +(726) 268.56.07 y +(726) 268.56.46.

<sup>(5)</sup> El número del medidor es el siguiente: CFE-OP-79R4. El contrato de luz (número "316091101006") se hizo el 5 de noviembre de 2009 a nombre de "Tamari Wagner Serge", en las oficinas de CFE en Valle de Bravo (Edo. México).

<sup>(6)</sup> Esto es válido, siempre y cuando la sección de control permanece limpia. Al respecto, es poco probable que se acumulen sedimentos o que crezcan malezas acuáticas a altura de la sección de control del canal "Durazno", debido a la fuerte pendiente del canal en este lugar.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



**(a) Caseta limpia y pintada**



**(b) Limpieza del canal y del pozo de observación**



**(c) Limpieza de la antigua escala para leer el tirante**



**(d) Conexión a la luz de 110 Vca (número del medidor: CFE-OP-79R4)**

**Ilustración 2.3. Arreglos preliminares a altura del sitio de medición (oct. - nov. 2009)**

## Instalación del sistema de medición

En el canal "Durazno" (Ilustración 2.4), se instaló un medidor tipo AGL (Aforador de Garganta Larga), cuyas características son las siguientes:

• Modelo:	"Vantage" (FB5)
• Marca:	"Eastech Badger "

Además del medidor, el sistema de medición cuenta con los siguientes componentes:

• Adquisición de datos:	datalogger de la marca "ScadaPack"
• Telemetría:	modem satelital de la marca "HighTide"

El 8 de noviembre de 2009, se dejó el sistema operando normalmente y transmitiendo datos cada 15 min. a Internet.



**(a) Instalación del medidor**



**(b) Instalación de la antena para la telemetría**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**(c) Gabinete para alojar el sistema de medición**



**(d) Orificio dentro de la caseta, para colocar el sensor de nivel**

**Ilustración 2.4. Instalación del sistema de medición (noviembre 2009)**

Relación "tirante - gasto"

Con un sistema tipo AGL, se necesita conocer la relación "tirante - gasto" para poder estimar el gasto a partir de las lecturas de tirante. Por este motivo, se hizo lo siguiente:

- Por un lado, se buscaron datos de aforo realizados en el pasado para distintos valores del gasto: al respecto, se consiguieron una decena de valores, obtenidos en los años 1970 por un aforador de la CONAGUA. <sup>(7)</sup>
- Por otro lado, se hicieron unos aforos en el canal, mientras se estaba instalando el sistema de medición; como el tirante era pequeño ( $< 0.4$  m), se decidió vadear con un Velocímetro Doppler (Ilustración 2.5). <sup>(8)</sup>

<sup>(7)</sup> Dicho aforador (Sr. Cupertino Hernández Olivares) usaba un procedimiento estándar para aforar: molinete tipo "Price" sujeto a una varilla o a un cable con escandallo; con este instrumento, se medía la velocidad del agua a una sola profundidad por dovela ("0.6 veces el tirante") y el ancho de las dovelas era de  $\approx 0.33$  m.

<sup>(8)</sup> Los aforos se hicieron a una sola profundidad por dovela ("0.6 veces el tirante") y el ancho de las dovelas fue de  $\approx 0.5$  m.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



El análisis de los datos experimentales (Ilustración 2.6) permitió proponer la siguiente relación "tirante - gasto" para el sitio de medición instalado en el canal "Durazno": <sup>(9)</sup>

$$Q = 10.31 y^{1.8351}$$

donde: **Q** es el gasto (m<sup>3</sup>/s) e **y** es el tirante (m) <sup>(10)</sup>



**(a) Malezas acuáticas en el fondo del canal, que se quitaron antes de vadear**



**(b) Cinta métrica tendida en el canal para marcar las dovelas**

<sup>(9)</sup> Dicha relación, propuesta el 6 de noviembre de 2009, es válida para el siguiente rango de valores:  $0.10 \leq y \leq 1.6$  (m),  $0.2 \leq Q \leq 22$  (m<sup>3</sup>/s).

<sup>(10)</sup> En este caso, el "tirante" es el tirante leído desde la escala que se encuentra en la caseta. Al respecto, debe mencionarse que el "cero" de dicha escala es aproximadamente a  $\approx 0.1$  m por encima del nivel de la plantilla del canal en frente de la caseta.



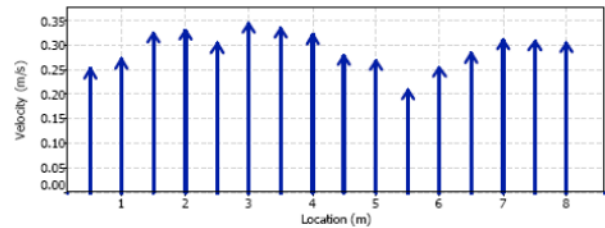
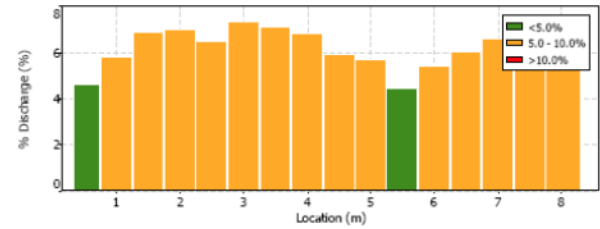
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

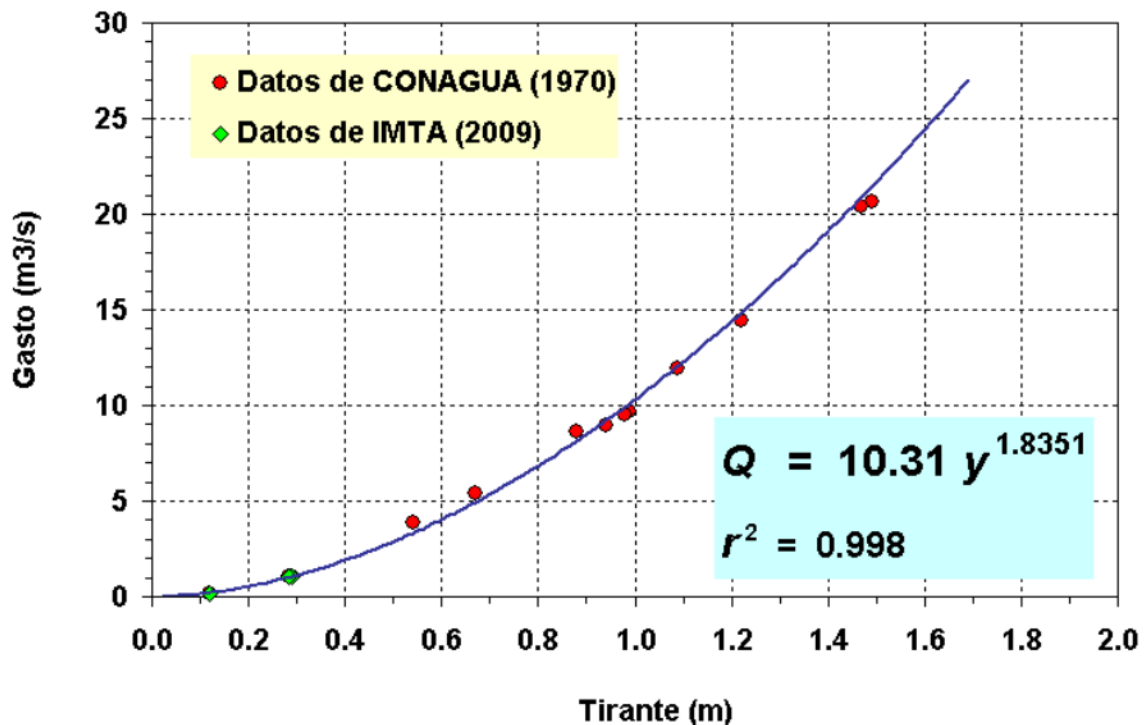
**SEMARNAT**



(c) Velocímetro Doppler usado (modelo "FlowTracker", marca "Sontek / Ysi")

(d) Resultado de un vadeo (ejemplo)

**Ilustración 2.5. Vadeo en el canal "Durazno" (noviembre 2009)**



**Ilustración 2.6. Relación "tirante - gasto" experimental para el sistema de medición instalado en el canal "Durazno" (noviembre 2009)**

## *Resultados y conclusión*

### **Datos adquiridos**

Los datos enviados a Internet por el sistema de medición instalado en el canal "Durazno" llegan al sitio denominado "Sistema de Monitoreo de Presas" (<http://conagua.imta.mx>).

- En la Ilustración 3.1, se presentan los tirantes medidos desde el 8 de noviembre de 2009. Hasta la fecha, siempre fueron pequeños (es decir, menor a 0.4 m).
- En la Ilustración 3.2, se presentan los gastos estimados por el sistema de medición. Hasta la fecha, siempre fueron pequeños (es decir, menor a 1.2 m<sup>3</sup>/s).
- En la Ilustración 3.3, se presentan los cambios en el volumen de agua acumulado que ha transitado por el canal desde el 8 de noviembre de 2009. En 10 días, ha transitado un volumen de  $\approx 600,000 \text{ m}^3$ , lo que corresponde a un 40 % de la capacidad de almacenamiento de la presa "Villa de Colorines".

### *Conclusión*

En este documento, se presentan los trabajos realizados a finales de 2009 para instrumentar el canal "Durazno" que llega a la presa "Villa de Colorines" (Edo. de México). Estos trabajos consistieron en lo siguiente:

- Medidor instalado aforador totalizador volumétrico, para monitorear el gasto. El sistema es un AGL (Aforador de Garganta Larga).
- Telemetría: Los datos del sistema de medición son enviados por telemetría a Internet (al sitio: <http://conagua.imta.mx>).

Desde el 7 de noviembre de 2009, el sistema esta operando adecuadamente. Hasta la fecha, el gasto que pasa por el canal "Durazno" es pequeño (menor a 1.2 m<sup>3</sup>/s).

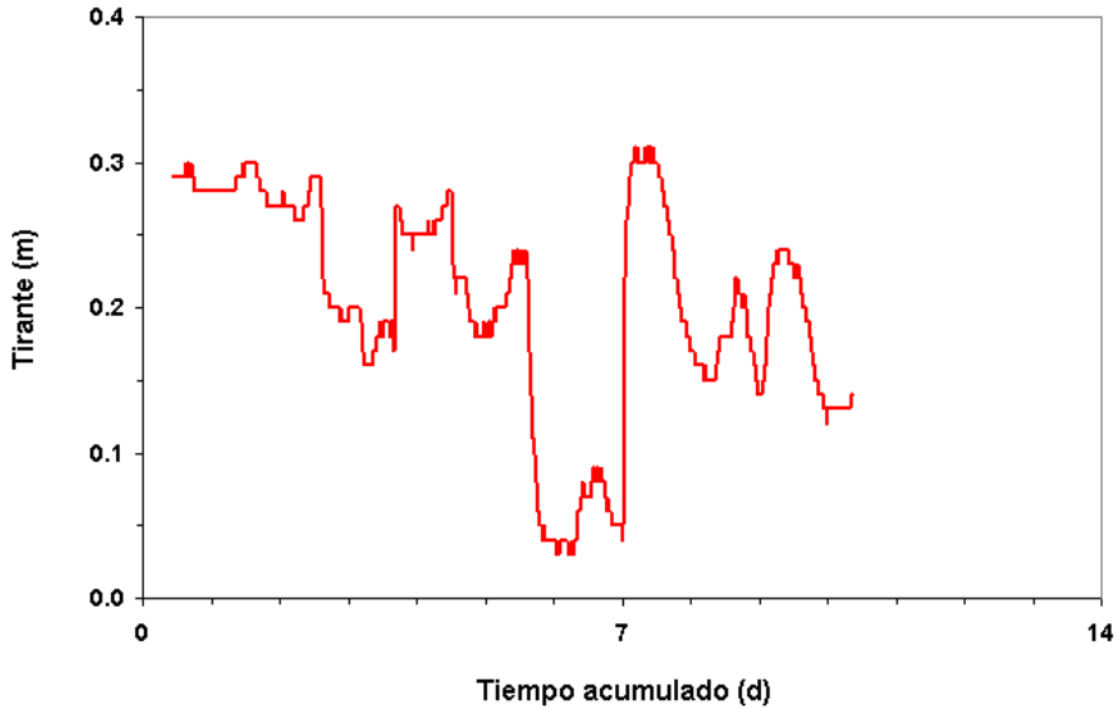


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

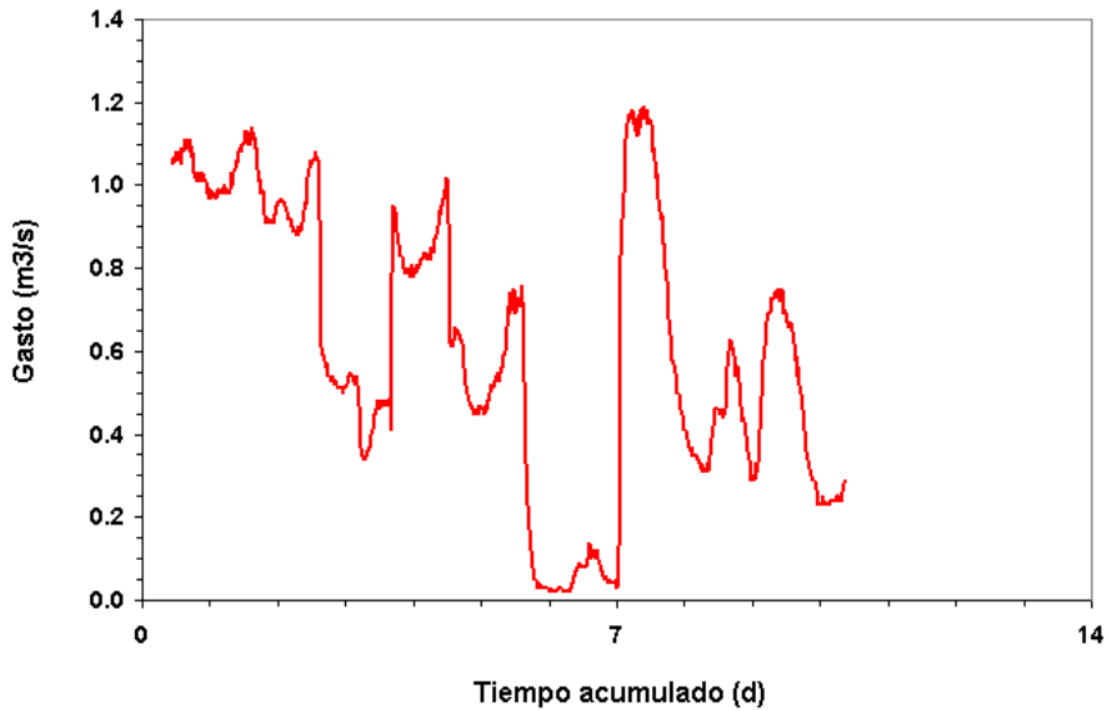
DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Ilustración 3.1. Tirantes medidos en el canal "Durazno"**



**Ilustración 3.2. Gastos estimados en el canal "Durazno"**

**La fecha de inicio es el 08/11/2009 [0:00] Hora Local**

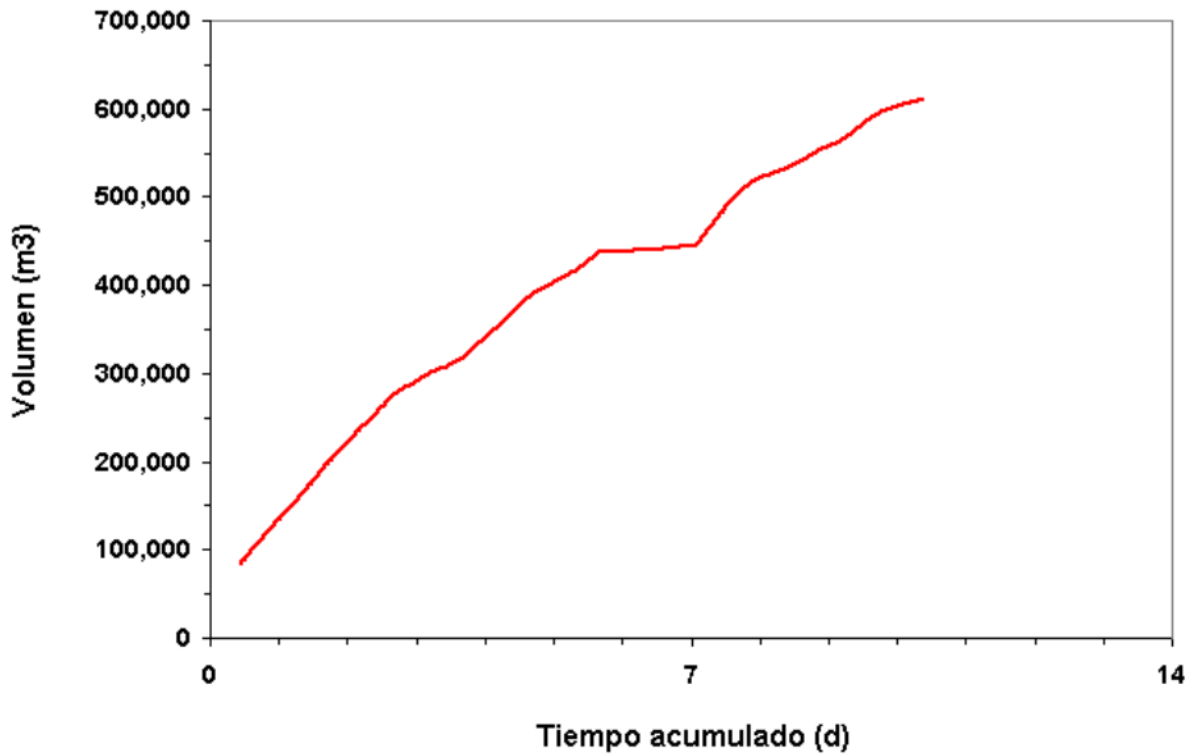


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



***Ilustración 3.3. Volumen de agua acumulado que ha transitado por el canal "Durazno"***

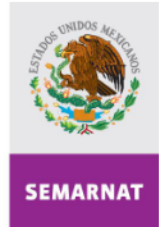
***La fecha de inicio es el 08/11/2009 [0:00] Hora Local***



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



### *Referencias bibliográficas*

ISO 748: 1997 (E). Measurement of liquid flow in open channels - Velocity-area methods. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.

ISO 4373: 1995(E). Measurement of liquid flow in open channels - Water-level measuring devices. International Organization for Standardization (ISO), Genève.

ISO 9123:2001(E). Measurement of liquid flow in open channels – Stage fall discharge relationships. International Organization for Standardization (ISO), Genève.

ISO 1100-1: 1996(E). Measurement of liquid flow in open channels, Part 1: Establishment and operation of a gauging station. International Organization for Standardization (ISO), Genève.

ISO 1100-2: 1998(E). Measurement of liquid flow in open channels, Part 2: Determination of the stage-discharge relation. International Organization for Standardization (ISO), Genève.

ISO/TS 24154: 2005(E): Hydrometry - Measuring river velocity and discharge with acoustic Doppler profilers. International Standards Organization (ISO), Genève.

Mueller D.S., Wagner C.R. 2009. Measuring Discharge with Acoustic Doppler Current Profilers from a Moving Boat. In: "U.S. Geological Survey Techniques and Methods" (Book 3, Chapter 22, Section A). USGS (ed.)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

### Anexo - Calendario de actividades

Fecha	Actividad	Participantes
04/09/2009	- Primera visita de campo - Selección del sitio y del sistema de medición	A. Aguilar
19/10/2009	- Contacto con la Delegación Municipal de Villa de Colorines - Se solicita el permiso de usar la antigua caseta de CFE	V. Ruiz S. Tamari
30/10/2009	- Visita de campo - Se está limpiando la caseta y el canal	S. Tamari
05/11/2009	- Se consigue la relación "tirante - gasto" de CONAGUA - Se hacen aforos de verificación	S. Tamari
05/11/2009	- Inicio de la instrumentación del canal "Durazno" - Se conecta el sistema de medición a la luz 110 Vca	V. Ruiz Ing. Lorenzo
08/11/2009	- Puesta en operación del sistema de medición - Se envían datos a Internet	V. Ruiz Ing. Lorenzo

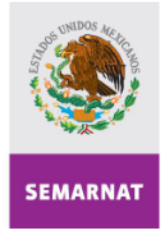
**Azul** = propuesta; **Verde** = instalaciones y mantenimiento; **Amarillo** = calibraciones y verificaciones



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



*Instrumentación del canal de interconexión entre el río "Tuxpan" y la presa "El Bosque"  
(Edo. de México)*

**Consulte también los Anexos de la Actividad**

18 de noviembre, 2009

Supervisor del proyecto:

- Ariosto Aguilar Chávez

Autores del informe:

- Serge Tamari

- Ariosto Aguilar Chávez

Participantes en los trabajos de campo:

- Ariosto Aguilar Chávez

- Víctor Mejía Astudillo

- Guillermo Reza

- Víctor Ruiz Carmona

- Serge Tamari

Apoyo técnico:

- Adrien Marchi (Polytech'Montpellier, Francia)

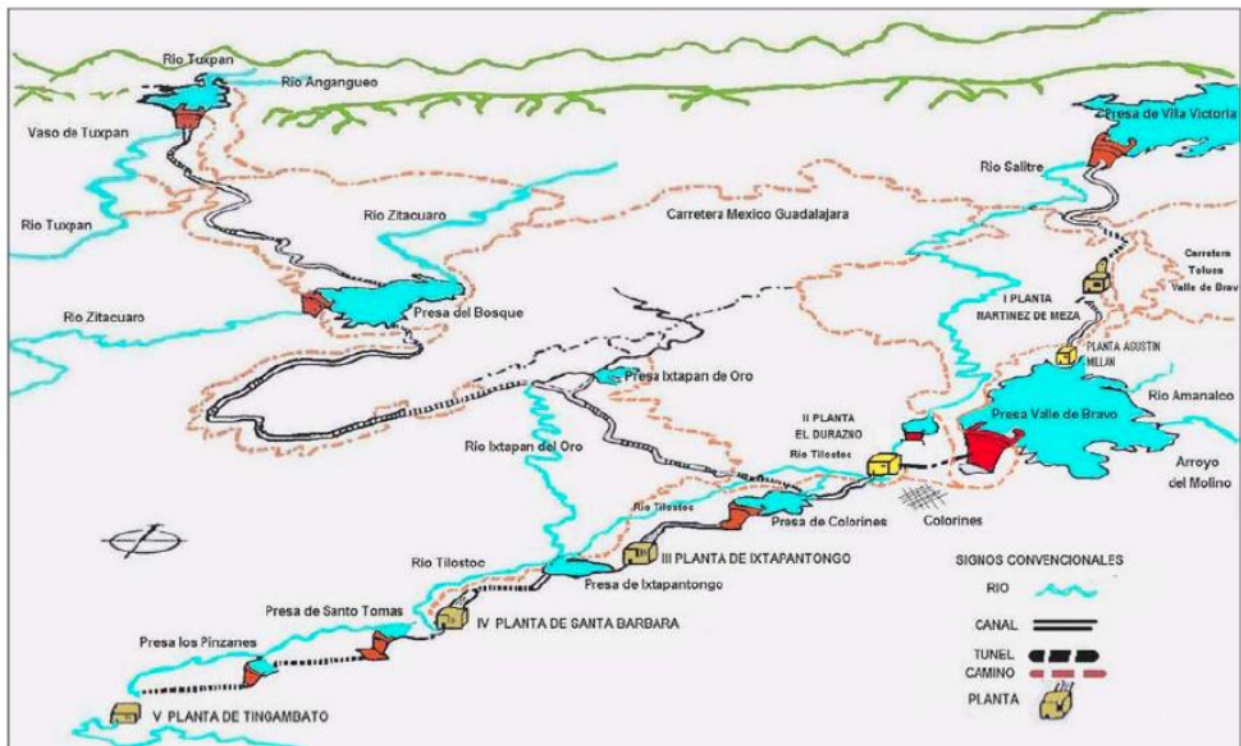
- Siham Semlali (Polytech'Montpellier, Francia)

## INTRODUCCIÓN

### Problemática

El sistema de abastecimiento de agua potable conocido como "Cutzamala" depende en gran medida de la interconexión, capacidad de almacenamiento y operación de varios embalses del estado de México y de Michoacán (ilustración 1.1.1). Sobre el río Tuxpán, en Michoacán se ubica uno de los puntos que da origen a esta gran red, el cual está constituido por una represa derivadora desde la cual se trasvasa y conduce un importante gasto hacia la presa "El Bosque". A partir de la margen izquierda de esta estructura se desarrolla un canal de conducción e interconexión entre el río Tuxpán y la presa "El Bosque". Dicho canal es casi siempre de sección rectangular (o, a veces, trapezoidal), se encuentra revestido de concreto e incluye varios túneles. En las ilustraciones 1.1.2 – 1.1.4 se muestra el trazo y la configuración de este canal.

Por condiciones estratégicas y con el fin de mejorar su operación, resulta necesario modernizar y en la medida de lo posible automatizar el sistema de medición de los gastos que se derivan y se conducen desde el río "Tuxpan" hasta la presa "El Bosque".

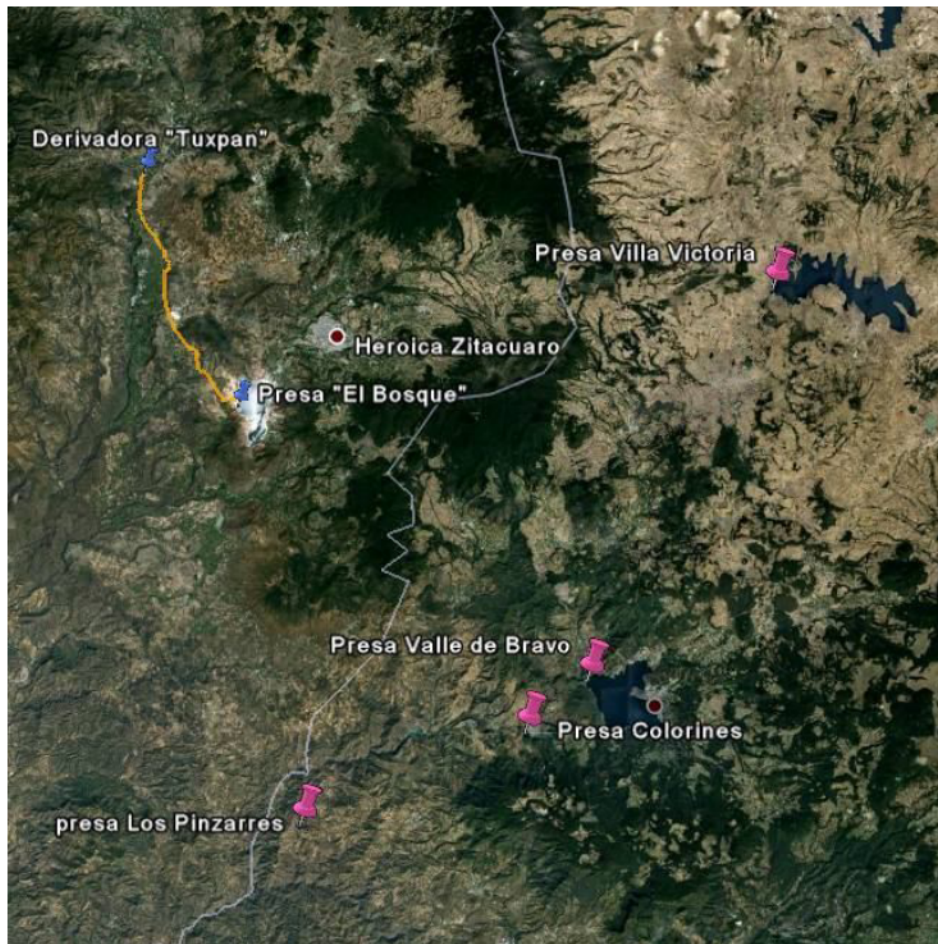


**Ilustración .1.1.1. Sistema "Cutzamala"**  
(fuente: sitio Internet de la CONAGUA, 2009)



El agua fluye por gravedad desde la derivadora "Tuxpan" hacia la presa "El Bosque", y después, fluye hacia la pequeña presa "Villa de Colorines". A altura de esta presa, las aguas provenientes de las presas "El Bosque", "Villa de Colorines" y "Valle de Bravo" son bombeadas hacia la presa "Villa Victoria".

Embalse	Capacidad total de almacenamiento ( $10^6 \text{ m}^3$ )
Derivadora "Tuxpan"	5.0
Presa "El Bosque"	202.4
Presa "Villa de Colorines"	1.5
Presa "valle de Bravo"	394.4
Presa "Villa Victoria"	186.3



**Ilustración 1.1.2. Plan de ubicación del canal de interconexión entre la derivadora**



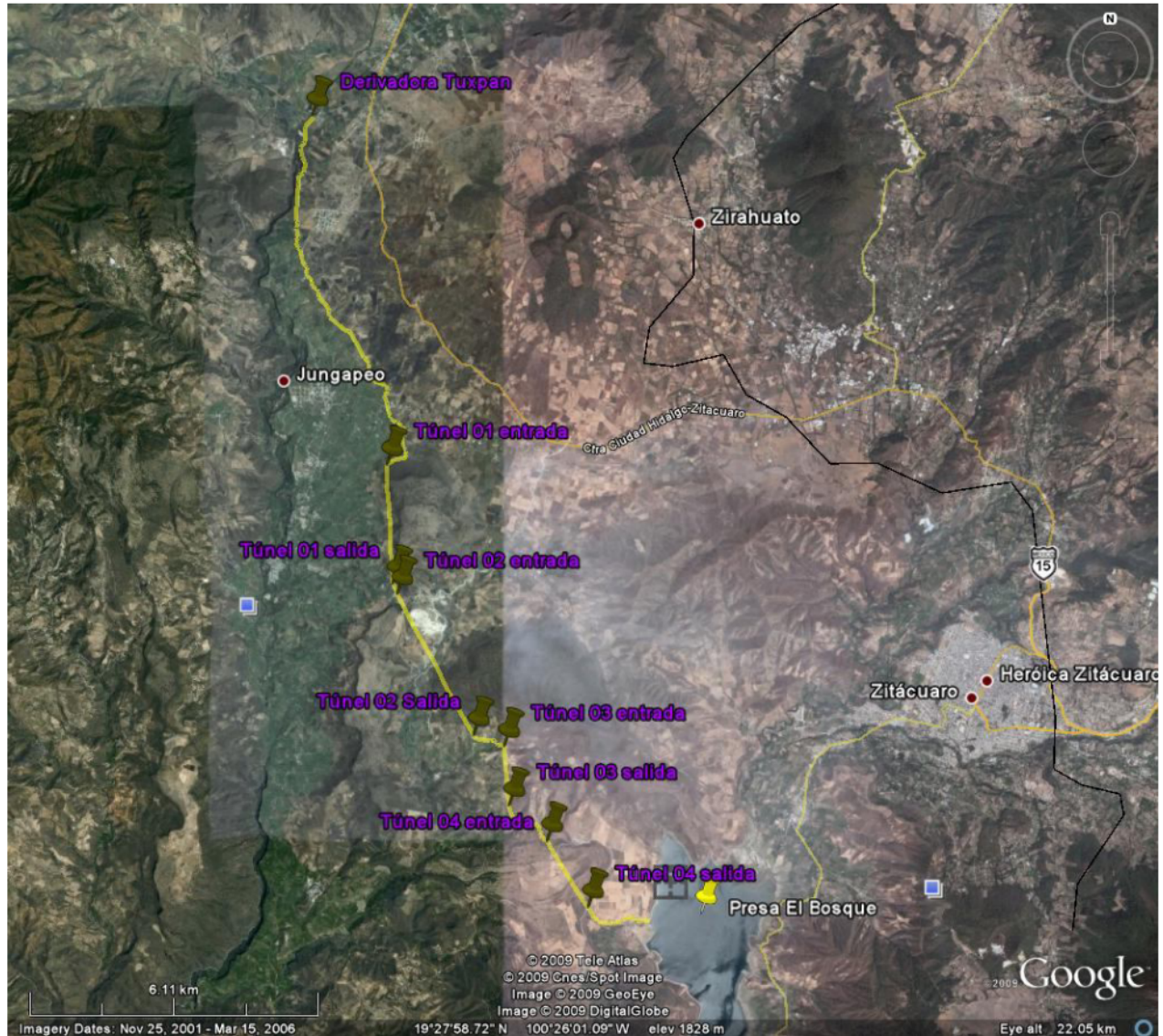
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS DE  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



### "Tuxpan" y la presa "El Bosque" (Edo. de México)



**Ilustración 1.1.3. Trazo del canal de conexión entre la derivadora "Tuxpan" y la presa "El Bosque"**



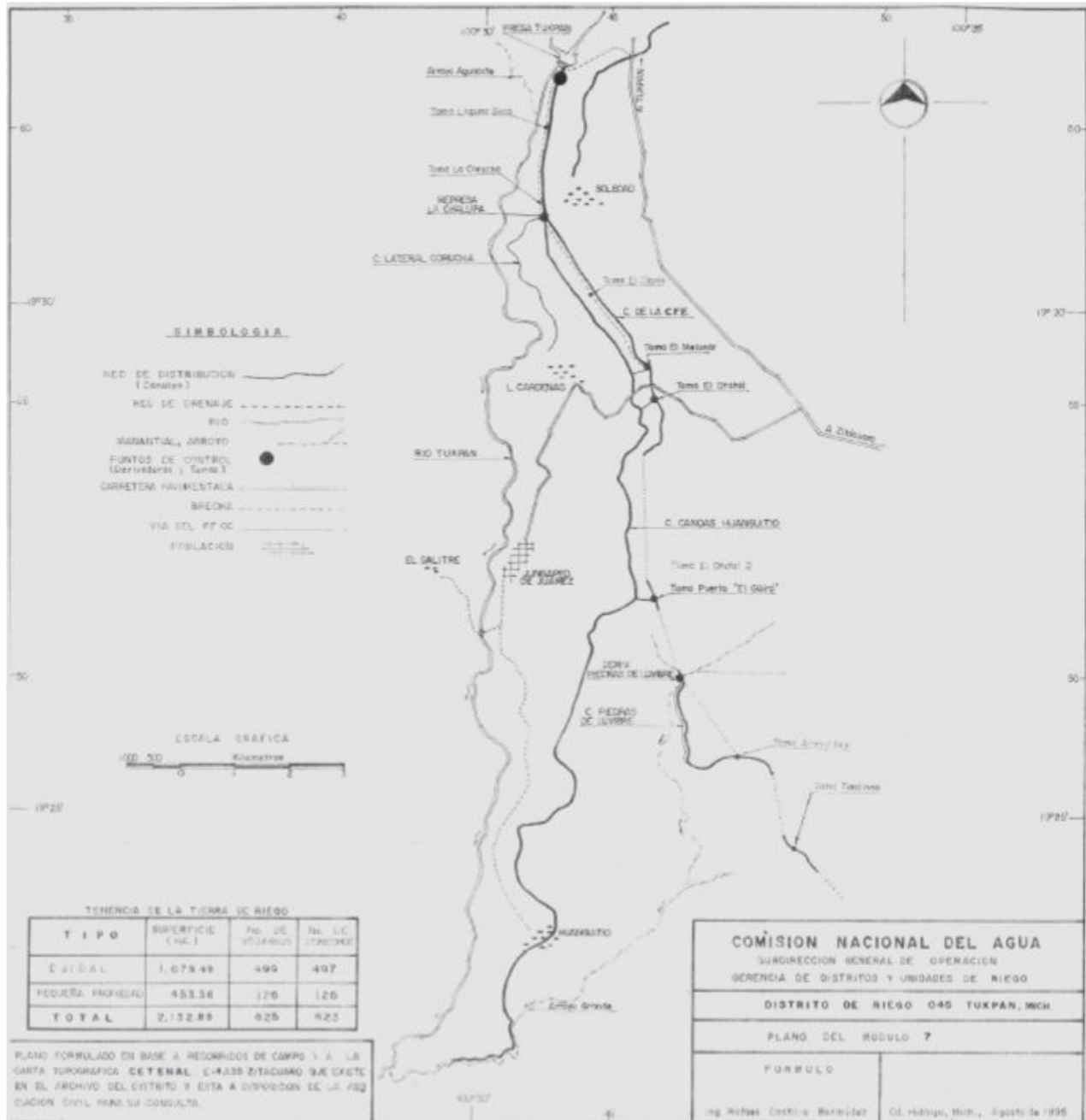
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



**Ilustración 1.1.4. Plan del trazo de la red de canales del Módulo 7 del Distrito de Riego 045 "Tuxpán" (Edo. de México)**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## PROPUESTA DE LOS SITIOS POR INSTRUMENTAR

Para monitorear los gastos y los volúmenes de trasvase se propone realizar una instrumentación de tres puntos (véase ilustraciones 1.2.1 y 1.2.2):

- *Embalse de la derivadora "Tuxpan"*: sistema de medición de nivel, para poder estimar el volumen de agua en el embalse y saber cuando el tirante en el embalse alcanza una cuota de alarma.
- *A la salida de la derivadora "Tuxpan" (km 0+130)*: aforador totalizador volumétrico, para monitorear el gasto que ingresa al canal
- *Antes de la presa "El Bosque" (km 21+740)*: aforador totalizador volumétrico, para monitorear el gasto que sale del canal

A continuación se hace una descripción de los sistemas de medición propuestos. Estos sistemas se instalaron a partir del 27 de julio de 2009; empezaron a adquirir y transmitir datos el 1º de agosto de 2009.

En este documento, se presentan los trabajos realizados durante el verano de 2009 para instrumentar el canal que sale de la derivadora "Tuxpán" (Edo. de México). También se presentan y se analizan los resultados obtenidos hasta la fecha.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



**Ilustración 1.2.1. Ubicación del medidor de nivel en el embalse, y del aforador (tipo ADL) en el km 0+130 del canal "Tuxpan".**

**(fuente: Google Earth)**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



**Ilustración 1.2.2. Ubicación del aforador (tipo AGL)  
en el km 21+740 del canal "Tuxpan".**

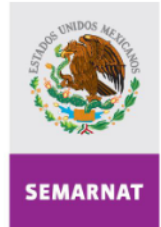
**(fuente: Google Earth)**

Nota: la sección de control corresponde a un cambio de pendiente, que se encuentra justo cuando el canal se conecta a la presa "El Bosque"



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

## PUESTA EN OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN

Sensor de nivel en el embalse de la derivadora "Tuxpan"

### *Características del sistema propuesto*

Las características generales del sistema de monitoreo originalmente propuesto son las siguientes:

<i>Ubicación:</i>	19°32'26.10"N 100°29'9.30"W
<i>Tipo de medidor:</i>	Sensor de nivel ultrasónico
<i>Rango de medición:</i>	10 m
<i>Precisión extendida:</i>	± 0.1 % (de la Escala Máxima)
<i>Características adicionales:</i>	Pantalla de cristal indicando nivel, fecha y hora; almacenamiento de datos de al menos dos años; envío de datos por transmisión satelital cada 15 min durante un año, y funcionamiento ininterrumpido por fallas en el suministro de energía (110 Vca).

### Instalación del equipo

#### *Sensor de nivel*

A altura del embalse de la derivadora "Tuxpan" (Ilustración 2.1.1), se instaló un sensor de nivel ultrasónico (Ilustración 2.1.2), cuyas características son las siguientes:

Número de serie:	
Modelo:	"Vantage" (FB-5, frecuencia = 50 kHz)
Marca:	"Eastech"

La posición del sensor con respecto a la escala de referencia de la presa es: + 6.29 m (Ilustración 2.1.2d). En este caso, el sensor se encuentra a una altitud de 1758.29 msnm (según el personal de CONAGUA)



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Caseta de operación**



**Embalse**



**Escala para leer el nivel en el embalse**



**Alarma (cuando el tirante en el embalse alcanza un máximo) <sup>(11)</sup>**

**Ilustración 2.1.1. Vistas de la derivadora "Tuxpan" (30/07/2009)**

<sup>(11)</sup> El nivel de alerta era +1756.60 m antes del 29 de agosto de 2009, y +1756.87 m después. Cuando se alcanza el nivel de alerta, se abre la compuerta de emergencia.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Compuerta de emergencia**



**Sensor ultrasónico de nivel**



**Sensor ultrasónico de nivel**



**Posición de referencia para el sensor de nivel (+ 6.29 m)**

**Ilustración 2.1.2. Sensor de nivel en la derivadora "Tuxpan" (30/07/2009)**

### *Adquisición de datos y telemetría*

En la caseta de operación de CONAGUA que se encuentre en la derivadora "Tupxan", se instaló un sistema de adquisición de datos y de telemetría satelital que envía a *Internet* <sup>(12)</sup> tanto los datos del sensor que mide el nivel en el embalse, como los datos del aforador ADL instalado en el canal "Tuxpan" km 0+130 (Ilustración 2.1.3d).

- El módulo de adquisición de datos es el modelo "ScadaPack LP" de la marca "Control Microsystems". La comunicación con el sensor que mide el nivel en el embalse y con el ADL instalado en el canal "Tuxpan" km 0+130 es de tipo serial.
- El módulo de telemetría satelital es de la marca "High Tide".

### Verificación y mantenimiento del equipo

Desde el 1 de agosto hasta el 1 de septiembre de 2009, los datos proporcionados por el sensor de nivel instalado en el embalse de la derivadora "Tuxpan" fueron generalmente consistentes con las lecturas tomadas por el personal de CONAGUA (estos datos se toman cada hora desde una escala, véase Ilustración 2.1.2d); de hecho, las diferencias fueron por lo general del orden de  $\pm 1$  cm (Ilustración 2.1.4). Sin embargo, se detectaron a veces grandes diferencias, de hasta 40 cm (véase el óvalo verde en la Ilustración 2.1.4); en este momento, no se supo porque el sensor de nivel estaba a veces fallando.

El sistema de medición instalado en la derivadora "Tuxpan" tuvo una falla el 2 de septiembre de 2009, probablemente a causa de un rayo. Por lo tanto, se tuvo que revisar el sistema el 11 de septiembre de 2009. En este momento, se encontró que un componente del sistema de transmisión satelital estaba dañado; dicho componente se cambió, y se hicieron unos ajustes con el propósito de mejorar la calidad de la transmisión satelital. Desafortunadamente, el personal de CONAGUA reportó que a partir de esta fecha, el sensor de nivel sobrestimaba sistemáticamente el tirante en el embalse, con una diferencia de  $\approx 45$  cm. El 25 de septiembre de 2009, se verificó durante una salida de campo que el sensor de nivel efectivamente sobrestimaba el tirante en el embalse de  $\approx 40$  cm (véase también: Ilustración 3.1.2)

---

<sup>(12)</sup> Los datos llegan cada 15 min. al sitio denominado "Sistema de monitoreo de presas", cuya dirección es: <http://conagua.imta.mx>.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Vista de la caseta de operación**



**Colocación de una antena satelital**



**Gabinete para la adquisición de datos**

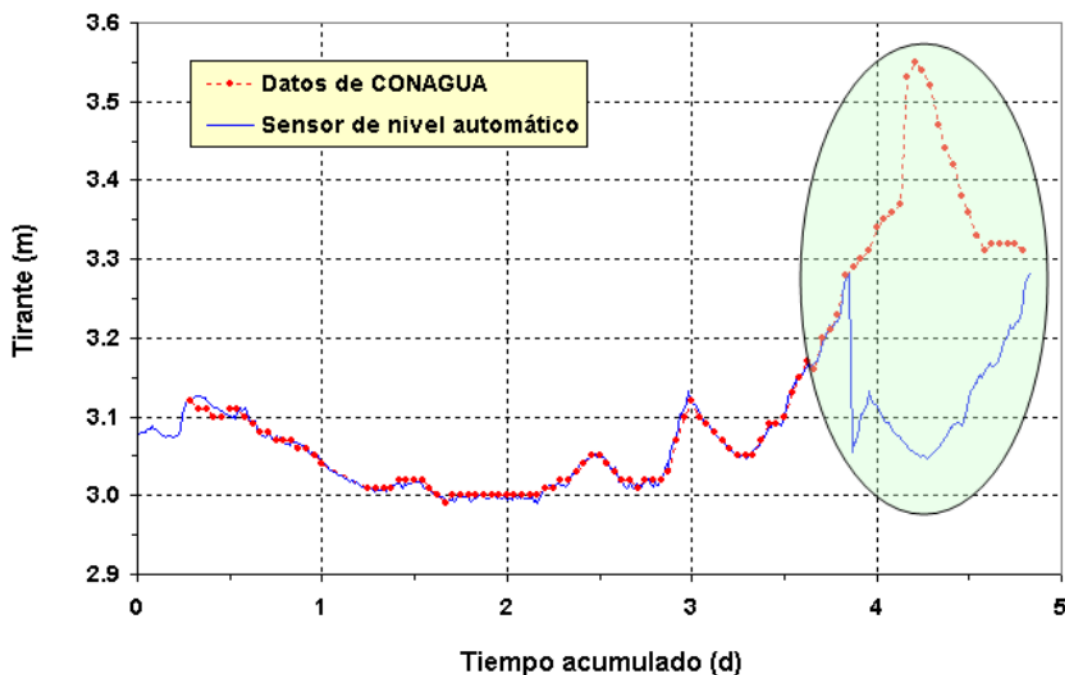


**Cableado del aforador ADL hacia la caseta de operación**

**Ilustración 2.1.3. Instrumentación de la derivadora "Tuxpan" y del canal "Tuxpan" km 0+130 (30/07/2009)**

El 20 de octubre de 2009, se hizo una revisión del sistema de medición junto con el proveedor del sensor de nivel; en este momento, se encontró que los conectores de dicho sensor no estaban bien apretados; en este caso, es probable que los datos proporcionados por el sensor de nivel eran a veces inconsistentes por este motivo. Después del 20 de octubre, los datos proporcionados por el sensor de nivel fueron consistentes con las lecturas tomadas por el personal de CONAGUA, aunque a veces un poco ruidosas; de hecho, las diferencias se mantuvieron en un rango de  $\pm 3$  cm.

Durante el mes que siguió su instalación, los datos del sensor de nivel instalado en el embalse de la derivadora "Tuxpan" fueron generalmente consistentes con las lecturas de tirante tomadas por el personal de CONAGUA. Sin embargo, los datos del sensor de nivel se volvieron inconsistentes a partir del 2 de septiembre y hasta el 20 de octubre de 2009; esto parece ser debido a que sus conectores no estaban suficientemente apretados, pero también pudiera ser debido a un daño provocado por un rayo. Actualmente, el sensor de nivel proporciona datos consistentes, con una tolerancia de  $\pm 3$  cm; esto es un poco ruidoso en la práctica, por lo que se recomienda seguir vigilando el buen funcionamiento del sensor de nivel.



**Ilustración 2.1.4. Verificación del sensor ultrasónico de nivel instalado en el embalse de la derivadora "Tuxpan".**

**La fecha de inicio es el 01/08/2009 [0:00] Hora Local**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



El óvalo de color verde muestra una inconsistencia en los datos del sensor de nivel, unos días después de su instalación.

## AFORADOR TIPO ADL EN EL KM 0+130 DEL CANAL "TUXPAN"

### Características del sistema propuesto

#### *Alternativas consideradas*

En el canal "Tuxpan" km 0+130, la CONAGUA utiliza una relación experimental "tirante - gasto" para tener una idea del gasto que pasa por el canal. <sup>(13)</sup> Sin embargo, en este sitio *no* se tiene una sección de control, y por lo tanto, la estimación del gasto a partir del tirante es *a priori* poco precisa (véase Anexo 11).

Aguas abajo del km 0+130 en el canal "Tupxan", se tiene un tramo recto donde el agua fluye de una manera uniforme. En este caso, una buena alternativa para monitorear el gasto sería instalar un sistema ATT (es decir, un Aforador de Tiempo de Travesía); sin embargo, es complicado instalar un ATT en el canal "Tuxpan", porque el canal casi nunca esta seco.

Como alternativa, se propone instalar un sistema ADL (es decir, un Aforador Doppler Lateral); la instalación de este equipo es más sencilla, pero el ADL requiere de una calibración. Además, cuando se instala un sistema ADL -o un sistema ATT- en un tramo de canal, es deseable que el canal no tenga fuertes problemas de azolvamiento (véase **Anexo 12**).

#### *Sistema propuesto*

Las características generales del sistema de monitoreo originalmente propuesto son las siguientes:

<i>Ubicación:</i>	19°32'22.20"N 100°29'13.10"W
<i>Tipo de medidor:</i>	ADL (Aforador Doppler Lateral)
<i>Rango para medir velocidad:</i>	0 a 5 m/s
<i>Precisión para medir velocidad:</i>	± 1%
<i>Precisión para estimar el gasto:</i>	± 6%
<i>Características adicionales:</i>	Pantalla de cristal indicando nivel, gasto, volumen acumulado, fecha y hora; almacenamiento de datos de al menos dos años; envío de datos por transmisión satelital cada 15 min de las variables que se tienen en la pantalla durante un año, y funcionamiento ininterrumpido por fallas en el suministro de energía (110 Vca).

<sup>(13)</sup> Dicha relación puede expresarse en forma analítica de la siguiente manera:

$$Q = 0.250 y^3 + 2.873 y^2 - 0.480 y + 0.053$$

donde: Q es el gasto (m<sup>3</sup>/s) y y es el tirante (m)

Nota: se hará la calibración del equipo siguiendo el procedimiento del método de la "velocidad índice" (por ejemplo, véase: Sloat & Hull, 2004); la trazabilidad de los gastos de calibración se hará de acuerdo a lo establecido en la Norma ISO-748:1997 ("*Measurement of liquid flow in open channel – Velocity area Method*").

Primera instalación de un ADL

### *Instalación y configuración del equipo*

El 30 de julio de 2009, se instaló un ADL (Aforador Doppler Lateral) en el km 0+130 del canal "Tuxpan" (Ilustración 2.2.1); sus características son las siguientes:

Número de serie:	
Modelo:	"ChannelMaster" (1.2 MHz)
Marca:	"Teledyne - RDI"

El mismo día, el ADL se configuró de la siguiente manera:

- Orientación del equipo:
  - Pitch:* + 0.70 °
  - Roll:* - 1.46 °
- Sensor ultrasónico de nivel (para medir el tirante):
  - Profundidad:* 0.62 m (con respecto al fondo del canal)
- Sensores ultrasónicos de velocidad (para medir la velocidad índice):
  - Blanking distance:* 0.50 m
  - Tamaño de celdas:* 0.15 m
  - Número de celdas:* 19

Se conectó el cable del ADL al sistema de adquisición de datos y de telemetría instalado en la caseta de operación de la derivadora "Tuxpan" (Ilustración 2.1.3d).

### Calibración preliminar del ADL instalado

Para calibrar y verificar los sistemas de aforo, se utilizó un equipo portátil tipo PD (es decir, un Perfilador Doppler montado sobre un barquito) modelo "M9" de la marca "Sontek / Ysi" (Ilustraciones 2.2.1d y 2.2.3d), el cual se dejó trabajando en el modo denominado "dinámico" (por ejemplo, véase: Mueller & Wagner, 2009).<sup>(14)</sup>

Después de haber instalado el ADL en el canal "Tuxpan" km 0+130, se tenía programado calibrarlo del 30 de julio al 1o de agosto de 2009. Por lo general, en esta época del año, el gasto en el canal es relativamente grande en la madrugada y decrece poco a poco durante la mañana; esto se debe a las fuertes lluvias que típicamente caen en la noche sobre el embalse de la derivadora "Tuxpan". Desafortunadamente, casi no llovió en los días que siguieron la puesta en operación del ADL. Por este motivo, solo se pudo adquirir un solo punto de calibración (Ilustración 2.2.1d), y el ADL se dejó calibrado en forma preliminar de la siguiente manera:

- Sección donde el ADL estima el gasto (Ilustración 2.2.1c):

Referencia:	a altura del ADL, en frente de la escala de CONAGUA
Forma de la sección:	rectangular
Ancho del canal:	6.01 m

- Relación "tirante - área hidráulico":<sup>(15)</sup>

$$Area (m^2) = 6.01 Tirante (m)$$

- Relación "velocidad índice - velocidad media":

$$V_{media} (m/s) = 0.9465 V_{índice} (m/s)$$

<sup>(14)</sup> En forma preliminar, se verificó la bondad de los aforos realizados con el equipo PD tomado como una referencia, comparándolo con otros equipos PD (véase Anexo 9).

<sup>(15)</sup> En forma preliminar, se verificó la bondad de los valores de tirante medidos por el ADL, comparándolo con otro equipo, de tipo sensor manométrico de presión sumergible (véase Anexo 10).



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Vista del canal en la salida de la derivadora "Tuxpan"**



**Primer aforador tipo ADL (modelo "ChannelMaster", marca "RDI")**



**Primer aforador tipo ADL instalado en el canal (se ven sus rieles)**



**Calibración inicial del aforador ADL en el km 0 + 130**

**Ilustración 2.2.1. Canal "Tuxpan" km 0 + 130 (30/07/2009)**

## VERIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PRIMER ADL

Del 4 al 7 de agosto de 2009, se hicieron aforos para verificar la bondad de los gastos estimados por el sistema ADL instalado en canal "Tuxpan" km 0+130. Dichos aforos se hicieron con un equipo móvil tipo PD modelo "M9" de la marca "Sontek / Ysi" (también se usaron otros equipos móviles en este periodo, véase Anexo 9). Desafortunadamente, casi no llovió del 4 al 7 de agosto de 2009. Por lo tanto, solo se obtuvieron algunos valores de gasto adicionales al gasto que se había usado para la calibración preliminar del ADL. En la ilustración 2.2.2, se muestra la relación entre *velocidad media* del agua (es decir, la relación entre el gasto aforado con un PD y el área hidráulica estimada a altura del ADL) y la *velocidad índice* (es decir, la velocidad que mide el ADL):

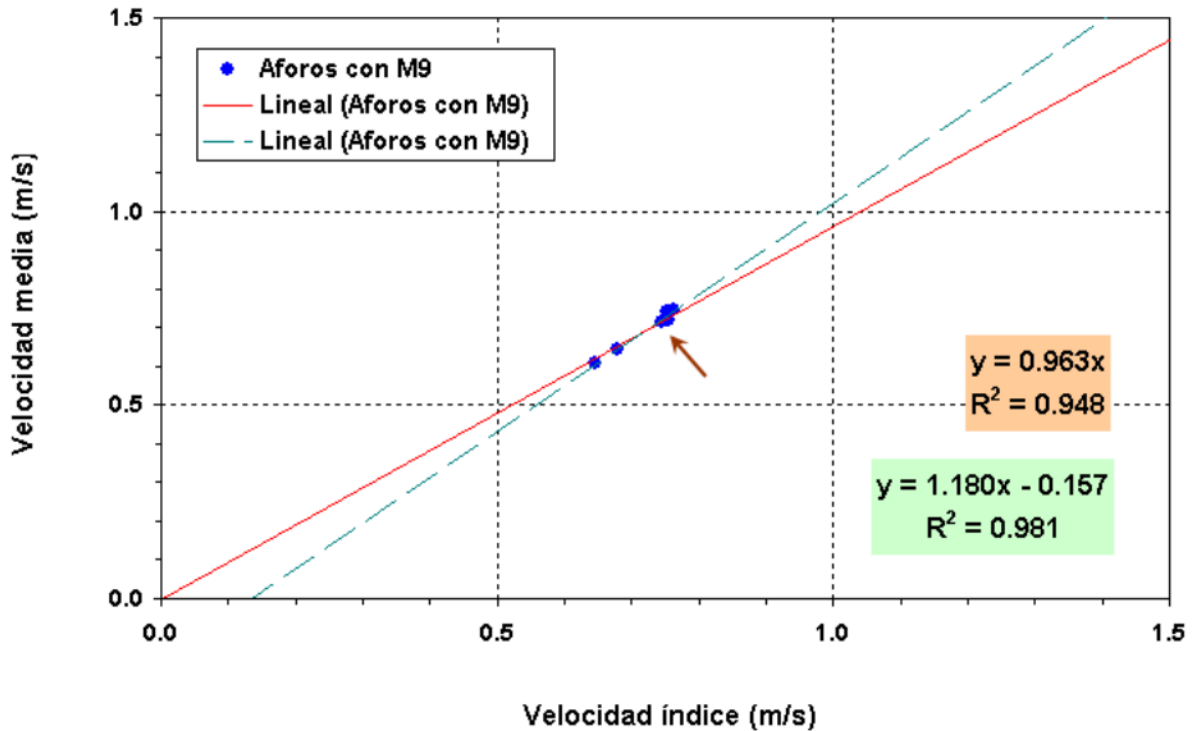
- Si el modelo de regresión entre la velocidad índice y la velocidad media es una recta que pasa por el origen, en este caso, se obtiene una relación muy similar a la que se obtuvo originalmente con un solo punto de calibración (es decir, la pendiente de la relación es 0.963, en lugar de 0.9465; la diferencia entre estas dos pendientes es de  $\approx 1.5\%$ ).
- Ahora bien, los nuevos puntos de calibración obtenidos sugieren que se puede proponer un nuevo modelo de regresión lineal, el cual no pasa por el origen:  $V_{media} \text{ (m/s)} = 1.18 V_{indice} \text{ (m/s)} - 0.157$ .

En el rango para el cual se obtuvieron los datos ( $0.6 < V_{media} < 0.8$  m/s), este modelo presenta poca diferencias con el anterior (es decir, ambos modelos permiten estimar el gasto con diferencias menores a un  $< 3\%$ ).

Pero si la velocidad del agua sale de este rango, la diferencia entre los dos modelos de regresión se vuelve importante en la práctica: de hecho, la velocidad del agua en el canal "Tuxpán" puede variar entre 0.3 y 1.6 m/s; para estos valores extremos, las estimaciones de gasto con ambos modelos difieren de hasta un 25 %.

Sin embargo, es importante aclarar que la relación entre la velocidad índice medida por un ADL y la velocidad media del agua es *empírica*. Por lo tanto, es prudente realizar más aforos en el canal "Tuxpán" km 0+130 (es decir, cuando la velocidad del agua es menor y mayor a lo observado hasta la fecha), antes de proponer un modelo de calibración más sofisticado para el ADL instalado.

Desafortunadamente, el ADL originalmente instalado en el canal "Tuxpan" km 0+130 dejó de funcionar el 23 de agosto de 2009 (probablemente a causa de un rayo). Por lo tanto, fue necesario quitarlo y reemplazarlo por otro.



**Ilustración 2.2.2. Calibración del primer ADL instalado en el canal "Tuxpán" km 0+130: relación entre la velocidad índice (es decir, lo que mide el aparato) y la velocidad media (según los aforos realizados hasta la fecha).**

La flecha indica el primer punto de calibración.

Se presentan dos modelos de regresión lineal: el primero (curva roja) corresponde a la primera curva de calibración del ADL (la flecha indica el punto que permitió realizar esta primera calibración), mientras que el segundo (curva verde punteada) podría ser un mejor modelo, siempre y cuando se verifica la tendencia para velocidades que cubren un rango de valores más amplio.

Nota: los datos de aforo que se presentan en la ilustración son los que se obtuvieron con un equipo PD modelo "M9" (marca "Sontek / Ysi"), en modo "dinámico".

## SEGUNDA INSTALACIÓN DE UN ADL

### Instalación y configuración del equipo

Después de la falla del primer ADL instalado, se instaló otro el 31 de agosto de 2009 (Ilustración 2.2.3); sus características son las siguientes:

- Número de serie: E-2019 (con *firmware* vers. 11.8)
- Modelo: "Argonaut-SL" (3 MHz)
- Marca: " YSI - Sontek"

El mismo día, el ADL se configuró de la siguiente manera:

- Orientación del equipo:
  - Pitch*: no tiene sensor de inclinación
  - Roll*: no tiene sensor de inclinación
- Sensor ultrasónico de nivel (para medir el tirante):
  - Profundidad*: 0.53 m (con respecto al fondo del canal)
- Sensores ultrasónicos de velocidad (para medir la velocidad índice):
  - Salinidad del agua*: 0.2 ppt
  - Blanking distance*: 0.20 m
  - Tamaño de celdas*: 0.40 m
  - Número de celdas*: 10
  - Cell Begin*: 0.50 m
  - Cell End*: 5.00 m

### Calibración preliminar del ADL instalado

Después de adquirir un primer punto de calibración, se dejó el ADL calibrado en forma preliminar de la siguiente manera:

- Sección donde el ADL estima el gasto:

Referencia:	a altura del ADL, en frente de una escala de CONAGUA
Forma de la sección:	Rectangular
Ancho del canal:	6.01 m

- Relación tirante - área hidráulico:

$$\text{Area (m}^2\text{)} = 6.01 \text{ Tirante (m)}$$

- Relación velocidad índice - velocidad media:

$$V_{media} \text{ (m/s)} = 0.960 V_{indice} \text{ (m/s)}$$

## VERIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SEGUNDO ADL

Los días 1<sup>o</sup>, 11 y 25 de septiembre de 2009, se hicieron aforos para verificar la bondad de los gastos estimados por el sistema ADL instalado en canal "Tuxpan" km 0+130. Dichos aforos se hicieron con un equipo móvil tipo PD (Ilustración 2.2.3d). Desafortunadamente, el gasto en el canal permaneció alto y la velocidad del agua varió poco. Por lo tanto, solo se obtuvieron algunos valores de gasto adicionales al gasto que se había usado para la calibración preliminar del ADL. En la ilustración 2.2.4, se muestra la relación entre *velocidad media* del agua y la *velocidad índice*):

- Si el modelo de regresión es una recta que pasa por el origen, en este caso, se obtiene una relación muy similar a la que se obtuvo originalmente con un solo punto de calibración (es decir, la pendiente de la relación es 0.941, en lugar de 0.96; la diferencia entre estas dos pendientes es de  $\approx 2\%$ ).
- Ahora bien, los nuevos puntos de calibración obtenidos sugieren que se puede proponer un nuevo modelo de regresión lineal, el cual no pasa por el origen:  $V_{media} \text{ (m/s)} = 1.23 V_{indice} \text{ (m/s)} - 0.336$ .

En el rango para el cual se obtuvieron los datos ( $1.1 < V_{media} < 1.3$  m/s), este modelo presenta poca diferencias con el anterior (es decir, ambos modelos permiten estimar el gasto con diferencias menores a un  $< 3\%$ ).

Pero si la velocidad del agua sale de este rango, la diferencia entre los dos modelos de regresión se vuelve importante en la práctica: sobre todo, si la velocidad del agua en el canal se reduce a un 0.3 m/s, en este caso las estimaciones de gasto con ambos modelos difieren de hasta 60 %.

Al respecto, es importante aclarar que la relación entre la velocidad índice medida por un ADL y la velocidad media del agua es *empírica*. Por lo tanto, es prudente realizar más aforos en el canal "Tuxpán" km 0+130 (sobre todo, cuando la velocidad del agua es pequeña), antes de proponer un modelo de calibración más sofisticado para el ADL instalado.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Vista del canal en la salida de la  
derivadora "Tuxpan"**



**Segundo aforador tipo ADL (modelo  
"Argonaut-SL", marca "Sontek")**

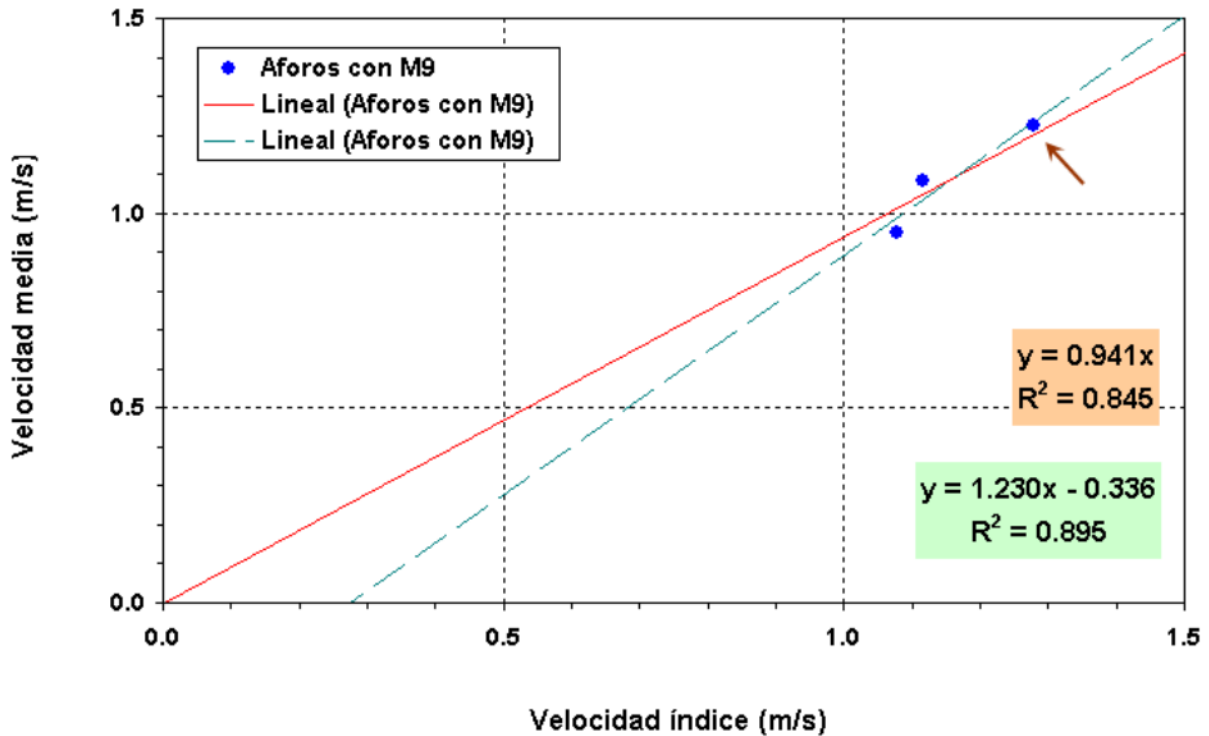


**Calibración del aforador ADL en el km  
0+130**



**Perfilador Doppler (modelo "M9", marca  
"Sontek") usado para calibrar**

**Ilustración 2.2.3. Canal "Tuxpan" km 0+130 (31/08/2009)**



**Ilustración 2.2.4. Calibración del segundo ADL instalado en el canal "Tuxpán" km 0+130: relación entre la velocidad índice (es decir, lo que mide el aparato) y la velocidad media (según los aforos realizados hasta la fecha).**

La flecha indica el primer punto de calibración.

Se presentan dos modelos de regresión lineal: el primero (curva roja) corresponde a la primera curva de calibración del ADL (la flecha indica el punto que permitió realizar esta primera calibración), mientras que el segundo (curva verde punteada) podría ser un mejor modelo, siempre y cuando se verifica la tendencia para velocidades que cubren un rango de valores más amplio.

Nota: los datos de aforo que se presentan en la ilustración son los que se obtuvieron con un equipo PD modelo "M9" (marca "Sontek / Ysi", en modo "dinámico").

El 20 de octubre de 2009, se dio un mantenimiento al segundo ADL instalado en el canal "Tuxpan" km 0+130:

- *Cambio de cable* - Se tuvo que quitar el medidor porque se había observado que su cable era en mal estado, y que era necesario cambiarlo (véase Ilustración 2.2.5c). En este momento, se vio que el medidor estaba cubierto por una capa de lama con muchos pequeños crustáceos (Ilustración 2.2.5a); dicha capa no parecía afectar el buen funcionamiento del medidor, sin embargo, se quitó cuidadosamente (Ilustración 2.2.5b).
- *Re-configuración del medidor* - También se pretendía hacer un aforo, y con base a este, reconfigurar el ADL con una curva de calibración más precisa. Desafortunadamente, resultó imposible entrar al menú de configuración del medidor (véase Ilustración 2.2.5d), a pesar de varios intentos (los días 20 y 30 de octubre de 2009).

Al momento de instalar el segundo ADL en el canal "Tupxan" km 0+130, se pudo configurar en forma preliminar el equipo, el cual sigue proporcionando estimaciones de gasto hasta la fecha. Sin embargo, resultó imposible volver a configurar más adecuadamente el ADL un mes y medio después de su instalación; esto se debe probablemente a una falla en la electrónica del equipo. Por lo anterior, se dejó el ADL trabajando sin intentar de reconfigurarlo... En 2010, se tiene previsto reemplazar este equipo por un sistema ATT (Aforador de Tiempo de Travesía), el cual no requiere de una calibración para poder estimar el gasto.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Segundo aforador tipo ADL cubierto de  
lama y de pequeños crustáceos**



**Segundo aforador tipo ADL limpio**



**ADL reinstalado, después de haber  
cambiado su cable**



**Intentos para configurar más  
adecuadamente el ADL**

**Ilustración 2.2.5. Canal "Tuxpan" km 0+130 (20/10/2009)**

## AFORADOR TIPO AGL EN EL KM 21+740 DEL CANAL "TUXPAN"

### Características del sistema propuesto

A altura de la conexión entre el canal "Tuxpan" y la presa "El Bosque" se tiene una sección de control, que corresponde a un cambio fuerte en la pendiente del canal (Ilustración 2.3.1d). En este caso, conviene elegir un sistema tipo AGL (es decir, Aforador de Garganta Larga) para estimar el gasto en el canal, un poco aguas arriba de la estructura de control. De hecho, en el canal "Tuxpan" km 21+740, la CONAGUA ya tiene un punto de control donde estima el gasto en el canal a partir de lecturas de tirante en una escala y de una relación "tirante - gasto" experimental (Ilustración 2.3.1a).

Por lo anterior, las características generales del sistema de monitoreo originalmente propuesto son las siguientes:

<i>Ubicación:</i>	19°23'36.50"N 100°25'28.40"W
<i>Tipo de medidor:</i>	AGL (Aforador de Garganta Larga)
<i>Rango de medición:</i>	con sensor de nivel ultrasónico 5 m
<i>Precisión extendida:</i>	± 0.1 %
<i>Procedimiento para estimación del gasto:</i>	mediante una relación "tirante - gasto"

- *Características adicionales:* pantalla de cristal indicando nivel, gasto, volumen acumulado, fecha y hora; almacenamiento de datos de al menos dos años; envío de datos por transmisión satelital cada 15 min de las variables que se tienen en la pantalla durante un año, y funcionamiento autónomo por medio de paneles solares.

Nota: el sistema opera según lo establecido en la Norma ISO 9123:2001 ("Measurement of liquid flow in open channels – Stage fall discharge relationships"). La trazabilidad de los gasto de calibración y de verificación se hará según lo establecido en la Norma ISO-748:1997 ("Measurement of liquid flow in open channel – Velocity area Method").

## Instalación del equipo

### *Sensor de nivel*

En el canal "Tuxpan" km 21+740 (Ilustración 2.3.1), se instaló un AGL (Aforador de Garganta Larga), cuyas características son las siguientes:

- Número de serie: 13058 # 12
- Modelo: "Vantage" (FB-5 con frecuencia de 50 kHz)
- Marca: "Eastech "

El 31 de julio de 2007, el sistema se configuro de la siguiente manera:

- Sensor ultrasónico de nivel (para medir el tirante): <sup>(16)</sup>

Posición: m (por encima del fondo del canal)

- Relación tirante - gasto (relación analítica establecida a partir de una tabla de datos proporcionada por la CONAGUA):

$$Q = -0.957 y^3 + 8.762 y^2 - 0.061 y - 0.038$$

donde: Q es el gasto (m<sup>3</sup>/s) e y es el tirante (m)

## Adquisición de datos y telemetría

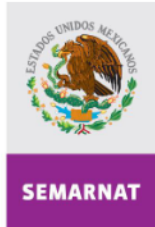
En la caseta de operación que se encuentra en el canal "Tuxpan" km 21+740, se instaló un sistema de adquisición de datos y de telemetría satelital que envía a *Internet* ([conagua.imta.mx](http://conagua.imta.mx)) los datos del AGL: el módulo de adquisición de datos es parte del modelo "Vantage" de la marca "Eastech", y este módulo transfiere en forma serial sus datos a un módulo externo de telemetría satelital (marca "High Tide").

<sup>(16)</sup> En forma preliminar, se intento verificar la bondad de los valores de tirante medidos por el AGL, comparándolo con otro equipo, de tipo sensor manométrico de presión sumergible. Desafortunadamente, el sensor de presión se daño, y no fue posible recuperar sus datos (véase Anexo 10).



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Vista del canal y de la caseta de  
operación**



**Sección de control, aguas abajo del sitio  
de monitoreo**



**Sensor de nivel, dentro de la caseta de  
operación**



**Gabinete del aforador tipo AGL**

**Ilustración 2.3.1. Canal "Tuxpan" km 21+740 (31/07/2009)**

## Verificación y mantenimiento del sistema

Desde el 4 de agosto de 2009, se hicieron varios aforos en el canal "Tuxpan" km 21+740 para verificar la bondad de los gastos estimados por el sistema AGL instalado. Dichos aforos se hicieron con un equipo móvil tipo PD (es decir, un Perfilador Doppler) modelo "M9" de la marca "Sontek / Ysi" (Ilustración 2.3.2a). (17)

Hasta la fecha, los aforos realizados indican que la relación "tirante - gasto" proporcionada por CONAGUA para el AGL es adecuada (véase Ilustración 2.3.3).

Nota: Solo se encontró una discrepancia de  $\approx 7\%$  en la estimación del gasto (véase ovalo verde en la Ilustración 2.3.3); pero en este caso, debe observarse que esto ocurrió para un gasto bastante alto ( $\approx 15 \text{ m}^3/\text{s}$ ): bajo estas condiciones, la velocidad del agua era tan alta (mayor a 2 m/s en la parte media del canal), que era difícil aforar con un equipo portátil PD<sup>(18)</sup>. Entonces, convendría realizar más aforos para seguir verificando la bondad de la relación "tirante - gasto" proporcionada por la CONAGUA, cuando el gasto es mayor a 5  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Desde la fecha de su instalación, el sistema AGL instalado en el canal "Tuxpan" km 21+740 ha proporcionado estimaciones de gasto confiables. Sin embargo, debe mencionarse que los sedimentos tienden a acumularse localmente a altura del pozo de observación que se usa para medir el tirante. En este caso, *el pozo de observación del sistema debe siempre limpiarse de vez en cuando*: por lo contrario, podría llegar a taparse (según el aforador del sitio -Sr. Norberto Sánchez- este fenómeno ocurrió del 16 al 22 de octubre de 2009).

---

(17) En forma preliminar, se verificó la bondad de los aforos realizados con el equipo PD tomado como una referencia, comparándolo con otros equipos PD (véase Anexo 9).

(18) Por un lado, resultó imposible usar el sistema de rastreo de fondo (o "*Bottom Tracking*") para conocer la posición del equipo en el canal), por lo que se utilizó el GPS del equipo como alternativa. Por otro lado, se tuvo que dejar ir el barquito del PD muy lejos del puente de aforo, con un peso sobre el cable, para tratar de mantener dicho barquito lo más horizontal posible (véase Ilustración 2.3.2d). También, se tuvieron dificultades para mantener el barquito del PD en una posición estable cuando se acercaba de las orillas del canal. Finalmente, debe mencionarse que *resultó muy delicado jalar el equipo sin dañar sus sensores de velocidad, al momento de iniciar un aforo*; de hecho, la corriente del agua estaba empujando fuertemente el barquito contra la pared del canal.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Equipo PD tomado como referencia:  
modelo "M9" (marca "Sontek / Ysi")**



**Otro equipo PD probado: modelo  
"StreamPro" (marca "Teledyne / RDI")**



**Condiciones de aforo cuando el gasto es  
pequeño (06/09/2009)**



**Condiciones de aforo cuando el gasto es  
alto (11/09/2009)**

**Ilustración 2.3.2. Canal "Tuxpan" km 21+740 (31/07/2009)**

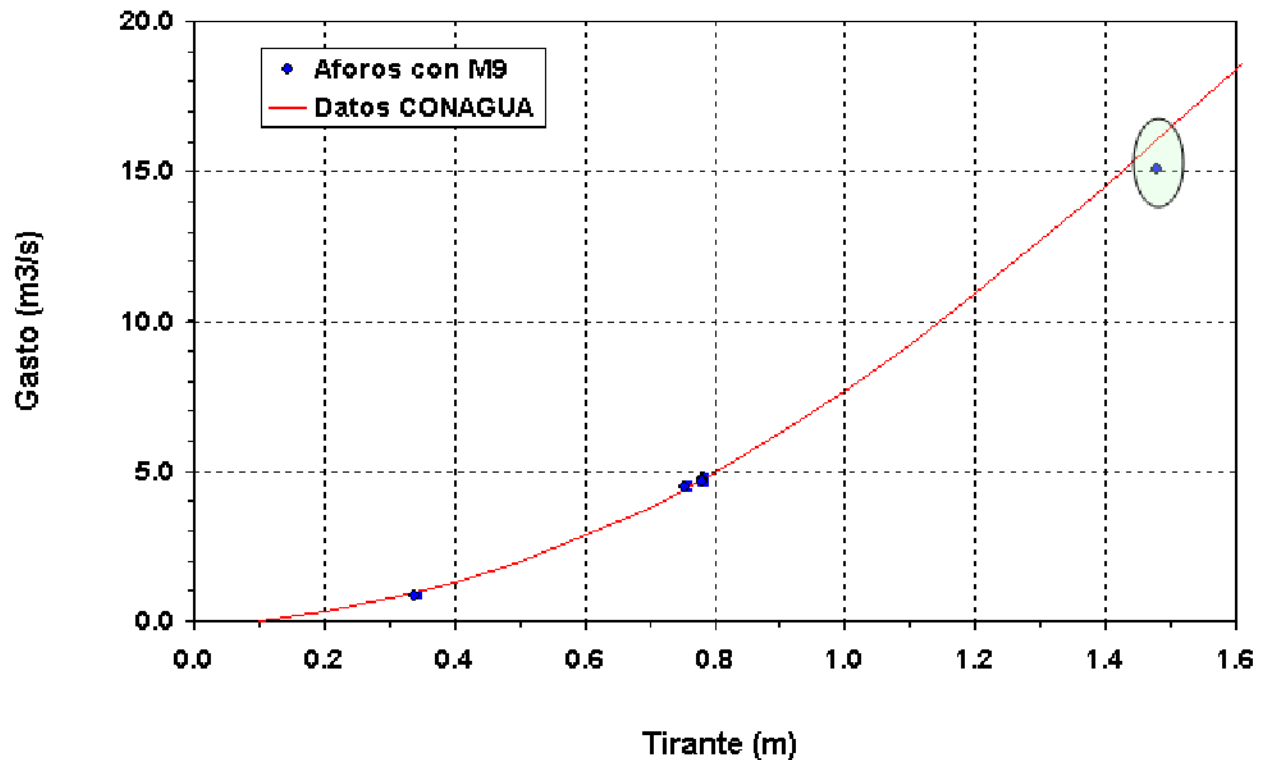


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Ilustración 2.3.3. Verificación del AGL instalado en el canal "Tuxpán" km 21+740: Relación entre el tirante y el gasto.**

La curva roja es la relación tirante-gasto proporcionada por la CONAGUA y que se introdujo en la configuración del AGL.

Los puntos azules son datos obtenidos en forma independiente con un equipo PD (modelo "M9", marca "Sontek", modo "dinámico").



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## Conclusión

Hasta la fecha, se puede concluir lo siguiente sobre los sistemas de medición instalados:

- *Embalse de la derivadora "Tuxpan":*

- El sensor de nivel instalado en el embalse estuvo fallando del 2 de septiembre al 20 de octubre de 2009; esto parece ser debido a que sus conectores no estaban suficientemente apretados, pero también pudiera ser debido a un daño provocado por un rayo.

- Desde el 20 de octubre de 2009, dicho sensor proporciona datos de tirante consistentes, con una tolerancia de  $\pm 3$  cm; esto es un poco ruidoso en la práctica, por lo que se recomienda seguir vigilando el buen funcionamiento del sensor de nivel.

- *Canal "Tuxpan" km 0+130:*

- Originalmente, se instaló un primer ADL (Aforador Doppler Lateral), el cual permitió estimar el gasto con una tolerancia mejor que 25 % después de haber sido calibrado en forma preliminar. Desafortunadamente, no se pudo calibrar mejor el equipo, porque se dañó un mes después de su instalación (probablemente a causa de un rayo) un mes después de haber sido instalado.

- Por lo anterior, se tuvo que instalar un segundo ADL en el sitio. Su calibración preliminar permite estimar el gasto con una tolerancia mejor que un 10 % para gastos grandes (velocidad del agua mayor a 0.9 m/s). Sin embargo, no se pudo calibrar mejor el equipo, porque también su sistema de re-configuración se dañó un mes y medio después de la instalación del equipo.

- En 2010, se tiene previsto reemplazar este equipo por un sistema ATT (Aforador de Tiempo de Travesía), el cual no requiere de una calibración para poder estimar el gasto.

- Hasta la fecha, no se ha detectado un problema de azolvamiento del canal, lo cual pudiera ser un problema para la calibración del ADL (véase Anexo 12).<sup>(19)</sup>

<sup>(19)</sup> Ahora bien, convendría verificar la bondad de las estimaciones de tirante con un equipo PD, cuando la velocidad del agua es alta

- Canal "Tuxpan" km 21+740:

- Los resultados obtenidos indican que el AGL (Aforador de Garganta Larga) instalado permite estimar el gasto con una tolerancia de  $\pm 5\%$ .
- Sin embargo, convendría seguir verificando la bondad de las estimaciones de gasto para valores altos (es decir, mayores a  $\approx 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- Es importante limpiar de vez en cuando el pozo de observación del sistema y su conexión al canal; por lo contrario, podría llegar a taparse debido a la acumulación local de sedimentos.

## RESULTADOS: DATOS OBTENIDOS HASTA LA FECHA

### Situación del embalse de la derivadora "Tuxpan"

#### *Cambios "aparentes" y "reales" de tirante en el embalse*

Los datos obtenidos durante la campaña de monitoreo sugieren que el tirante en el embalse de la derivadora "Tuxpan" puede presentar cambios muy rápidos; sin embargo, estos cambios observados deben interpretarse con cuidado:

- *Cambios "aparentes" de tirante en el embalse* - En ocasiones, el tirante medido disminuye y aumenta muy rápidamente, con una tasa de hasta 1 m en menos de 30 min. Por ejemplo, esto ocurrió del 15 al 17 de septiembre de 2009 (véase días 45 a 47 en la Ilustración 3.1.1a).<sup>20)</sup> Sin embargo, estos cambios muy rápidos que se detectan a veces solo son cambios de tirante que ocurren *localmente* a altura de la compuerta de emergencia de la derivadora "Tuxpan", cuando esta se abre y después se cierra; son detectados por el sensor de nivel, porque se encuentra a unos metros de distancia (véase Ilustración 2.1.2).

---

<sup>(20)</sup> Para estos días, el tirante en el canal "Tuxpan" km 0+130 se redujo a cero: se deduce que se había abierto la compuerta de emergencia de la derivadora "Tuxpan", mientras que se había cerrado la obra de toma hacia al canal (probablemente por cuestiones de mantenimiento). Cabe mencionar que se observó concretamente esta maniobra, durante la salida de campo del 11 de septiembre de 2009.



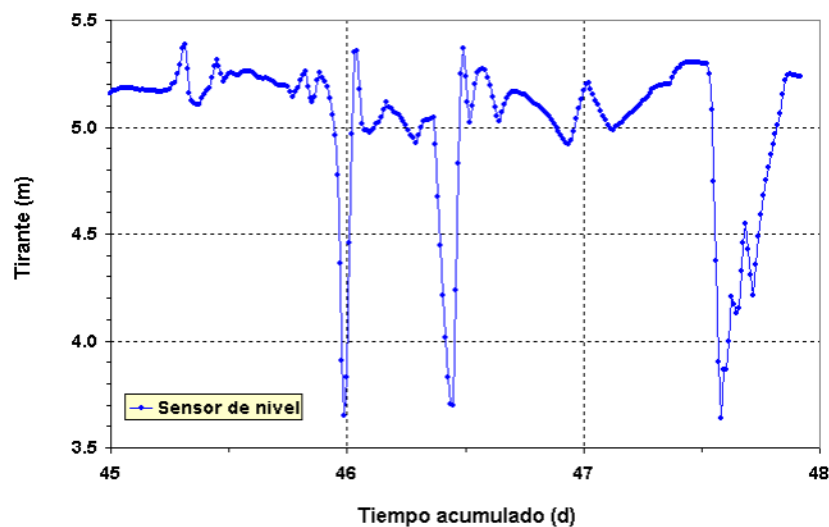
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

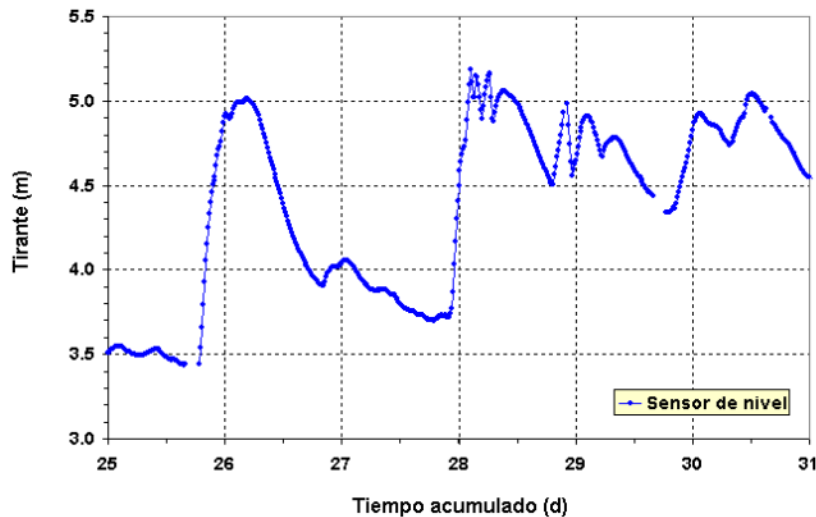


- *Cambios "reales" de tirante en el embalse* - Non obstante, los datos obtenidos durante la campaña de monitoreo sugieren que el tirante promedio en el embalse si puede variar rápidamente en la práctica; por ejemplo, para el 26 de agosto de 2009 (día 25 en la Ilustración 3.1.1b), aumento casi de 1.5 m en menos de 5 horas <sup>(21)</sup>, y después decreció de 1.3 m en menos de un día.



***Cambios "aparentes", después del 26 de agosto de 2009 (día # 25)***

<sup>(21)</sup> Los datos disponibles en la página *Internet* de CONAGUA sugieren que hubo una lluvia relativamente importante dos días antes (24 de agosto de septiembre de 2009); de hecho, se reporta una precipitación de 18 mm en la presa "El Bosque".



### ***Cambios "reales", después del 16 de septiembre de 2009 (día # 45)***

#### ***Ilustración 3.1.1. Cambios rápidos de tirante registrados en el embalse de la derivadora "Tuxpan"***

El intervalo entre los datos adquiridos es de 15 min.

Evolución del tirante en el embalse

A pesar de las inconsistencias que a veces se tuvieron con los datos del sensor de nivel (véase inciso [2.1]), se puede observar la siguiente tendencia general en cuanto al tirante en el embalse de la derivadora "Tuxpan" (Ilustración 3.1.2):

- En la primera semana de agosto 2009 (días 0 - 15 en la Ilustración), el tirante se mantuvo bajo ( $\approx 3.5$  m).
- Del 15 de agosto al 12 de septiembre de 2009 (días 15 - 42), el tirante aumentó (hasta  $\approx 5.2$  m) y alcanzó su valor máximo para la operación de la derivadora "Tuxpan" (es decir, 4.60 m antes del 29 de agosto de 2009, y 4.87 m después de esta fecha).
- Del 12 de septiembre hasta el 18 de noviembre de 2009 (días 42 - 109), el tirante se redujo poco a poco.

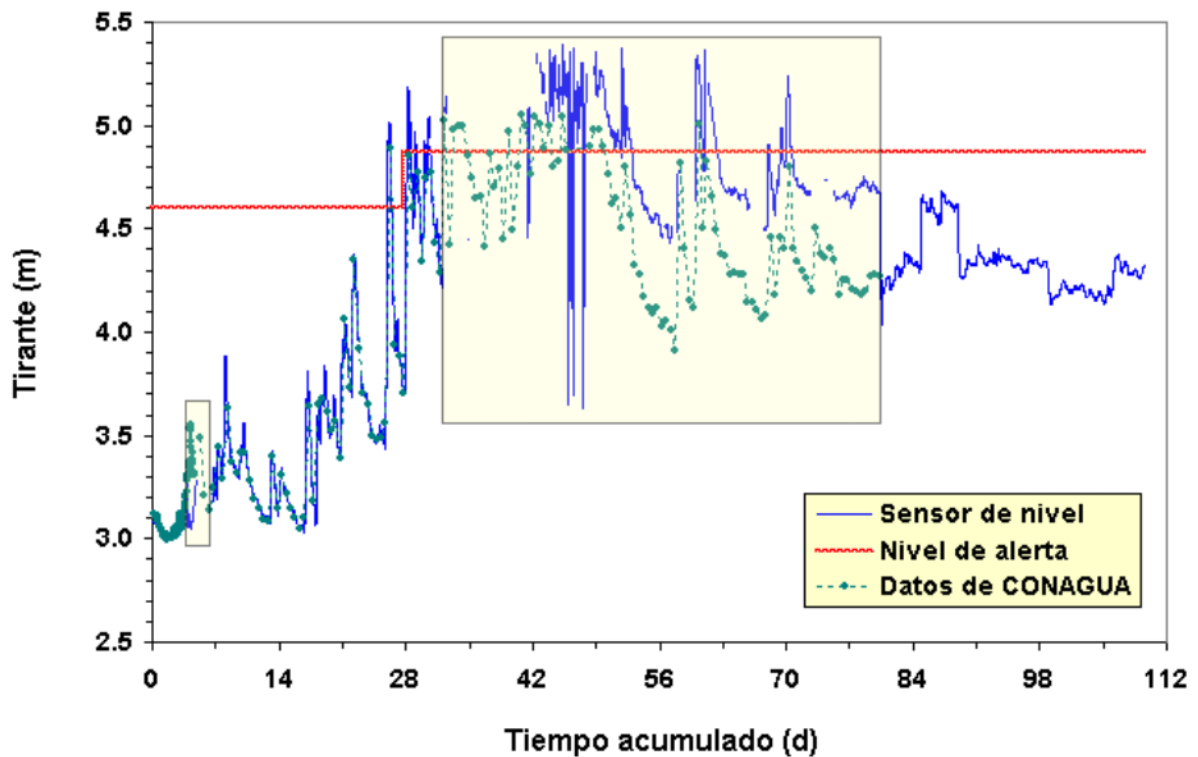


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Ilustración 3.1.2. Evolución del tirante en el embalse de la derivadora "Tuxpan" y datos de CONAGUA sobre el almacenamiento**

**La fecha de inicio es el 01/08/2009 [0:00] Hora Local**

Los rectángulos de color amarillo-claro muestran los periodos durante los cuales los datos del sensor de nivel fueron incoherentes.

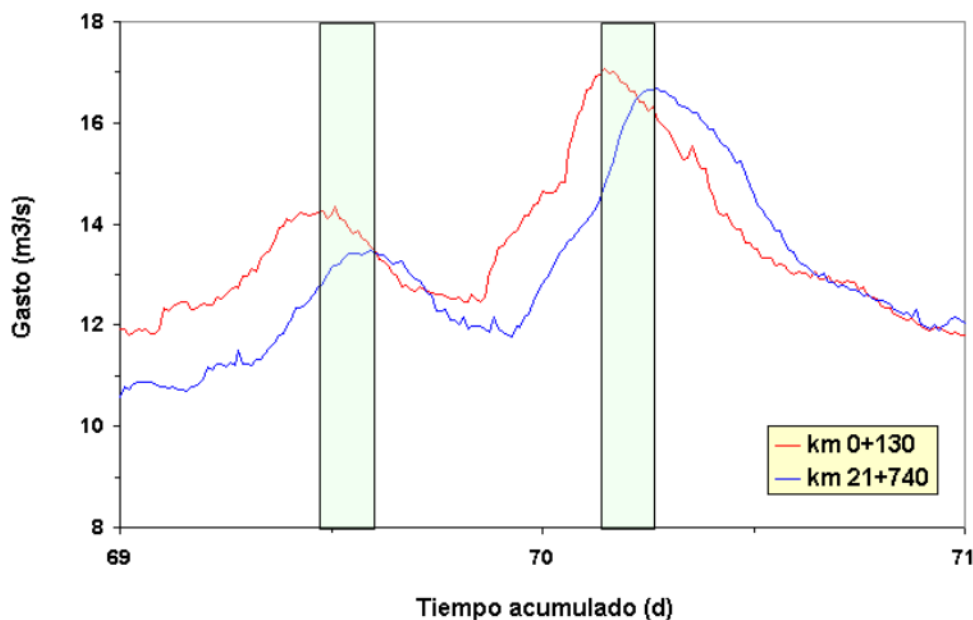


## Situación del canal "Tuxpan"

### Gastos

En la Ilustración 3.2.1, se presenta una muestra de los gastos estimados en la entrada (km 0+130) y salida (km 21+740) del canal "Tuxpan":

- Como se esperaba, para una misma fecha, se tuvieron casi siempre gastos menores en el km 21+740 en comparación con el km 0+130. De hecho, casi no hay aportaciones de agua a lo largo del canal "Tuxpan" (excepto, quizás, cuando llueve), mientras que hay varias tomas a lo largo del tramo de canal (véase inciso [4]).
- Cuando se presentan cambios rápidos en el gasto a altura del km 0+130, se observa que éstos tardan típicamente de 3 hasta 5 horas en repercutirse a altura del km 21+740. Estos retrasos corresponden a una velocidad del agua teórica de 1.2 hasta 1.9 m/s, lo que es consistente con la magnitud de las velocidades que pueden presentarse en el canal "Tuxpan" (por ejemplo, véase Ilustración 2.2.4).



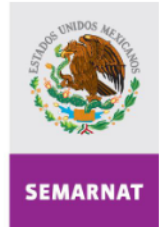
**Ilustración 3.2.1. Desfases en los cambios de gasto entre la entrada y en la salida del canal "Tuxpan"**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



En la Ilustración 3.2.2, se presentan los gastos estimados en la entrada (km 0+130) y salida (km 21+740) del canal "Tuxpan":

- Durante las tres primeras semanas de agosto de 2009 (días 0 a 15 en la Ilustración), se estimó que el gasto variaba de 3 hasta 8 m<sup>3</sup>/s a altura del km 0+130, mientras que era de 1 hasta 7 m<sup>3</sup>/s a altura del km 21+740. Las diferencias de gasto entre los dos sitios fueron comúnmente de 1.5 hasta 2 m<sup>3</sup>/s, es decir, mayores al 20 %. <sup>(22)</sup>
- Después de este periodo, se observó un aumento del gasto en el canal "Tuxpan" (con gastos típicamente entre 8 y 18 m<sup>3</sup>/s); también se encontró que las diferencias entre los gastos estimados a altura del km 0+130 y del km 21+740 eran menores (es decir, no mayor a 1 m<sup>3</sup>/s).
- A partir del 15 de septiembre de 2009 (día 49 en la Ilustración), el gasto a lo largo del canal "Tuxpan" se redujo poco a poco.
- Finalmente, a partir del 15 de octubre de 2009 (día 75 en la Ilustración), se tuvo un gasto a cada vez más menor en el km 21+740 que en el km 0+130. A la fecha (19 de noviembre de 2009), las diferencias de gasto entre los dos sitios es de  $\approx 2.5$  m<sup>3</sup>/s, es decir, mayor a un 60 %. <sup>(23)</sup>

---

<sup>(22)</sup> Dichas diferencias son seguramente significativas; de hecho, la incertidumbre de los equipos de aforo instalados -tanto el primer ADL con su calibración, como el AGL- era menor a  $\approx 3$  % para los rangos de gastos observados (véase Ilustraciones 2.2.2 y 2.3.3).

<sup>(23)</sup> Dicha diferencia también es seguramente significativa; de hecho, la incertidumbre del segundo ADL era menor a  $\approx 30$  % para los rangos de gastos observados; aunque quizás el segundo ADL sobreestima el gasto cuando la velocidad del agua es menor a 1 m/s (véase Ilustración 2.2.4).

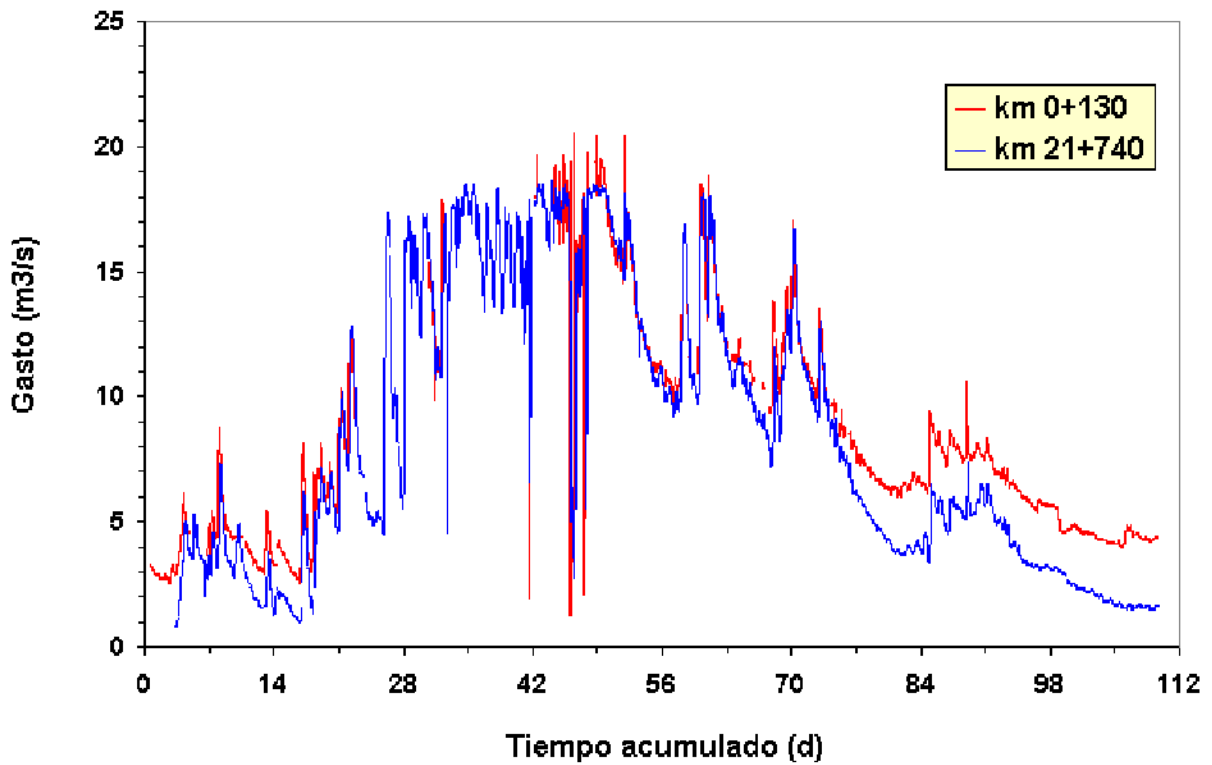


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Ilustración 3.2.2. Gastos estimados en la entrada y en la salida del canal "Tuxpan"**  
**La fecha de inicio es el 01/08/2009 [0:00] Hora Local**

## Volúmenes acumulados

En la Ilustración 3.2.3, se presentan los volúmenes de agua acumulados que han transitado por la entrada (km 0+130) y la salida (km 21+740) del canal "Tuxpan" desde el 1º de agosto del 2009: <sup>(24)</sup>

- Los datos son consistentes con la idea (véase inciso 3.2.2) de que se tuvieron pérdidas y/o extracciones de agua a lo largo del canal durante el mes de agosto de 2009 (hasta el día 21 en la Ilustración), que después estas pérdidas se redujeron, pero que volvieron a aumentar a partir del 15 de octubre de 2009 (día 75). <sup>(25)</sup>
- Después de un periodo de 108 días, se tiene una diferencia en los volúmenes acumulados de  $\approx 10 \text{ Mm}^3$  (es decir,  $\approx 13 \%$  del volumen total).

En la Ilustración 3.2.4, se compara el volumen de agua que ha transitado por la salida del canal "Tuxpan" (km 21+740) desde el 1º de agosto del 2009 y el cambio en el almacenamiento de la presa "El Bosque" reportado por CONAGUA (en su sitio *Internet*):

- Hasta el 19 de septiembre de 2009 (día 49 en la Ilustración), las aportaciones de agua desde el canal "Tuxpan" explican la mayor parte de los cambios en el almacenamiento de la presa "El Bosque". <sup>(26)</sup>
- Después de esta fecha, los datos indican que se tuvieron más extracciones que aportaciones de agua en la presa "El Bosque".

---

<sup>(24)</sup> Estos volúmenes fueron recalculados, porque los datos que aparecen en el sitio *Internet* del "Sistema de Monitoreo de Presas" (<http://conagua.imta.mx>) indican un "reseteo" en el volumen acumulado, después de haber cambiado el primer ADL por otro.

<sup>(25)</sup> En ocasiones, la diferencia entre los volúmenes calculados se reduce (por ejemplo, véase el día 42 en la Ilustración). Sin embargo, esto probablemente no corresponde a un fenómeno real (como pudieran ser aportaciones de lluvia al canal), sino a un problema en el cálculo del volumen para el canal "Tuxpan" km 0+130; de hecho, fue necesario estimar los gastos en este sitio (mediante interpolación lineal) para dos periodos de  $\approx 10$  días durante los cuales no se tuvieron datos disponibles.

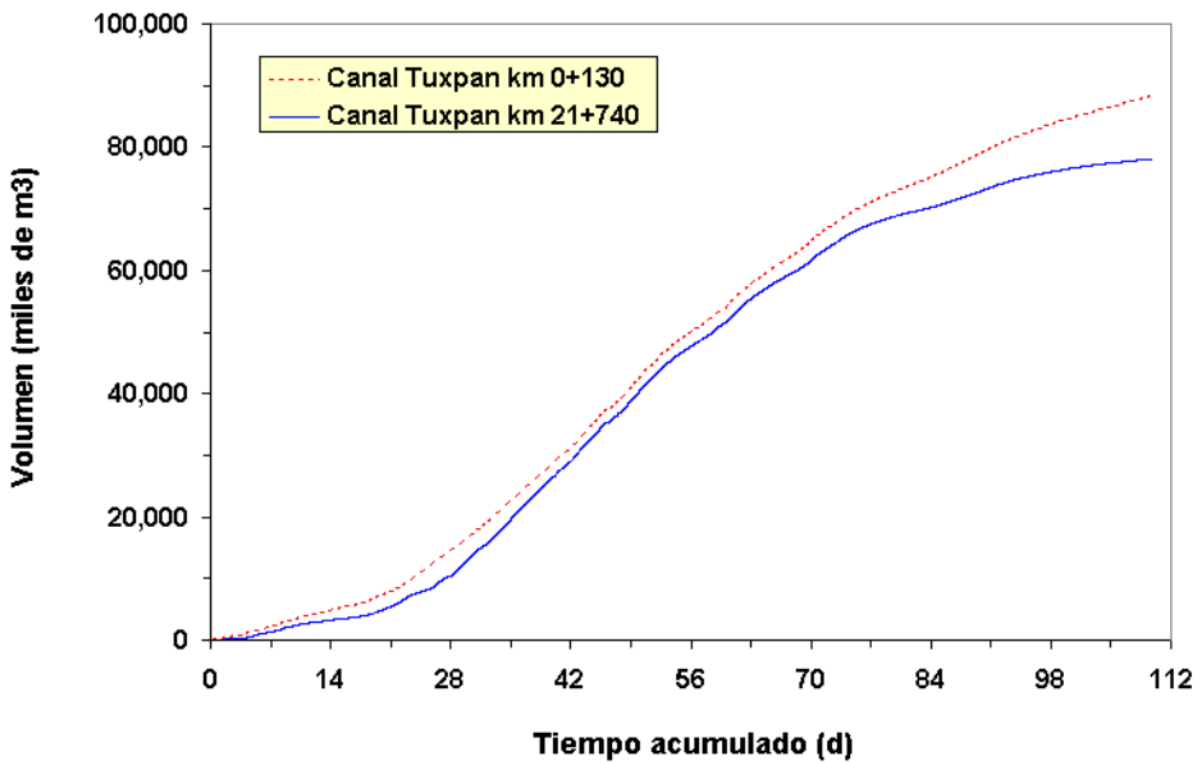
<sup>(26)</sup> Otras posibles aportaciones son las precipitaciones en el valle donde se encuentra la presa "El Bosque", además de un río que se conecta en la parte norte del embalse.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Ilustración 3.2.3. Comparación entre los volúmenes acumulados de agua en la entrada y la salida del canal "Tuxpan"**

**La fecha de inicio es el 01/08/2009 [0:00] Hora Local**

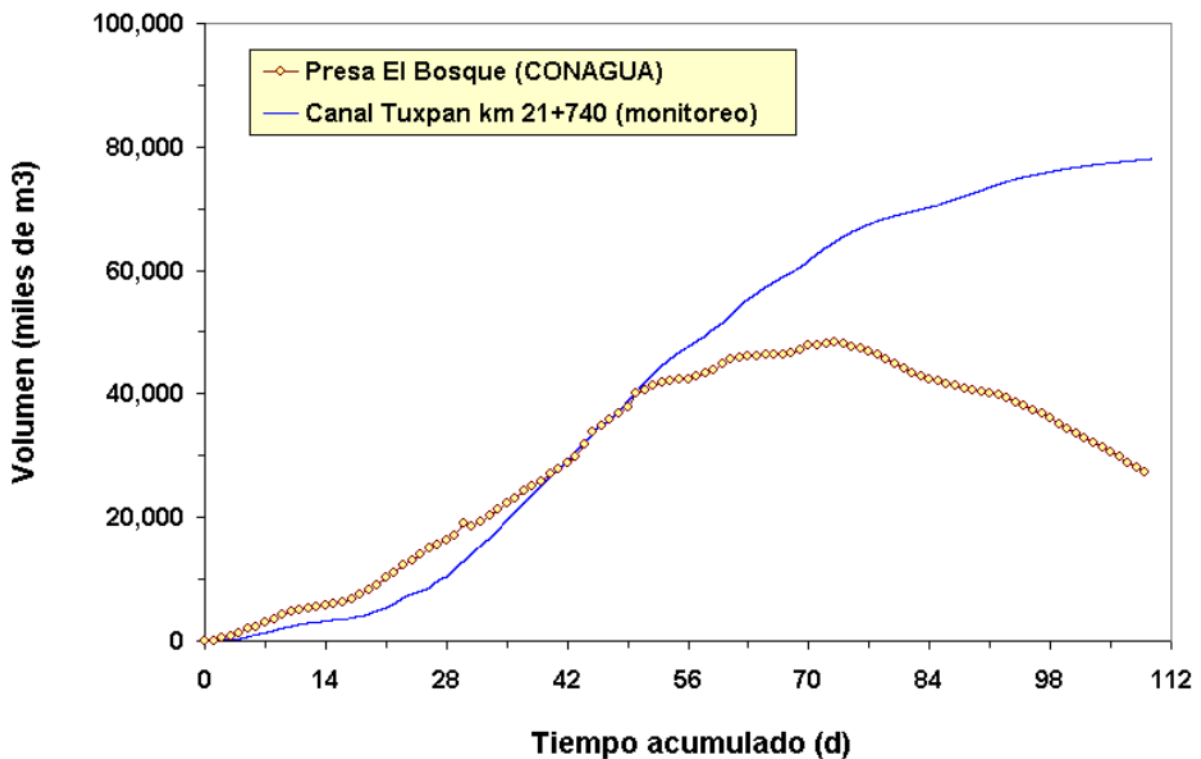


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Ilustración 3.2.4. Comparación entre los volúmenes acumulados de agua: salida del canal "Tuxpan" (según los datos del monitoreo) y cambios en el almacenamiento de la presa "El Bosque" (según CONAGUA)**

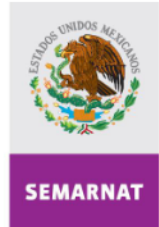
**La fecha de inicio es el 01/08/2009 [0:00] Hora Local**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## Conclusión

Hasta la fecha, se puede concluir lo siguiente sobre los datos proporcionados por los sistemas de monitoreo:

- *Embalse de la derivadora "Tuxpan":*

- El tirante en el embalse de la derivadora "Tuxpan" puede presentar cambios rápidos (con una tasa de hasta 1 m en menos de 5 horas). Sin embargo, debe aclararse que los cambios muy rápidos que a veces detecta el sensor de nivel instalado en el embalse solo son cambios *locales* de tirante, a proximidad de la compuerta de emergencia, cuando esta se abre y después se cierra.

- En la primera semana de agosto 2009, el tirante se mantuvo bajo ( $\approx 3.5$  m). Del 15 de agosto al 12 de septiembre de 2009, el tirante aumento y alcanzo su valor máximo para la operación de la derivadora "Tuxpan". Del 12 de septiembre hasta el 18 de noviembre de 2009, el tirante se redujo poco a poco.

- *Canal "Tuxpan":*

- Durante las tres primeras semanas de agosto de 2009, el gasto en la entrada del canal era pequeño (entre 3 y  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Después de este periodo, el gasto aumento (entre 8 y  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Pero a partir del 15 de septiembre de 2009, disminuyo poco a poco.

- Durante las tres primeras semanas de agosto de 2009, el gasto en la salida del canal era menor al gasto en la entrada, con diferencias de hasta  $1.5$  a  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Después de este periodo, la diferencia de gasto entre la entrada y la salida del canal se redujo (quedando menor a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Sin embargo, a partir del 15 de octubre de 2009, se tuvieron de nuevo diferencias entre la entrada y la salida del canal "Tuxpan" (hasta  $\approx 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

- Después de un periodo de 108 días, contado a partir del 1<sup>o</sup> de agosto de 2009, se estima que el volumen de agua que ha pasado por la entrada del canal Tuxpan ha sido de  $88 \text{ Mm}^3$ , mientras que el volumen que ha pasado por la salida ha sido de  $78 \text{ Mm}^3$ . La diferencia es de  $\approx 10 \text{ Mm}^3$ , lo que corresponde a un  $\approx 13 \%$  del volumen total.

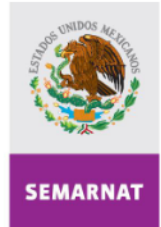
- Como era de esperar, las aportaciones del canal "Tuxpan" explican la mayor parte de los cambios en el almacenamiento de la presa "El Bosque". Además, los datos



**IMTA**  
*Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua*

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



obtenidos indican que se tuvieron más extracciones que aportaciones de agua en la presa "El Bosque" a partir del 19 de septiembre de 2009.

## DISCUSIÓN: POSIBLES EXTRACCIONES SOBRE EL CANAL

### Ubicación de las tomas granjas a lo largo del canal

Durante las tres primeras semanas de agosto y a partir del 15 de octubre de 2009, se tuvo un menor gasto en la salida del canal "Tuxpan", en comparación con el gasto en la entrada del canal; a menudo, las diferencias alcanzaron 1.5 hasta 2 m<sup>3</sup>/s (véase inciso 3.2.2). *A priori*, estas diferencias pudieran ser debido a pérdidas de agua (fugas en el canal o en los sifones) o extracciones de agua (debido a actividades humanas).

Sin embargo, se puede descartar la hipótesis de que las pérdidas de agua por fuga son la principal causa de estas diferencias. De hecho, durante el mes de agosto de 2009, estas diferencias a veces fueron menor a 0.5 m<sup>3</sup>/s (para gastos de 2 a 10 m<sup>3</sup>/s). Además, después de agosto, también se encontraron periodos para los cuales los gastos en la entrada y en la salida del canal "Tuxpan" eran similares (con diferencias no mayores a 0.5 m<sup>3</sup>/s para gastos de  $\approx$  15 m<sup>3</sup>/s).

Por lo anterior, se concluye que la principal causa de una diferencia de gasto entre la entrada y la salida del canal "Tuxpan" son extracciones debido a actividades humanas; para verificar esta suposición, se hizo un recorrido a lo largo del canal el 7 de agosto del 2009. Se observó lo siguiente:

- Se tienen 12 tomas granjas en el canal "Tuxpan" (Ilustración 4.1.1), las cuales sirven sobre todo para el riego.
- En la parte aguas abajo del canal, las tomas están en mal estado de conservación (Ilustración 4.1.2), mientras que aguas arriba, las tomas están en mejor estado (Ilustración 4.1.3).
- Sumando aproximadamente la capacidad de todas las tuberías (por ejemplo, Ilustración 4.1.1b) y mangueras (por ejemplo, Ilustración 4.1.1d) que salen de las 12 tomas granjas, se puede efectivamente explicar extracciones de 1 hasta 2 m<sup>3</sup>/s a lo largo del canal "Tuxpan".

En la Ilustración 4.1.4, se muestra una imagen satélite, donde se ve claramente una zona de riego que se encuentra en el margen izquierda del canal "Tuxpan" (parte izquierda de la imagen), a altura de dos de las tomas granjas que se vieron durante el recorrido de campo.



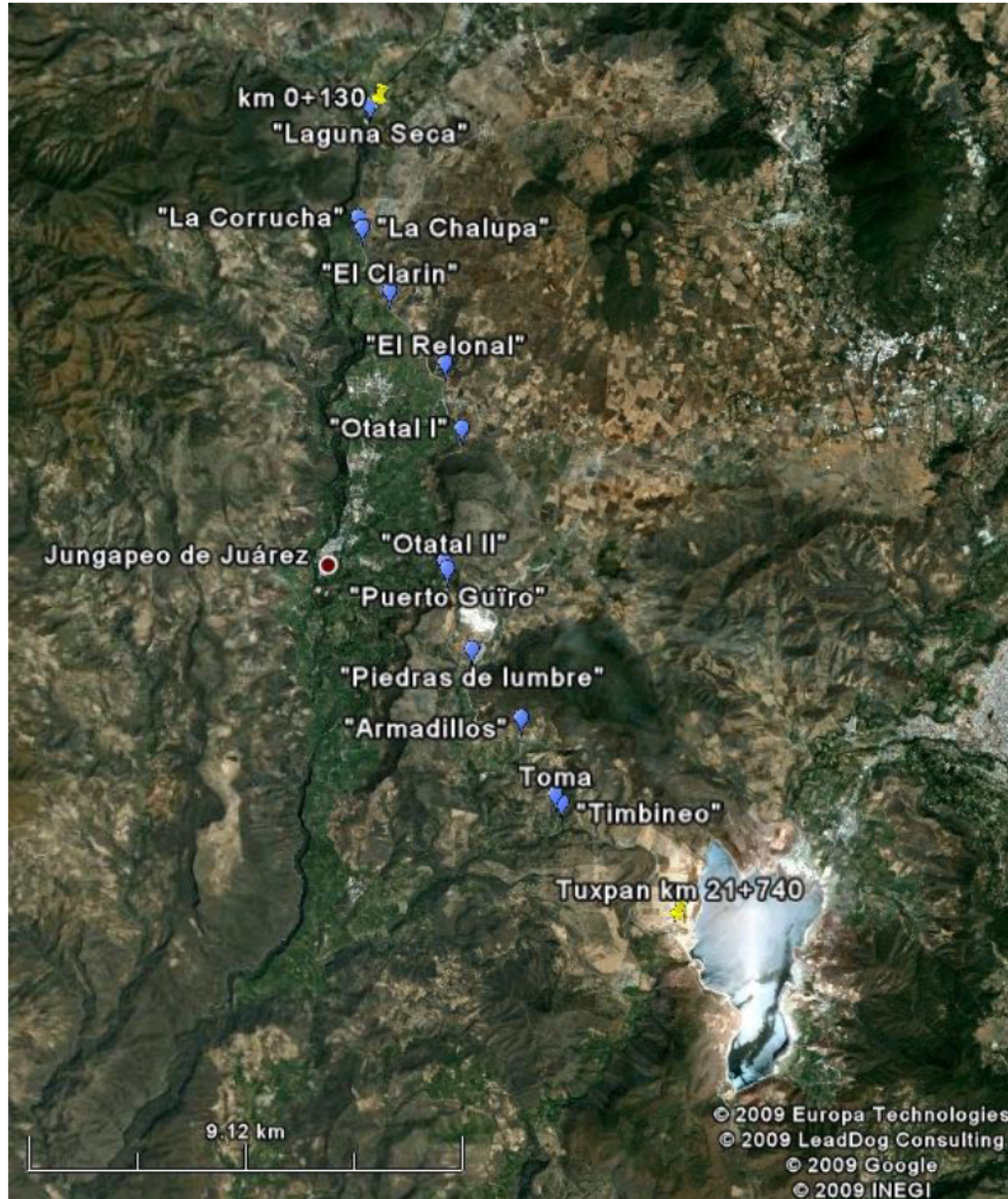
**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**



**Ilustración 4.1.1. Ubicación de las tomas sobre el canal "Tuxpan" (06/08/2009)**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Salida de una toma hacia un tanque  
(cerca de "Timbineo")**



**Mangueras que salen del tanque (cerca  
de "Timbineo")**



**Toma con compuerta deslizante  
("Piedras de Lumbre")**



**Agua que va del canal hacia una toma  
"invertida" ("Otatal I")**

**Ilustración 4.1.2. Tomas sobre el canal "Tuxpan" (06/08/2009)**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Manguera conectada al canal principal  
(cerca de "Otatal I")**



**Pico de pato y toma con módulo "Aqua  
Control" ("La Chalupa")**



**Toma con módulo "Aqua Control" ("La  
Corrucha")**



**Salida de una toma hacia un arroyo  
("Laguna seca")**

**Ilustración 4.1.3. Tomas sobre el canal "Tuxpan" (06/08/2009)**

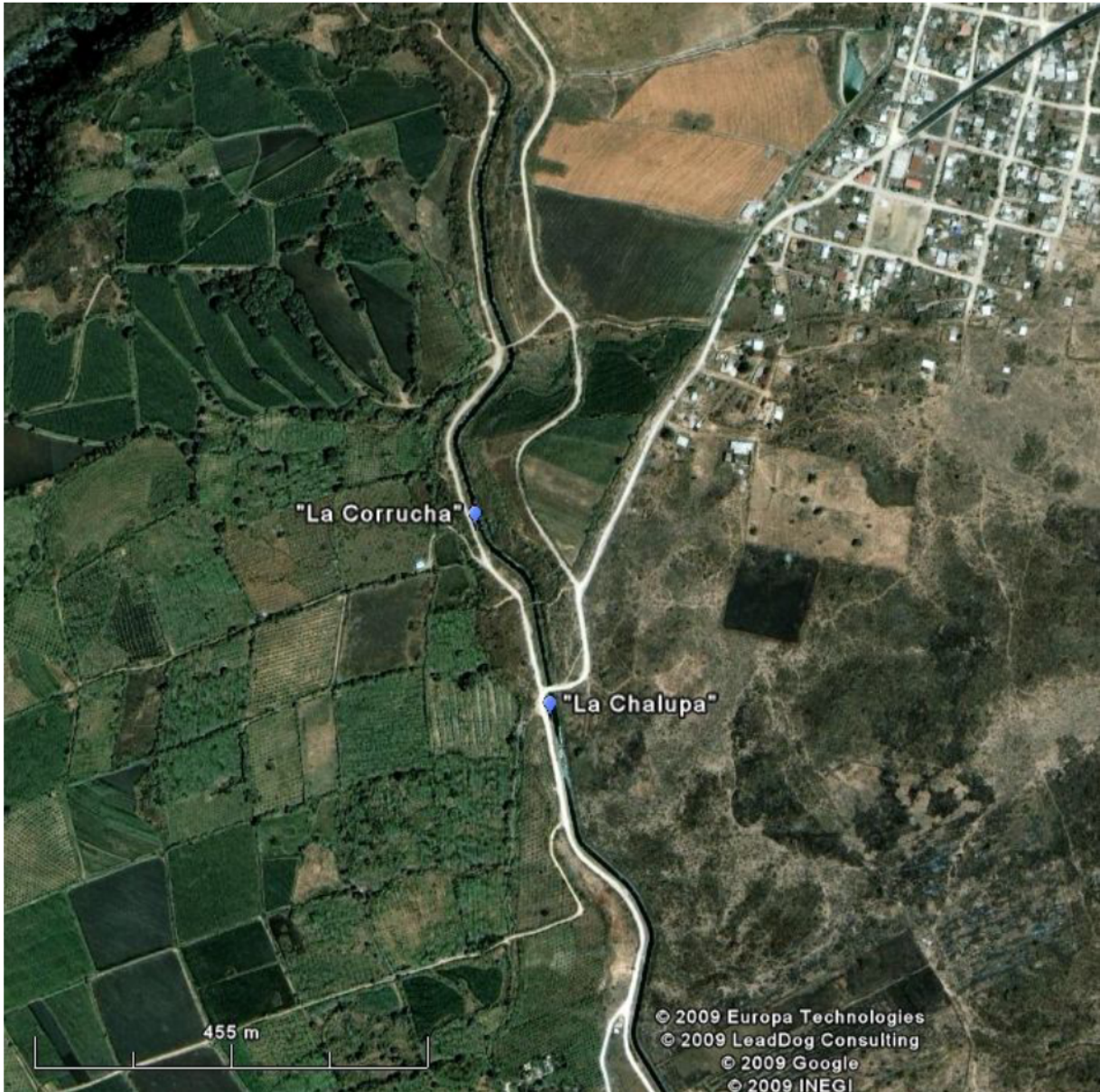


**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



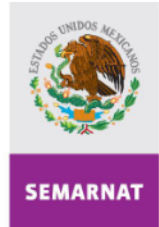
**Ilustración 4.1.4. Imagen satelital (Google Earth) en la cual se ve la zona de riego (parte izquierda de la imagen) a altura de dos tomas sobre el canal "Tuxpan".**



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## Propuesta para conocer mejor las extracciones de agua

Con el propósito de poder cuantificar mejor las extracciones de agua a lo largo del canal "Tuxpan", se buscaron sitios donde era factible aforar con un equipo portátil:

- Por un lado, no se encontraron ningún sitio donde se podía aforar adecuadamente para determinar el gasto que sale de una toma granja; de hecho, la geometría de estas tomas y de los canales que salen de ellas es complicada (por ejemplo, véase Ilustraciones 4.1.2d y 4.1.3d); inclusive, a veces, solo salen mangueras de las tomas (por ejemplo, véase Ilustración 4.1.2b).
- Por otro lado, se encontraron varios puentes que pueden usarse para aforar directamente sobre el canal "Tuxpan" con un equipo PD (es decir, un Perfilador Doppler montado sobre un barquito). En la Ilustración 4.1.5, se muestran 4 de estos sitios.

## Conclusión

Con base a un recorrido realizado a lo largo del canal "Tuxpan", se puede concluir lo siguiente:

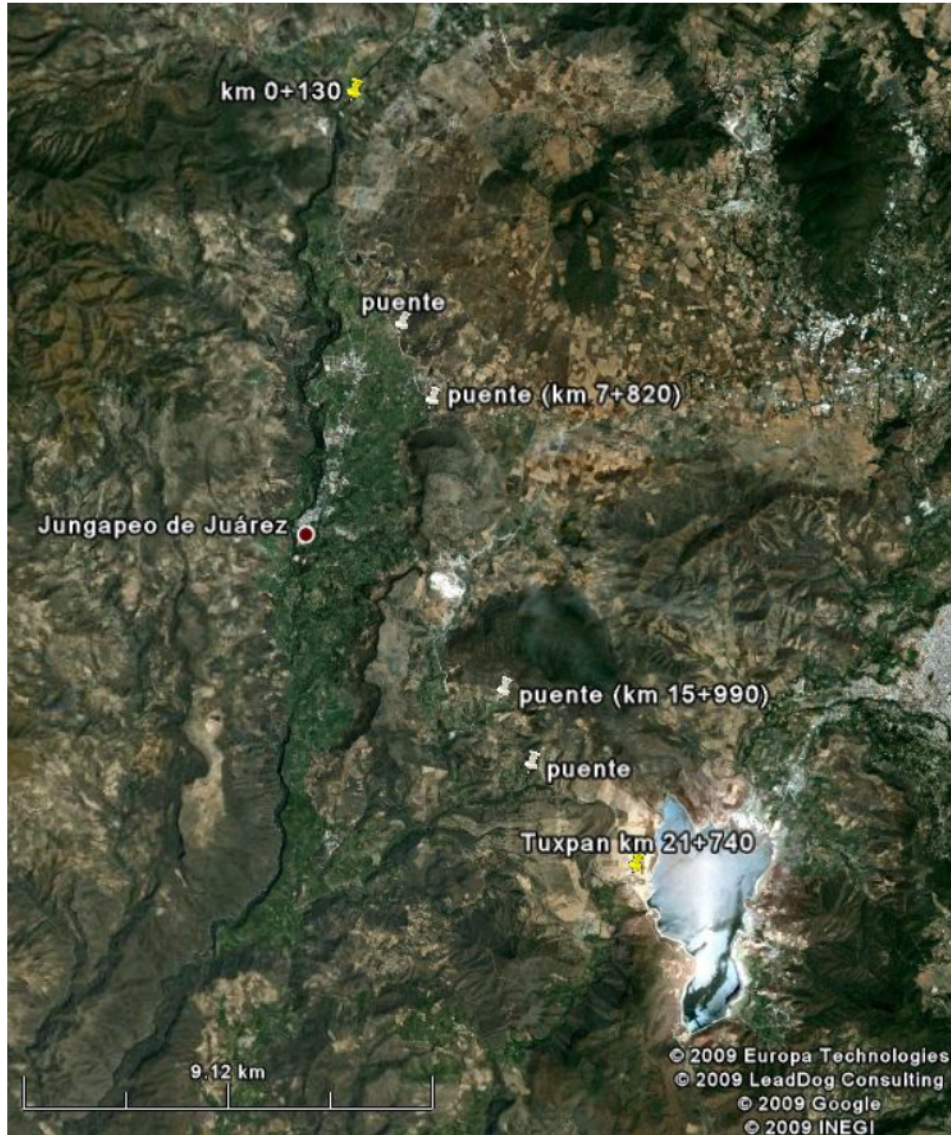
- Es muy probable que la principal causa de una diferencia de gasto entre la entrada y la salida del canal "Tuxpan" sean las extracciones de agua para el riego; al respecto, se tienen 12 tomas granjas a lo largo del canal.
- Para poder cuantificar mejor las extracciones de agua a lo largo del canal "Tuxpan", la mejor alternativa es aforar directamente sobre el canal; al respecto, se tienen algunos puentes de donde se podría aforar con un equipo PD (es decir, un Perfilador Doppler con barquito).



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE RIEGO  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



**Ilustración 4.1.5. Algunos de los sitios encontrados sobre el canal "Tuxpan" donde se podría aforar con un equipo portátil tipo "PD" (06/08/2009)**

## Resumen y recomendaciones

En este documento, se presentan los trabajos realizados durante el verano de 2009 para instrumentar el canal que sale de la derivadora "Tuxpán" (Edo. de México). Estos trabajos consistieron en una instrumentación de tres puntos:

- *Embalse de la derivadora "Tuxpan"*: sistema de medición de nivel, para poder estimar el volumen de agua en el embalse y saber cuando el tirante en el embalse alcanza una cuota de alarma. El sistema utiliza un sensor de nivel ultrasónico.
- *A la salida de la derivadora "Tuxpan" (km 0+130)*: aforador totalizador volumétrico, para monitorear el gasto que ingresa al canal. El sistema es un ADL (Aforador Doppler Lateral).
- *Antes de la presa "El Bosque" (km 21+740)*: aforador totalizador volumétrico, para monitorear el gasto que sale del canal. El sistema es un AGL (Aforador de Garganta Larga).

Los datos de los tres sistemas de medición son enviados por telemetría a *Internet* (un dato por cada 15 min.).

En el futuro, se recomienda lo siguiente, para mejorar la instrumentación de la derivadora y del canal "Tuxpan":

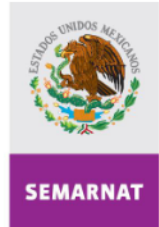
- *Embalse de la derivadora "Tuxpan"*: seguir vigilando el buen funcionamiento del sensor de nivel, y cambiarlo si sigue proporcionando a veces datos inconsistentes (en este caso, es probable que haya sido dañado por un rayo).
- *A la salida de la derivadora "Tuxpan" (km 0+130)*: quitar el ADL (Aforador Doppler Lateral), porque ya no se puede re-configurar, e instalar otro sistema: por ejemplo, un ATT (Aforador de Tiempo de Travesía).
- *Antes de la presa "El Bosque" (km 21+740)*: limpiar regularmente el pozo de observación del sistema de medición y su conexión al canal, para evitar que sea tapado por los sedimentos que se acumulan localmente.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



Hasta la fecha, los datos proporcionados por los sistemas de monitoreo permiten concluir lo siguiente:

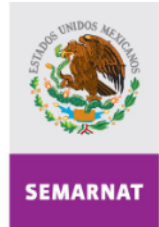
- *Embalse de la derivadora "Tuxpan"*:
  - El tirante en el embalse puede cambiar rápidamente (hasta 1 m en menos de 5 horas).
  - En la primera semana de agosto 2009, el tirante se mantuvo bajo ( $\approx 3.5$  m). Aumento después, para alcanzar su nivel máximo de operación a mediados de septiembre de 2009. Y finalmente se redujo poco a poco a partir del 12 de octubre de 2009.
- *Canal "Tuxpan"*:
  - Durante las tres primeras semanas de agosto de 2009, el gasto en la entrada del canal era pequeño. Después de este periodo, el gasto aumentó. Pero a partir del 15 de septiembre de 2009, disminuyó poco a poco.
  - Durante las tres primeras semanas de agosto de 2009, el gasto en la salida del canal era menor al gasto en la entrada, con diferencias de hasta  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Después de este periodo, la diferencia de gasto entre la entrada y la salida del canal se redujo. Sin embargo, a partir del 15 de octubre, se tuvieron de nuevo diferencias (hasta  $\approx 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
  - Después de un periodo de 108 días, contado a partir del 1º de agosto de 2009, se estima que el volumen de agua que ha pasado por la entrada del canal Tuxpan ha sido de  $88 \text{ Mm}^3$ , mientras que el volumen que ha pasado por la salida ha sido de  $78 \text{ Mm}^3$ . La diferencia es de  $\approx 10 \text{ Mm}^3$ , lo que corresponde a un  $\approx 13 \%$  del volumen total.
  - Como era de esperar, las aportaciones del canal "Tuxpan" explican la mayor parte de los cambios en el almacenamiento de la presa "El Bosque". Además, los datos obtenidos indican que se tuvieron más extracciones que aportaciones de agua en la presa "El Bosque" a partir del 19 de septiembre de 2009.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



Con base a un recorrido realizado a lo largo del canal "Tuxpan", se puede concluir lo siguiente:

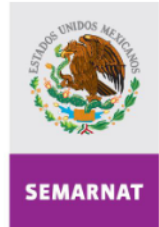
- Es muy probable que la principal causa de una diferencia de gasto entre la entrada y la salida del canal "Tuxpan" sean las extracciones de agua para el riego; al respecto, se tienen 12 tomas granjas a lo largo del canal.
- Para poder cuantificar mejor estas extracciones de agua, la mejor alternativa es aforar directamente sobre el canal, con un equipo PD (es decir, un Perfilador Doppler).



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ISO 748: 1997 (E). Measurement of liquid flow in open channels - Velocity-area methods. *International Standards Organization (ISO)*, Geneva.
- ISO 4373: 1995(E). Measurement of liquid flow in open channels - Water-level measuring devices. *International Organization for Standardization (ISO)*, Genève.
- ISO 9123:2001(E). Measurement of liquid flow in open channels – Stage fall discharge relationships. *International Organization for Standardization (ISO)*, Genève.
- ISO 1100-1: 1996(E). Measurement of liquid flow in open channels, Part 1: Establishment and operation of a gauging station. *International Organization for Standardization (ISO)*, Genève.
- ISO 1100-2: 1998(E). Measurement of liquid flow in open channels, Part 2: Determination of the stage-discharge relation. *International Organization for Standardization (ISO)*, Genève.
- ISO/IEC Guide 98:1995. Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). *International Standards Organization (ISO)*, Geneva.
- ISO/TS 24154: 2005(E): Hydrometry - Measuring river velocity and discharge with acoustic Doppler profilers. *International Standards Organization (ISO)*, Genève.
- Morlock S.E., Nguyen H.T., Ross J.H. 2002. Feasibility of Acoustic Doppler Velocimeters for the production of discharge records from the U.S. Geological Survey streamflow-gaging stations. *USGS Water Resources Investigation Report 01-4157*. USGS (ed.).
- Mueller D.S., Abad J.D., Garcia C.M., Gartner J.W., Garcia M.H., Oberg K.A. 2007. Errors in Acoustic Doppler Profiler Velocity Measurements Caused by Flow Disturbance. *J. Hydraul. Engineering* **133** (12): 1411-1420.
- Mueller D.S., Wagner C.R. 2009. Measuring Discharge with Acoustic Doppler Current Profilers from a Moving Boat. In: "U.S. Geological Survey Techniques and Methods" (Book 3, Chapter 22, Section A). USGS (ed.)
- Oberg K.A., Mueller D.S. 2007. Validation of streamflow measurements made with Acoustic Doppler Current Profilers. *J. Hydraulic Engineering* **133** (12): 1421-1432.



**IMTA**  
Instituto Mexicano de  
Tecnología del Agua

DAR APOYO Y SUPERVISIÓN EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA MEDICIÓN EN  
INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA:  
OBRAS DE TOMA DE PRESAS DE  
ALMACENAMIENTO, POZOS  
AGRÍCOLAS Y CANALES DE LOS  
DISTRITOS DE RIEGO

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



- Oberg K.A., Morlock S.E., Caldwell W.S. 2005. Quality-Assurance Plan for Discharge Measurements Using Acoustic Doppler Current Profilers. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5183*, USGS (ed.)
- RDI. 2006. Index-velocity development for rapidly changing flows in an irrigation canal using broadband StreamPro ADCP and ChannelMaster horizontal ADCP. *RD Instruments* ([Fact sheet](#))
- Sloat J.V., Hull M. 2004. Computing discharge using the velocity-index method. *Sontek/YSI* ([Fact sheet](#)).
- Rehmel M.S., Stewart J.A., Morlock S.E. 2003. Tethered Acoustic Doppler Current Profiler platforms for measuring streamflow. *USGS Open-File Report 03-237*.