



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERIA
HIDRÁULICA – INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DEL CÍRCULO DE LA MEDICIÓN EFECTIVA EN LA HIDROMETRÍA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. DANIELA BRITO MONTIEL

TUTOR PRINCIPAL:
DR. EDMUNDO PEDROZA GONZÁLEZ
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

MEXICO D.F. FEBRERO 2018

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Dr. Arroyo Correa Víctor Manuel
SECRETARIO: Dr. García Villanueva Nahun Hamed
1er. Vocal: Dr. Pedroza González Edmundo
2do. Vocal: M.I. González Verdugo José A.
3er. Vocal: M. en C. Salgado Maldonado Gilberto

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

TUTOR DE TESIS

Dr. Pedroza González Edmundo

FIRMA



Dedicada con cariño a:

Dios

Mis padres:

Irma Montiel y Raúl Brito

A mi hija:

Tabata Azul Rosas Brito

A mi esposo:

Octavio Rosas

A mis abuelos:

Raúl Brito e Isaura Jaimes

A mis hermanos:

Raúl Brito y Aldo Brito

Y a cada uno de mis familiares y amigos



Agradecimientos:

Al Instituto Mexicano de tecnología del agua, la universidad Nacional Autónoma de México y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la oportunidad que me brindaron al realizar esta maestría en hidráulica y el apoyo siempre obtenido por parte de ustedes.

A mi tutor el Dr. Edmundo Pedroza González, gracias por sus conocimientos que me transmitió durante la realización de esta tesis, por su dedicación y paciencia para guiarme y por todo el apoyo recibido de su parte.

A todos mis revisores de tesis, el Dr. Nahun Hamed García Villanueva, Dr. Víctor Manuel Arroyo Correa, M.I. José. A. González Verdugo y al M. en C. Gilberto Salgado Maldonado y a todos los doctores los cuales me transmitieron sus conocimientos a través de las clases tomadas a lo largo de esta maestría.



1. Antecedentes	11
1.1 El marco jurídico.....	11
1.2 Revisión a la medición en grandes presas	12
1.3 Revisión de la medición en pozos agrícolas.....	14
1.4 Programas de mejora en la medición en Conagua.....	15
1.5 El Círculo de la medición efectiva (CIME)	16
1.6 Identificación de las necesidades de administración del recurso	18
1.7 Requerimientos de la medición.	19
1.8 Análisis de la problemática relacionada	19
1.9 Selección del medidor y especificaciones de colocación	19
1.10 Suministro y colocación y puesta en operación	20
1.11 Recopilación y análisis de información.....	22
1.12 Satisfacción de las necesidades y requerimientos de medición.....	22
1.13 Funcionamiento continuo del CIME.....	22
1.13.1 Cambios en las necesidades de administración del recurso	23
1.13.2 Conclusión de la vida útil de los medidores.....	23
1.13.3 Mantenimiento periódico y reparaciones	23
2. Estado de conocimiento.....	25
3. Planteamiento del problema	27
4. Objetivo.....	28
5. Justificación	29
6. Metodología	30
7. Diseño de herramientas para la aplicación del CIME.....	31
7.1 Diseño de la encuesta del CIME	31
7.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa	34
7.3 Representación gráfica del círculo con el caso en estudio y resumen de la calificación.....	37
8. Aplicación del CIME a la medición de las extracciones en la presa “El Palmito” ...	37



8.1	Respuestas a la encuesta en la medición de la presa El Palmito.....	37
8.2	Evaluación cualitativa y cuantitativa de la medición en la presa El Palmito	51
8.3	Conclusión de la evaluación al CIME en la presa El Palmito	53
8.3.1	Representación gráfica del círculo con el caso en estudio.	53
9.	Aplicación del CIME a la macromedición en la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de la ciudad de Chihuahua.....	55
9.1	Respuestas a la encuesta del CIME en la macromedición.....	55
9.2	Evaluación cualitativa del CIME en la macromedición	58
9.3	Evaluación cuantitativa del CIME en la macromedición	59
9.4	Conclusión de la evaluación al CIME en la macromedición	61
10.	Aplicación del CIME en el DR Santo Domingo	63
10.1	Evaluación cualitativa del CIME en el DR Santo Domingo.....	67
10.2	Evaluación cuantitativa del CIME en el DR Santo Domingo	67
10.3	Conclusión de la evaluación al CIME en el DR Santo Domingo	70
11.	Aplicación del CIME en la Empresa para el control de la contaminación del agua, ECCACIV.....	72
11.1	Evaluación cualitativa del CIME en ECCACIV	75
11.2	Evaluación cuantitativa del CIME en ECCACIV	76
11.3	Conclusión de la evaluación al CIME en ECCACIV	78
12.	Recomendaciones por parte de ECCACIV	80
13.	Conclusiones generales	80
14.	Referencias.....	83
15.	Anexo 1. Información de la presa Lázaro Cárdenas “El Palmito”	85
15.1	Descripción de la presa.....	86
15.2	Información general.....	86
15.3	Datos hidrológicos.....	86
15.4	Características de almacenamiento	87
15.5	Obra de excedencias	87
15.6	Obra de toma	88
15.7	Operación.....	89
15.8	Observaciones generales:.....	90



15.9	Historia de los 70 años de la presa El Palmito	90
16.	Anexo 2. Información de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua.	95
17.	Anexo 3. Información del DR Santo Domingo	129
17.1	Información de los medidores colocados en el DR Santo Domingo.....	130
18.	Información de ECCACIV	146
18.1	Descripción del medidor de caudal de ECCACIV (Parshall)	151



Índice de figuras

Figura 1-1. Resultados de los aforos en presas	13
Figura 1-2 Esquema gráfico del Círculo de la medición efectiva (CIME), Pedroza E. (2016)	17
Figura 8-1. Sitio de medición de la extracción en la presa El Palmito	38
Figura 8-2 Información medidor	40
Figura 8-3 Información del Distrito de riego	40
Figura 8-4 Información del medidor presa Palmito tubo 2	41
Figura 8-5 Información de Distrito de riego	41
Figura 8-6. Croquis del funcionamiento del medidor ATT	42
Figura 8-7 Instalación del medidor ATT en tubo 1 de Presa Palmito	44
Figura 8-8 Colocación de sensores	45
Figura 8-9 Escotilla pasa hombres	45
Figura 8-10 Instalación de la pantalla “espejo”	46
Figura 8-11 Gráfica de gastos en presa Palmito tubo 1	47
Figura 8-12 Grafica de volumen en presa Palmito tubo 1	48
Figura 8-13. Volumen extraído con medición de molinete y ATT	49
Figura 8-14. Representación gráfica del CIME en la presa El Palmito	54
Figura 9-1 CIME en la macromedición.	62
Figura 10-1 Esquema gráfico del CIME en el DR Santo Domingo.	71
Figura 11-1 Visita técnica al ECCACIV	72
Figura 11-2 Esquema gráfico del CIME en ECCACIV	79
15-1. Croquis general de la presa El Palmito	85
Figura 16-1. Estructura orgánica de la JMAS Chihuahua	97
Figura 17-1. Clasificación simplificada de elementos primarios para medidores en conductos presurizados	132
Figura 17-2. Propelas	133
Figura 17-3. Turbina tipo Woltmann	133
Figura 17-4. Esquemas simplificados de transmisiones mecánica y magnética	134
Figura 17-5. Transmisión y otras partes de un medidor de propela (Cortesía de Medidores Azteca)	134
Figura 17-6 . Transmisión y otras partes de un medidor de propela Sparling.	134
Figura 17-7. Registros mecánicos	135
Figura 17-8. Registro electrónico	135
Figura 17-9. Medidores de turbina, FMT-Dorot y Arad.	136
Figura 17-10. Despiece de un medidor de turbina en carrete Arad.	136
Figura 17-11. Diferentes tipos de sujeción en medidores de propela.	137



Figura 17-12. Flujo paralelo.....	138
Figura 17-13. Funcionamiento correcto y funcionamiento incorrecto de un medidor. .	139
Figura 17-14. Cuello de ganso cuando para asegurar el tubo lleno en la sección del medidor.....	139
Figura 17-15. Accesorios de un tren con descarga libre y medidor de propela o turbina	140
Figura 17-16. Accesorios de un tren con descarga presurizada y medidor de propela	141
Figura 39 Croquis ECCACIV	149
Figura 18-2 Nomenclatura de las partes del aforador parshall	153



Índice de tablas

Tabla 1-1. Resultados de la medición en pozos agrícolas en 2001	15
Tabla 7-1. Evaluación cualitativa del CIME	34
Tabla 7-2. Requerimientos de medición	35
Tabla 7-3. Problemática relacionada	35
Tabla 7-4. Selección y especificaciones de colocación	36
Tabla 7-5. Suministro, colocación y puesta en operación.....	36
Tabla 7-6. Funcionamiento continuo del CIME	36
Tabla 8-1 Componentes del sistema de medición ATT	42
Tabla 8-2. Resultados de la medición entre molinete y ATT en El Palmito	49
Tabla 8-3. Tabla de evaluación cualitativa del CIME en la presa El Palmito	51
Tabla 8-4. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos de medición en la presa El Palmito	51
Tabla 8-5. Evaluación del análisis de la problemática relacionada en la presa El Palmito	51
Tabla 8-6. Evaluación de la selección y suministro de equipo en la presa El Palmito ...	52
Tabla 8-7. Evaluación de la colocación, puesta en operación y recopilación de información en la presa El Palmito	52
Tabla 8-8. Evaluación del funcionamiento continuo del CIME en la presa El Palmito ...	52
Tabla 8-9. Resumen de evaluación cuantitativa y cualitativa en el CIME de la presa El Palmito.....	53
Tabla 9-1. Tabla de evaluación cualitativa del CIME en JMAS	59
Tabla 9-2. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos de medición en la macromedición	59
Tabla 9-3. Evaluación del análisis de la problemática relacionada en la macromedición	60
Tabla 9-4. Evaluación de la selección y suministro de equipo en la macromedición.....	60
Tabla 9-5. Evaluación de la colocación, puesta en operación y recopilación de información en la macromedición	61
Tabla 9-6. Evaluación del funcionamiento continuo del CIME en la macromedición.....	61
Tabla 9-7. Resumen de evaluación cuantitativa y cualitativa en el CIME de la macromedición	62
Tabla 10-1 Resultado de un lote aprobado.....	65
Tabla 10-2. Tabla de evaluación cualitativa del CIME en el DR Santo Domingo	67



Tabla10-3. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos de medición en el DR Santo Domingo.....	68
Tabla 10-4. Evaluación del análisis de la problemática relacionada en el DR Santo Domingo.....	68
Tabla10-5. Evaluación de la selección y suministro de equipo en el DR Santo Domingo.....	69
Tabla 10-6. Evaluación de la colocación, puesta en operación y recopilación de información en el DR Santo Domingo.....	69
Tabla 10-7. Evaluación del funcionamiento continuo del CIME en el DR Santo Domingo.....	70
Tabla 10-8. Resumen de evaluación cuantitativa y cualitativa en el CIME del DR Santo Domingo.....	70
Tabla 11-1. Tabla de evaluación cualitativa del CIME en ECCACIV.....	75
Tabla 11-2. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos de medición en ECCACIV.....	76
Tabla 11-3. Evaluación del análisis de la problemática relacionada en la macromedición.....	76
Tabla 11-4. Evaluación de la selección y suministro de equipo en ECCACIV.....	77
Tabla 11-5. Evaluación de la colocación, puesta en operación y recopilación de información en ECCACIV.....	77
Tabla 11-6. Evaluación del funcionamiento continuo del CIME en ECCACIV.....	78
Tabla 11-7. Resumen de evaluación cuantitativa y cualitativa en el CIME de ECCACIV.....	78
Tabla 13-1. Resumen de las evaluaciones en los casos de estudio.....	80
Tabla 16-1. Cobertura de los servicios públicos en la ciudad de Chihuahua (fuente: Enciclopedia de los municipios de México, Chihuahua, 2007).....	95
Tabla 16-2. Incorporación de nuevas fuentes de suministro de agua potable a la ciudad de Chihuahua (fuente: JMAS).....	96
Tabla 16-3. Empleados en la JMAS.....	99
Tabla 17-1. Errores y pérdida de carga para diferentes medidores.....	137
Tabla 18-1 Medidas estándar de los aforadores Parshall.....	154



1. Antecedentes

1.1 El marco jurídico

La medición del agua es tan importante, más allá de las razones obvias, que los actos de medir, los derechos y responsabilidades relacionados con el tema, están asentados en la *Ley de Aguas Nacionales*. Dicha ley se publicó por primera vez en diciembre de 1992 y la modificación más reciente se realizó en 2016. Por ejemplo, en el artículo 7, fracción III, se declara como figura jurídica de *utilidad pública* a la medición del agua. Ello quiere decir que la medición es un acto que beneficia a la generalidad de la sociedad o a una comunidad, por encima de cualquier interés particular o privado y al tener esta característica, el estado se atribuye la responsabilidad y el derecho de velar por todo lo relacionado con la medición. Por otro lado, el artículo 29 es el que se refiere mayormente a la medición; en la fracción II se indica que los concesionarios deben “Instalar dentro de los cuarenta y cinco días siguientes a la recepción del título respectivo por parte del interesado, los medidores de agua respectivos o los demás dispositivos o procedimientos de medición directa o indirecta que señalen las disposiciones legales y reglamentarias aplicables, así como las Normas Oficiales Mexicanas”; en la fracción III dichos concesionarios deben “Conservar y mantener en buen estado de operación los medidores u otros dispositivos de medición del volumen de agua explotada, usada o aprovechada”. En la fracción VIII se indica entre otras cosas que el concesionario debe “...permitir la lectura y verificación del funcionamiento y precisión de los medidores...”. Incluso en el capítulo II del Título Décimo se mencionan diversas infracciones y sanciones administrativas; en cuanto a la medición en el artículo 129 se indica que la “La Autoridad del Agua sancionará conforme a lo previsto por esta Ley, las siguientes faltas:” y entre dichas faltas en la fracción VII se menciona que se sancionará el “No instalar, no conservar, no reparar o no sustituir, los dispositivos necesarios para el registro o medición de la cantidad y calidad de las aguas, en los términos que establece esta Ley, sus reglamentos y demás disposiciones aplicables, o modificar o alterar las instalaciones y equipos para medir los volúmenes de agua explotados, usados o aprovechados, sin permiso correspondiente, incluyendo aquellos que en ejercicio de sus facultades hubiere instalado la Autoridad del Agua;”. También se sancionará a los concesionarios que no entreguen los datos de medición (fracción XI). Las sanciones pueden ir los 200 hasta los 20 mil salarios mínimos en función de la fracción que se violente.



1.2 Revisión a la medición en grandes presas

Con base en esta Ley de Aguas Nacionales, la Comisión Nacional del Agua, Conagua, realiza acciones relacionadas con la medición a través las siguientes subdirecciones: (a) la Subdirección General de Administración del Agua, a través de la medición verifica el cumplimiento de volúmenes asignados en las concesiones; (b) la Subdirección General Técnica vigila los escurrimientos en los ríos con fines de protección y (c) la Subdirección de Infraestructura Hidroagrícola mide en los distritos de riego para controlar las cantidades de agua asignadas a los usuarios.

De acuerdo al marco jurídico anterior, en el año de 1996 se inició, por parte de la Conagua, una campaña de aforos en diez presas del estado de Sinaloa. Esta campaña pretendía revisar la calidad de los aforos que se llevaban a cabo. Los resultados fueron significativos, en algunos casos se tuvieron diferencias de hasta un 100% (Patiño et al, 1996).

Al año siguiente se realizó un proyecto en el que se hicieron propuestas de medición que fueran más versátiles y adecuadas que las actuales. El proyecto contempló, además de las presas del estado de Sinaloa, presas de los estados de Sonora, Chihuahua y Durango. Las propuestas pretendían fundamentalmente elevar la calidad de los aforos y tener un registro volumétrico de las extracciones. Esto implicaba el uso de equipos modernos capaces de llevar a cabo las dos tareas.

Para el año de 1998 y 1999 (Pedroza y Patiño, 1998, 1999) se repitió el proyecto pero involucrando dos componentes; es decir, se realizaron aforos y se hicieron propuestas de sistemas alternativos de aforo. Además se extendió la cobertura del proyecto a los estados de Michoacán, Guanajuato, Puebla y Durango. En estos estados se trabajó con veinte presas. Diez de las cuales correspondían al proyecto de 1997, pero en las que no se había realizado la revisión de los aforos. En estas presas solamente se hizo el aforo; y en las diez restantes, se aforó y también se propusieron sistemas alternativos de aforo. Los resultados de las comparaciones se muestran en la figura 1.

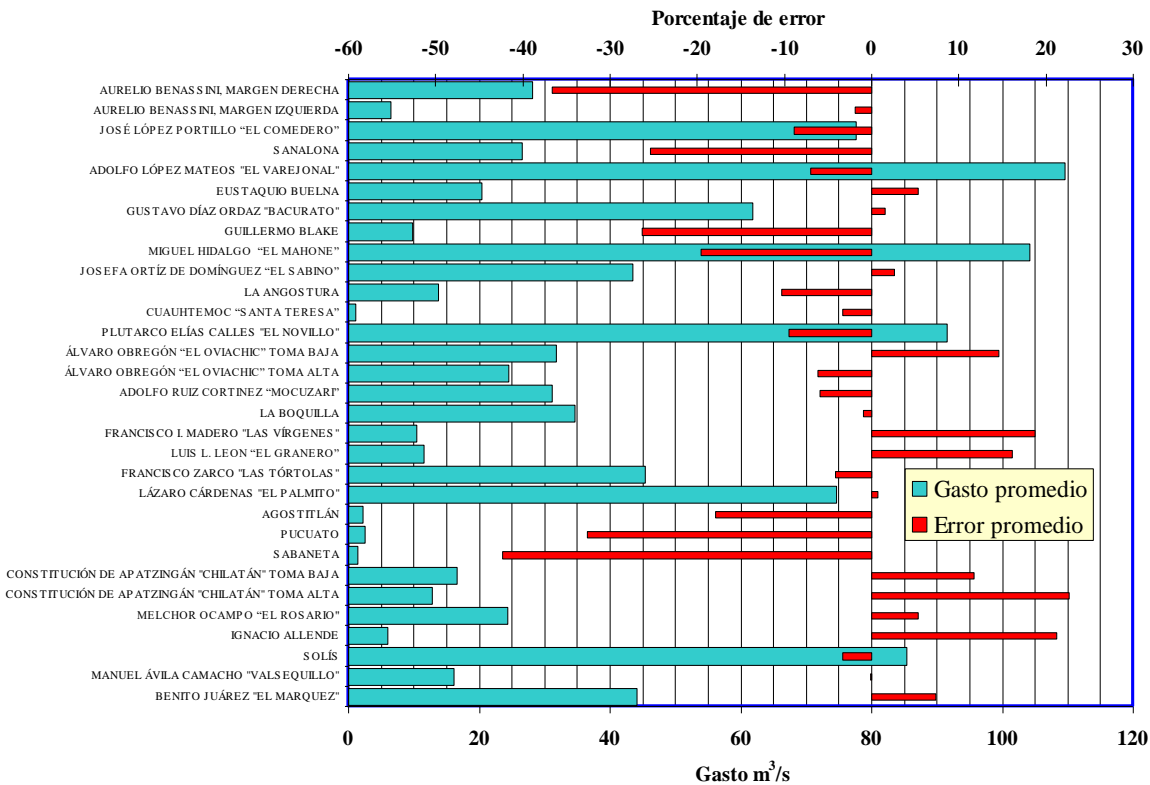


Figura 1-1. Resultados de los aforos en presas

En función de lo observado en los proyectos de 1996, 1997, 1998 y 1999 (Patiño et al, 1996; Pedroza y Patiño 1997, 1998, 1999) es posible afirmar que en la construcción de las presas, desde el diseño, no se considera explícitamente la consideración de que se debe aforar para saber la cantidad de agua extraída. Es claro que se diseña la obra de toma atendiendo a consideraciones de tipo hidráulico. El resultado se plasma en planos ejecutivos con los que es posible construir la obra civil, además se observa el tipo de estructura de regulación como son las compuertas y válvulas y todos los detalles necesarios. Pero no se pone en dichos planos nada relacionado con los aforos.

Otro problema es la calidad de las gráficas y tablas con que se operan válvulas ya que son producto de ecuaciones que consideran múltiples hipótesis simplificadoras en su planteamiento -la más usada es la fórmula del orificio- y cuyo resultado no es necesariamente cierto en cuanto que necesitaría de la calibración para un mejor conocimiento de los valores de los coeficientes involucrados. De esta manera, los operadores de las válvulas y compuertas colocan gastos erróneos en los conductos. Este caso es el menos grave ya que existen presas en las que no se tiene el más mínimo apoyo teórico o empírico para determinar el valor del gasto extraído. Y peor aún



son aquellas presas en las que no se tiene facilidad de aforar con otro medio, como puede ser el molinete, por causas de tipo técnico o administrativo.

Aún en aquellos casos en los que se tiene toda la infraestructura de aforo y el personal necesario, se requiere conocer el gasto antes de aforar, ya que se afora posteriormente, para saber si se está extrayendo el gasto correcto, no para proporcionarlo. Por ejemplo, supóngase que se tiene una presa que cuenta con tubería de extracción con válvulas en la salida. Se solicita al personal de operación de dicha presa un gasto de 10 m³/s. El personal procede a poner dicho gasto por medio de las vueltas que debe dar la manivela de la válvula y el nivel del agua en la presa (esto se hace normalmente de acuerdo a la experiencia), se deja pasar un tiempo necesario para el establecimiento del gasto en la zona de aforo y se afora para saber si realmente está pasando el gasto solicitado, Si se tiene suerte se está cerca y si no, que es la mayoría de los casos, se necesita corregir el gasto extraído por medio de maniobras en la válvula. Pero como no se tiene una curva de calibración, el proceso se puede volver largo o finalmente no se proporciona el gasto solicitado, sino el que más se acerca. Es claro, pues, que la calidad de la medición en los aforos, dista mucho de ser siquiera regular en la mayoría de los casos analizados, con sus excelentes y contadas excepciones; y esto repercute en todo el proceso de riego, mermando cualquier intento de mejora en la administración general del recurso.

1.3 Revisión de la medición en pozos agrícolas

En el año 2001 se revisó el estado de la medición en pozos agrícolas (Pedroza et al, 2001). Para la ejecución de este estudio se recopiló la información de cada pozos por medio de formatos diseñados especialmente para este fin, y posteriormente, dicha información se almacenó en una base de datos en la que se apoyó el análisis y la propuesta de mejora. El producto entregado, por el Instituto al cliente, fue un análisis de 4316 pozos, distribuidos en 28 Distritos de Riego. Los resultados generales del diagnóstico y selección son: porcentaje de pozos en los que se afora, con rigor técnico, 35.5%. Pozos con medidor 63.7%, la tercera parte de éstos no funcionan y en ningún caso el medidor está bien colocado. Ante esta situación, se recomendaron medidores para el 75.8% de los pozos, de los cuales el 63.4% son de propela y el resto electromagnéticos. Los resultados en detalle se presentan en la tabla siguiente. Como puede verse, en ningún caso se tiene la combinación de medidor funcionando y bien colocado. A saber, para que un medidor colocado en un conducto presurizado, entregue resultados confiables debe cubrir dos requisitos: funcionamiento a tubo lleno y tener los tramos rectos aguas arriba y aguas abajo, mínimos; esto es 5 diámetros de longitud recta aguas arriba del medidor y 3 aguas abajo. Ningún medidor funcionando cumplía con los dos requisitos. Era notoria la necesidad de mejorar la medición.



Tabla 1-1. Resultados de la medición en pozos agrícolas en 2001

Distrito de riego	Número de pozos analizados	Pozos con medidor funcionando y bien instalado	Pozos sin información	pozos en los que se afora	Pozos que tienen medidor	Pozos con medidor de propela	Pozos con medidor de placa de orificio
003 Tula Hgo.	11	0	0	3	9	1	8
005 Delicias Chih.	140	0	20	17	42	27	15
008 Meztitlán Hgo.	3	0	0	1	3	0	3
009 Valle de Juárez	110	0	2	3	33	33	0
010 Cul. Humaya Sin.	57	0	14	25	34	25	9
011 Alto Río Lerma Gto.	181	0	12	118	136	135	1
014 Río Colorado BCN	347	0	11	261	254	209	45
023 S. Juan del Río Qro.	52	0	1	13	27	27	0
037 Altar Pitiquito Son	793	0	47	58	490	489	1
038 Río Mayo Son.	34	0	5	21	27	25	2
041 Río Yaqui Son.	138	0	0	86	75	31	44
042 Buenaventura Chih.	80	0	1	7	32	30	2
045 Tuxpan Mich.	20	0	0	0	1	1	0
048 Ticul Yuc.	183	0	1	45	78	78	0
051 C. Hermosillo Son.	499	0	40	145	421	419	1
052 Estado de Durango	42	0	2	9	16	16	0
063 Guasave Sin	35	0	3	0	19	19	0
066 Sto. Domingo BCS	709	0	26	503	655	649	6
074 Mocerito Sin	25	0	6	11	19	19	0
075 Río Fuerte Sin.	74	0	1	0	0	0	0
083 Papigochic Chih.	5	0	0	0	0	0	0
084 V. de Guaymas Son.	159	0	19	51	103	99	4
085 La Begoña Gto.	21	0	3	10	5	5	0
087 R. Mezquite Mich	118	0	7	30	65	59	6
089 El Carmen Chih.	216	0	16	32	28	28	0
100 Alfajayucan Hgo.	6	0	0	0	6	0	6
104 Ometepepec Gro	34	0	0	12	22	22	0
109 Río San Lorenzo Sin.	27	0	1	0	23	23	0
Totales	4119	0	238	1461	2623	2469	153
Porcentajes	100	0.0	5.8	35.5	63.7	94.2	5.8

1.4 Programas de mejora en la medición en Conagua

Con base en el estado de la medición en presas y pozos hidroagrícolas, la Conagua inició un ambicioso programa de mejoramiento de la medición en presas y pozos



agrícolas. Esto como resultado de la revisión de la calidad de la medición en ambos sectores, incluso el programa se amplió a los canales de riego ya sin realizar revisiones a la medición. Se supuso, correctamente, que la calidad de la medición en canales de riego tendría oportunidades de mejora de la misma manera que en los casos de las presas y los pozos hidroagrícolas.

1.5 El Círculo de la medición efectiva (CIME)

Por otro lado, en el caso de los pozos agrícolas, las autoridades de la Conagua encargadas de la mejora de la medición, indicaban enfáticamente la intención de mejorar la medición, diferenciando dicha mejora de la simple compra de medidores.

Con esta idea en mente se comenzó a reflexionar sobre el asunto: la medición del agua no es un fin en sí mismo. La medición del agua es una de varias herramientas para lograr fines superiores. Dichos fines superiores se mencionan en todos los asuntos relacionados con el cuidado y buen uso del agua. Con la administración del agua como recurso finito; y no existe otra manera de administrar que a través de la medición.

Es así que la importancia de la medición está estrechamente relacionada con la importancia de los fines que se persiguen al realizarla. Se ha dicho en innumerables ocasiones que el agua es un recurso que se debe cuidar. No se debe extraer más agua del subsuelo que la que entre por recarga de lluvia, ¿cómo se sabe si ya se rebasó la extracción permitida? ¿Cómo se sabe si se está descargando más cantidad de agua residual a un cuerpo de agua que la que éste puede recibir y mantenerse dentro de los límites permisibles de contaminación? ¿Cómo se puede saber si se está extrayendo la cantidad correcta de agua en una presa de tal manera de llegar al próximo ciclo de lluvias con una cantidad adecuada dentro del vaso de la presa? La respuesta en todas las preguntas es la misma: midiendo.

Y así se pueden mencionar otros ejemplos. El agua de uso doméstico se cobra de acuerdo a la medición. El agua se reparte en los canales de riego apoyándose en los datos obtenidos por medición. En resumen, la medición del agua es importante en la medida que lo son los objetivos que se persiguen al hacerlo; y estos objetivos bien pueden situarse en aspectos relacionados con la calidad de vida y sobrevivencia de las especies vivas del planeta. La importancia de la medición, es, pues, un asunto en pro de la vida.

Pero, además de medir se debe medir de manera adecuada o aceptable o eficiente. La pregunta que surgió entonces fue: ¿qué se debe entender entonces como “mejora de la



medición”? Varias respuestas surgieron, por ejemplo: mejorar la medición podría expresarse como la realización y el logro de proyectos de medición exitosos; pero la duda prevalecía en la definición de “proyecto exitoso”.

De esta manera se empezó a madurar la idea de que una mejora en la medición debería incluir varios y diversos aspectos inclusive ajenos al ámbito exclusivo de la medición desde un punto de vista estrictamente técnico. El resultado fue lo que hemos denominado “El CIME” (CIME, en lo subsecuente). Se trata precisamente de un círculo porque se tiene un inicio y a él se debe regresar si se quiere ser efectivo. Utilizamos aquí la acepción del término “efectivo” descrita en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española en su edición de 1992, la cual indica que lo “efectivo” significa algo que es real y verdadero, en oposición a lo dudoso o nominal.

Es importante acotar el alcance de esta propuesta. Se trata de la medición de agua y más específicamente del gasto volumétrico o flujo volumétrico. No se duda que la propuesta del CIME, puede aplicarse a la medición incluso de otras magnitudes; sin embargo en este libro Pedroza E. (2016), *Medición de flujo volumétrico en presas, canales y pozos*, solamente se habla de la medición de agua por medio de la estimación del gasto volumétrico o en todo caso de volúmenes de agua. El esquema básico del Círculo de la Medición Efectiva se presenta en la figura siguiente.

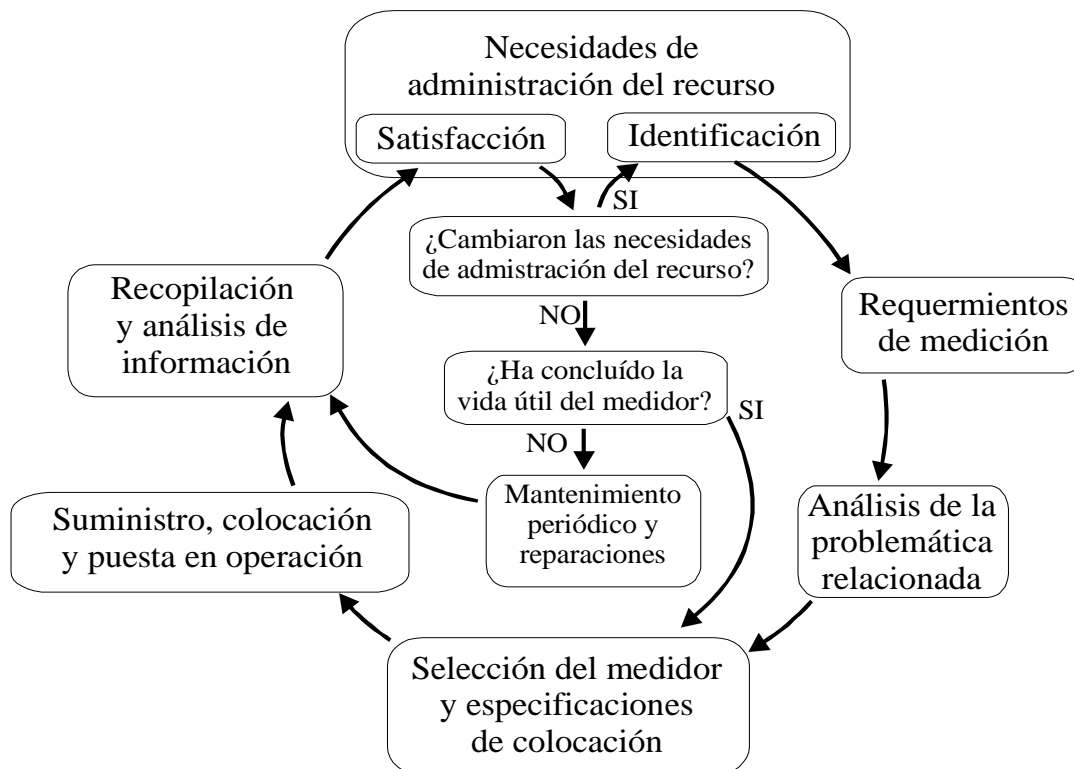


Figura 1-2 Esquema gráfico del Círculo de la medición efectiva (CIME), Pedroza E. (2016)



1.6 Identificación de las necesidades de administración del recurso

En general los objetivos que se persiguen al medir tienen relación con el uso eficiente del agua y ello conduce a cuestiones legales, económicas y de sustentabilidad de las fuentes de abastecimiento, entre otras. El análisis de cada uno de estos aspectos conducirá a la detección clara de las necesidades de la administración del agua. No se debe confundir: la medición no es el primer paso del círculo, la medición surge como consecuencia de una necesidad relacionada con el uso eficiente del agua y este es el inicio del ciclo. La primera pregunta que debe hacerse, siempre, es ¿Se está haciendo algo de tipo administrativo, de control, de manejo, de uso eficiente o algo parecido a la anterior con el agua, que requiera su medición? En caso afirmativo, y solamente en ese caso, se debe pasar inmediatamente a la pregunta: ¿para qué? O en todo caso ¿porqué? E inclusive volver a preguntar ¿es necesario medir?

Obsérvese que se evitó, con toda intención, hacer inicialmente la pregunta ¿Para qué medir? O ¿Por qué medir? Ello por hacer énfasis en que la medición debe surgir como una pretendida satisfacción a una necesidad de manejo ordenado de la administración del agua; y solamente después de que se contestó afirmativamente a la necesidad de medición se hace la pregunta de ¿Por qué? Y ¿Para qué?

Parece obvio que el sentido común no requeriría hacer este tipo de preguntas; sin embargo se insiste en tomarlas en cuenta porque es de fundamental importancia el total esclarecimiento de la necesidad que da pie a la medición. Solamente así, la medición se hará de tal manera que intente la satisfacción de dicha necesidad. La ausencia o insuficiencia de claridad en la identificación de la necesidad, pondrá en grave riesgo la eficacia de la medición, inclusive podrá conducir a la falta de ella.

La medición tiene como objetivo inmediato medir, ello lo logra a través de dispositivos, técnicas y métodos; pero se mide con intenciones ajenas a la misma medición. La medición tiene objetivos que no le son propios pero que le atañen en cuanto que ayuda a cumplirlos. Pedroza E. (2016), *Medición de flujo volumétrico en presas, canales y pozos*, se refiere a la medición de gasto volumétrico, en presas de almacenamiento y de generación, así como en canales de conducción para agua de riego y en la medición de las extracciones de pozos profundos, preponderantemente agrícolas. Cada tipo de medición tiene sus propios objetivos, algunos serán comunes, otros serán diferentes. La identificación de la necesidad de medición con todo detalle dará la pauta de los caminos a seguir. Si las necesidades de medición y de sus requerimientos no son definidos con suficiente claridad, es lógico que no se medirá bien, en el sentido de que los resultados de la medición poco o nada se relacionarán con la intención del porqué de la medición.



1.7 Requerimientos de la medición.

Requerimientos que surgirán naturalmente una vez que se sabe para qué medir. Es probable que esto sea más sencillo, se debe tener la respuesta a preguntas tal cómo:

- ¿Qué tolerancia se debe aceptar?
- ¿Qué rango de gastos se va a medir?
- ¿Qué resolución se requiere?
- ¿Se requiere metrología legal?
- ¿Se requiere la información escrita o en archivos?
- ¿Con qué frecuencia se requiere la información?
- ¿Es suficiente con tener la información junto al medidor o se requiere enviar a oficinas?

Estas preguntas son únicamente ejemplos, otras muchas podrán surgir. Mientras más preguntas se tengan y obviamente su consecuente respuesta, será más conveniente.

1.8 Análisis de la problemática relacionada

En la mayoría de los casos se tienen problemas relacionados no directamente con la medición sino con la forma de llevarla a la práctica. En las presas de almacenamiento y generación se tiene comúnmente la problemática de que no se tiene sitios idóneos para realizar una medición de calidad. En los canales de riego es frecuente la problemática de vandalismo; en los pozos agrícolas no se tienen trenes de descarga lo suficientemente grandes para respetar los tramos rectos necesarios para los medidores. En otras ocasiones, tanto en presas como en canales y pozos, el agua tiene muchos sólidos en suspensión, o en pozos el agua en ocasiones es caliente; o por otro lado, las velocidades son muy altas o muy bajas o no se tienen patrones o perfiles de velocidad adecuados. Es así que en la mayoría de los casos se tendrá una problemática adicional relacionada que se debe analizar detalladamente para evitar el uso de medidores que fallarán, no por alguna característica propia del medidor, sino por las condiciones y características del sitio de colocación.

1.9 Selección del medidor y especificaciones de colocación

Encontrar la mejor coincidencia entre los requerimientos de medición, la problemática relacionada y la oferta, se convierte en la esencia de esta etapa. Los requerimientos de medición imponen cierta calidad en el acto de medir para cumplir con dichos requerimientos. Un dispositivo de medición deberá contar con atributos tales que cumpla con los requerimientos y que supere la problemática relacionada. Se podría



decir que para cumplir con los requerimientos debemos hacer una medición de calidad; o bien, que una medición de calidad implica el cumplimiento cabal de los requerimientos. En esta etapa se debe revisar la oferta de dispositivos y técnicas que se tienen y que cumplen o cubren los requerimientos, para tener una medición de calidad.

Cada uno de los problemas encontrados para llevar a cabo una medición de calidad debe solventarse por medio de la adecuada selección de los mencionados dispositivos, técnicas y sitios de medición. Esto redundará en la identificación del tipo, marca, modelo e inclusive precio de los medidores, de sus componentes y accesorios. Se debe decidir, por ejemplo y entre otros muchos aspectos, si el medidor será de efecto doppler o tiempo de travesía; o si se colocará dentro de los tubos o canales o bien fuera de ellos. Se decide si se debe construir una caseta especial, si la unidad electrónica se colocará junto a las válvulas, en la casa de máquinas o en el cuarto de control. Se define si se usarán taquetes expansivos o químicos; el tipo de protección, la forma de colocar los sensores o transductores. En el caso de pozos agrícolas se sabe ahora si el medidor será de turbina, propela o electromagnético.

Es común que el resultado de esta etapa sea un proyecto formal de tipo ejecutivo o informativo que contenga planos, croquis, catálogos, análisis de costos, especificaciones y todo el detalle necesario para que los medidores, sistemas y conjuntos de medición queden instalados adecuadamente.

También debe incluirse en los proyectos y su documentación, aspectos de tipo informativo para la capacitación del personal que operará los medidores y instrucciones de mantenimiento.

1.10 Suministro y colocación y puesta en operación

Se pasa ahora al tiempo de procurar el suministro, por medio de la compra de los medidores e insumos, al cuidado de recibir lo que se solicitó, a la atención de la garantía de calidad en los medidores y sus componentes. Es el momento de solicitar certificados y pruebas de calibraciones y cumplimiento de estándares normalizados. Una buena herramienta en esta etapa es el uso de los conceptos y argumentos de la Metrología.

Ya que se tienen los medidores y sus componentes, se debe poner gran atención y especial cuidado a la correcta colocación de cada una de las partes de los medidores. Un medidor de buena calidad no medirá bien si no se coloca correctamente. Es por ello



imprescindible la supervisión atenta y continua de la colocación de cada uno de todos los componentes de los medidores, de acuerdo a los planos y recomendaciones de colocación.

Otra acción es importante en esta etapa, se trata de la verificación del correcto funcionamiento de los medidores. Recuérdese nuevamente cada uno de los requerimientos de medición reconocidos en la primera parte del círculo. Si se requiere que la medición se entregue en m^3/s o en l/s se debe revisar dicho aspecto; o si se pidió que se entreguen los datos de gasto y volumen, el medidor debe ser capaz de hacerlo; o por ejemplo se debe observar que el medidor funcione para velocidades altas o bajas. De esta manera se cumple con el funcionamiento correcto del medidor y sus componentes.

Para saber si un medidor mide correctamente, se compara con otro medidor de referencia. Este medidor de referencia deberá tener la particularidad de la confianza en el error que se comete al medir con él. Las recomendaciones hechas por personal del CENAM, dicen que dicho medidor de referencia deberá tener una incertidumbre de al menos una cuarta parte del medidor que se quiere corroborar. Si por ejemplo, queremos verificar que un medidor ultrasónico mide correctamente deberemos hacerlo con un medidor de referencia que tenga una cuarta parte de incertidumbre que el ultrasónico, es decir ¡de 0.01 % de error! Ya que el ultrasónico presume de una incertidumbre de 0.5%. Además se deberá demostrar la confianza que se tenga en que el medidor de referencia tenga esa incertidumbre, es decir, se requiere de metrología legal.

Esto es en teoría, la práctica resulta diferente, en la gran mayoría de los casos, no queda más remedio que comparar un ultrasónico con un molinete o con un vertedor, porque algo mejor no se puede hacer. Téngase mucho cuidado y sentido común al realizar comparaciones de gastos.

Una actividad muy importante en esta parte es la capacitación del personal que estará directamente encargado de la operación o vigilancia de los medidores, inclusive al personal que esté relacionado aunque no sea directamente. Se debe tener especial cuidado en qué y cómo se debe enseñar a los responsables. En ocasiones no se debe dar toda la información para evitar acceso riesgoso a partes de los conjuntos o sistemas de medición por parte de personal sin capacitación especializada. Todos los documentos deberán ser claros y en idioma español. Cuando el personal que ha sido capacitado se retire, se debe cuidar de dar la misma capacitación al nuevo personal que ingrese. De cualquier manera, no se debe olvidar que ningún medidor ni maquinaria o instrumentación tiene un funcionamiento autónomo al grado de no requerir la presencia de personas que lo revisen y vigilen su funcionamiento.



1.11 Recopilación y análisis de información

Con la experiencia que se ha logrado en el grupo de medición del IMTA, se puede afirmar que las etapas anteriores son difíciles, y superar todos los obstáculos encontrados requiere de tiempo, dedicación, voluntad y recursos económicos. Pero si ya se ha llegado a esta etapa, no se desperdicie su éxito. Se han conocido casos en los que todo se ha logrado, la medición se realiza con confianza y el sistema permanece trabajando todo el tiempo requerido. Pero la información o no se recolecta o no se usa y el círculo se rompe aquí.

En esta etapa es necesario observar nuevamente los requerimientos de medición porque ellos serán el vehículo para satisfacer las necesidades de la administración del recurso. Es decir, ya se determinó, por ejemplo, que se requiere la información cada tres meses y se diseñó un formato para ir apuntando la información, y dicha información se usará para satisfacer la necesidad de administración del recurso. La información debe llegar a donde se requiera, a la persona adecuada y en la presentación correcta. Esta etapa se completará de esta manera si se cumple con lo indicado, si ello no ocurre, se habrá tenido un error de planeación o diseño en las etapas iniciales o el medidor o sistema de medición o alguno de sus componentes y desempeño no realizan su labor adecuadamente, debido a que no seleccionó un medidor adecuado.

1.12 Satisfacción de las necesidades y requerimientos de medición

Si todas las actividades del círculo se han realizado adecuadamente se estará en posibilidades de cerrar el círculo. Como se aprecia en la figura 1, la satisfacción y la identificación de las necesidades de administración forman partes separadas de una misma situación, de hecho es exactamente lo mismo, simplemente que una parte es la necesidad y otra el satisfactor de dicha necesidad. El círculo se cerrará solamente si se lleva a cabo la acción concreta por la que se generó la necesidad de medir. Si el dato se requiera para fines de cobro, dicho dato debe llegar a las oficinas de cobranza y solamente cuando el pago se realice se habrá cerrado el círculo, de otra manera no se puede considerar que se ha tenido éxito.

1.13 Funcionamiento continuo del CIME

Tampoco puede considerarse una medición efectiva si el círculo se “cierra” una sola vez. Como puede observarse en la Figura 2. 1, se tiene un ciclo más pequeño que debe también seguirse. Este círculo más pequeño es el que debe realizarse permanentemente. Se debe revisar lo siguiente.



1.13.1 Cambios en las necesidades de administración del recurso

Es posible que después de un tiempo de funcionamiento ininterrumpido, mismo que debiera ser más bien largo, las necesidades de administración de recurso tengan modificaciones. Puede ser que la misma actividad de administración –cobro, control de la explotación, calidad del agua, etcétera- haya logrado un equilibrio o una mejora en alguna situación crítica o grave de la disponibilidad del recurso y las necesidades de administración se vean de alguna manera menos rígidas o estrictas y pueda llevarse una administración más relajada. O bien, puede ser lo contrario, las medidas llevadas a cabo no han logrado la intención o el objetivo superior de la administración del recurso. En este caso, como lo indica el esquema de la figura 1, será menester revisar las nuevas necesidades de administración y dejarlos nuevamente bien claros para que las subsecuentes partes del círculo tengan facilidad para llevarse a cabo. Se debe revisar nuevamente si también se genera una problemática relacionada diferente a la que ya se había detectado. Es posible también en función de lo anterior, que se deba cambiar o modificar el dispositivo, el método o el principio de medición; o bien alguna de las partes del medidor a de alguno de los componentes del conjunto o sistema de medición.

1.13.2 Conclusión de la vida útil de los medidores

Si el medidor o alguna de las partes del conjunto o sistema de medición, concluye su vida útil se deberá considerar su reemplazo y colocar un medidor de características similares ya que no han cambiado las necesidades de administración del recurso. Si el medidor sigue funcionando y las necesidades no han cambiado, entonces se debe continuar operando el medidor, recopilando la información y analizándola para cumplir ininterrumpidamente con el CIME.

1.13.3 Mantenimiento periódico y reparaciones

La acción de mantenimiento implica definitivamente, evitar al máximo las reparaciones y alargar el tiempo en el cual el medidor tendrá un desempeño aceptable. Los medidores y todos sus componentes son materiales que se degradan, que se gastan o *intemperizan*. El mantenimiento es imprescindible y desafortunadamente no se realiza como debe ser. La frecuencia del mantenimiento no la da el proveedor, ni el fabricante. La frecuencia y tipo de mantenimiento la debe fijar el operador o encargado directo de los medidores. Él debe inspeccionar cada parte y cada componente y detectar desgastes, frotamientos, calentamientos y proceder a corregirlos antes de que dicha parte o componente falle.



Es claro que el personal de operación debe tener la capacitación suficiente para realizar tales labores de revisión, detección y mantenimiento. Dicha capacitación debe darse en el momento de la instalación de los medidores y sus componentes. Como ya se ha indicado.

Es altamente provechoso considerar esta metodología al momento de realizar el proyecto. De esta manera se asegurará que la calidad de la medición y sus resultados serán los mejores, asegurando que cada etapa y cada diseño o decisión sean de la mayor utilidad.

Así mismo, resulta interesante averiguar la efectividad de proyectos de medición ya realizados, ya sean redes de medidores o bien sistemas de medición. Ello para evaluar la pertinencia de la colocación de los medidores, el cuidado que se haya tenido en cada una de las etapas o bien, el grado de cumplimiento o incumplimiento de las necesidades que generaron la acción de medir. Este segundo caso, es el tema de la tesis actual.



2. Estado de conocimiento

Se realizó una exhaustiva búsqueda en el estado del arte, en el cual se trató de encontrar información la cual tratara sobre la capacitación de la medición en la hidráulica o alguna metodología que tuviera relación con este tema, a continuación se mencionan los artículos encontrados.

En el libro Métodos de Medición de Gasto el autor indica lo siguiente (Ochoa, 2000):

Ante esta situación y a la dificultad que representa el uso de los diferentes aparatos de aforo, la CNA y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, han elaborado esta serie de documentos autodidácticos, para que el personal técnico de dicha dependencia se capacite en el manejo de las técnicas existentes de medición de gasto, así como en el manejo de equipos y en los procedimientos de adquisición y análisis de datos.

La serie autodidáctica está enfocada a las prácticas operativas y equipos medidores que cotidianamente utiliza la CNA en sus actividades de verificación de los equipos de medición instalados en los aprovechamientos de los usuarios del agua y muestra las técnicas modernas sobre: a) inspección de sitios donde se explota el agua nacional; b) verificación de medidores de gasto instalados en las diversas fuentes de suministro o descarga de agua; c) procedimientos y especificaciones de instalación de equipos; d) realización de aforos comparativos con los reportados por los usuarios; e) cuidados, calibración y mantenimiento de los aparatos.

En general, cada documento de la serie está compuesto por dos partes: a) un documento escrito, que describe los principios de operación de un medidor particular, cómo se instala físicamente, qué pruebas de precisión se requieren, cómo se hace el registro e interpretación de lecturas y procesamiento de información, de qué manera hay que efectuar el mantenimiento básico, cuáles son sus ventajas y desventajas, y que proveedores existen en el mercado; b) un disco compacto, CD, elaborado en el paquete "Power Point de Microsoft", construido con hipervínculos, diagramas, fotografías, ilustraciones, según lo requiera cada tema.

Con estos serie de documentos se pretende agilizar el proceso de capacitación a los técnicos que realizan dichas actividades de medición."

También se encontró un artículo relacionado con los problemas del manejo del agua en los distritos de riego (Saenz et al. 2002). Se cita textualmente parte del artículo:

Se puede afirmar que el manejo del agua para el riego en México es deficiente. - El manejo de las presas, cuya tendencia es la utilización de la máxima cantidad de agua posible, tiene un considerable costo, ya que el valor producido por el agua que se extrae en volúmenes mayores que la disponibilidad media de las cuencas, es mínimo, comparado con el que podría producir, si ese volumen se guardara para épocas de escasez. Como ejemplo, se presenta la falta de agua en la Región Lagunera, donde, a pesar de existir dos decretos presidenciales que señalan que no debe de extraerse



más de 1050 millones de m³ anuales, en los últimos 10 años las extracciones medias han rebasado considerablemente dicho volumen y la gran capacidad de regulación de sus dos presas no se ha utilizado de manera adecuada, Las pérdidas de agua durante la conducción, en los módulos y distritos de riego, son considerables; aunque dichas pérdidas son significativamente menores en distritos de riego que no colindan con el mar, debido a que el agua perdida que escurre puede usarse aguas abajo en otro sistema de riego, o bien, recargar los acuíferos. De las regiones costeras, una gran parte de esta agua se pierde en el mar. Parte estas pérdidas se debe a un manejo deficiente del agua en las redes de distribución, en lo cual influye la falta de una mayor capacitación del personal operativo. Es recomendable que se incremente la capacitación del personal de los módulos en aspectos específicos sobre el manejo del agua y que se establezcan sistemas de medición para mejorar el control del agua en las redes. - La eficiencia en el uso del agua durante su aplicación a escala de parcela por los usuarios es baja, debido principalmente a que no hay incentivos para que lleven a cabo acciones que permitan mejorar dicha eficiencia. La dotación volumétrica puede ser una forma de fomentar el uso más eficiente del agua, aunque no ha podido establecerse, debido al poco apoyo gubernamental y a la falta de un mejor conocimiento, por parte de los usuarios, sobre el costo del uso ineficiente del recurso agua.

Se revisaron más trabajos y publicaciones, pero no se encontró alguno que tratara el tema de la evaluación de la calidad de la medición del flujo volumétrico.



3. Planteamiento del problema

El problema de investigación es la inexistencia de herramientas que sirvan para la calificación del logro de los motivos por los que se realiza el acto de medir; incluso, la inexistencia de la necesidad de calificar dicho acto de medición. Por lo tanto tampoco se califican cada una de las etapas y acciones involucradas en los proyectos y en la realización de tales proyectos. De tal manera que si el logro de los requerimientos motivo de la medición, se cumple, no se tiene idea concreta de las razones para tener esa impresión. Si sucede lo contrario, es decir, que no se cumplan las expectativas de medición, tampoco se tiene conocimiento de qué parte del proceso no se realizó adecuadamente. Tales son los justificantes para realizar la presente tesis.



4. Objetivo

Con el trabajo de tesis se pretende evaluar la factibilidad y utilidad de la propuesta denominada “Círculo de la medición efectiva”.

Los objetivos particulares son:

- Contar con herramientas prácticas para la aplicación de la propuesta.
- Evaluar el grado de cumplimiento de la satisfacción de las necesidades de medición.
- Calificar la calidad de la medición en cuatro estudios de caso.



5. Justificación

Por lo general, los proyectos de medición en gran escala, como los programas de mejoramiento de la medición en Conagua, son complejos y de costo elevado. Se considera conveniente saber el grado de cumplimiento de los objetivos que generan la medición. Como se ha demostrado, no existen propuestas ni aplicaciones con las que se pretenda tal objetivo, al menos en la hidrometría. Es así que resulta conveniente aplicar la propuesta del CIME y calificar su factibilidad al mismo tiempo que se mejoran las acciones y los medios para la consecución de la evaluación.



6. Metodología

Se diseñarán herramientas para la aplicación del CIME, recordando que la propuesta ya está hecha, Pedroza E. (2016), *Medición de flujo volumétrico en presas, canales y pozos*. pero ahora se busca realizar herramientas que ayuden a evaluar la eficacia del círculo.

Para lograr el objetivo se deben de seguir los siguientes pasos:

- a) Diseño y aplicación de una encuesta. Se considera que la herramienta más adecuada para contar con información de campo, son las encuestas; así que será necesario contar con dichas encuestas y para ello es necesario diseñarlas.
- b) Evaluación cualitativa y cuantitativa. Para calificar cualquier cosa, es necesario tener elementos para hacerlo. Una de las acciones más comunes, es el uso de indicadores, y de estos se tiene los cualitativos y los cuantitativos. Se considera la posibilidad de contar con ambos dado que algunos aspectos podrían presentar dificultad para la asignación de números.
- c) Esquemas gráficos específicos del CIME. La propuesta del CIME se basa en una representación gráfica (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) será muy útil que las diferentes etapas, de cada caso específico, se vean reflejadas en dicha representación gráfica.
- d) Selección de casos de estudio. La aplicación de la propuesta requiere de casos de estudio, se seleccionarán algunos que sean diferentes en el tipo de medición que se realiza. De esta manera se podrá observar la bondad o la dificultad de la aplicación de la propuesta a diversos casos de estudio.



7. Diseño de herramientas para la aplicación del CIME

En lo subsecuente se mostrará el detalle de cada una de las actividades de la metodología anteriormente presentada.

7.1 Diseño de la encuesta del CIME

Se comenzó realizando una encuesta en la cual se tuvieron aspectos básicos y necesarios para la obtención de información como lo es la necesidad de administración de recurso por mencionar alguna. Se realizaron además varias preguntas hasta obtener la encuesta final.

La encuesta es resultado de preguntas surgidas de cada etapa del CIME. Se puede escribir lo que las personas vayan contestando o se puede grabar la conversación y después seleccionar la información más relevante. También es recomendable recolectar información adicional como planos, croquis esquemas, manuales de usuario y toda la información potencialmente útil. Las siguientes pueden ser las preguntas de la encuesta, pero se pueden ampliar o modificar.

Título: Encuesta para la aplicación del CIME

Instrucciones: Conteste las preguntas siguientes o mencione lo que se solicita.

A. Identificación de las necesidades de administración del recurso que originaron la medición

Describa el tipo de necesidad que generó la medición. Puede ser alguna o varias necesidades de las que se enlistan a continuación. Si tiene otras necesidades, menciónelas y explique brevemente.

- Legal
- Económico
- Sustentabilidad
- Uso eficiente
- Otro (definir)

B. Requerimientos de medición



- ¿Qué tolerancia se debe aceptar?
- ¿Qué rango se va a medir?
- ¿Qué resolución se requiere?
- ¿Se requiere metrología legal?
- ¿Se requiere la información escrita o en archivos?
- ¿Con qué frecuencia se requiere la información?
- ¿Es suficiente con tener la información junto al medidor o se requiere enviar a oficinas?
- ¿Qué unidades son más convenientes?

C. Análisis de la problemática relacionada

Mencione la problemática que se tuvo en el sitio de colocación. Puede seleccionar alguna de las problemáticas enlistadas en seguida, o puede mencionar otras.

- Inexistencia de sitios idóneos para colocación de instrumentos
- Dificil acceso
- Condiciones inadecuadas para colocar los componentes
- Temperatura inadecuada
- Sólidos en suspensión
- Insuficiencia de tramos rectos
- Velocidad muy alta o muy baja
- Complejidad en su operación (explicar)
- Vandalismo
- Otro (definir)

D. Selección del medidor o sistema de medición y especificaciones de colocación

Describa el medidor seleccionado e indique lo siguiente:

- Tipo
- Marca
- Modelo.

Explique su funcionamiento y describa completamente sus componentes

Describa la forma o manera de colocar el medidor.

- ¿Quién colocó el medidor y sus componentes?
- ¿Se tuvo proyecto ejecutivo?



- ¿Se respetó alguna norma o estándar?
- ¿Fue necesario calibrar el medidor?

Si tiene manuales de operación, esquemas, planos, explicaciones, croquis, catálogos, análisis de costos o cualquier material relacionado ¿podría proporcionar una copia?

E. Suministro, colocación y puesta en operación

- ¿Se tuvo algún proceso de licitación para el suministro?
- ¿Se solicitó algún certificado de calidad (por ejemplo ISO)?
- ¿Se solicitaron certificados de calibración?

Describa lo más detalladamente el proceso de colocación

- ¿Se realizaron procesos de verificación del buen funcionamiento del medidor y de sus componentes?
- ¿Se compararon los resultados con algún medidor?
- ¿Qué resultados se tuvieron?
- ¿Se capacitó personal para la operación y mantenimiento del medidor

F. Recopilación y análisis de información

- ¿Se recopila la información de acuerdo a como se determinó al inicio?
- ¿Se realiza algún tipo de análisis a la información? (en caso afirmativo, describir)

G. Satisfacción de las necesidades y requerimientos de medición

¿Se considera que se cubren satisfactoriamente las necesidades que originaron la medición? (Explique las razones de cualquier respuesta)

H. Cambios en las necesidades de administración del recurso

¿Han cambiado las necesidades que originaron la medición?

En caso afirmativo, explique dichos cambios e indique si se vieron afectadas la demás etapas del círculo



I. Conclusión de la vida útil de los medidores

¿Ha concluido la vida útil del medidor?

En caso afirmativo indique si se ha cambiado e indique si se siguen cubriendo los requerimientos de medición

J. Mantenimiento periódico y reparaciones

¿Se da mantenimiento al medidor?

En caso afirmativo, indique quién realiza los mantenimientos

¿Se ha descompuesto?

En caso afirmativo describa las fallas y su correspondiente reparación.

7.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa

En cualquier evaluación es conveniente contar con indicadores que eviten o minimicen la subjetividad de la evaluación. En el caso del CIME se proponen dos tipos de evaluación, una cualitativa y la otra cuantitativa. La evaluación cualitativa se aplica únicamente a la calificación que se otorga al grado de satisfacción de la necesidad que generó la medición y podrá ser una de las siguientes: (a) totalmente; (b) parcialmente; (c) mínimamente y (d) no se cumplió. Para otorgar una calificación se deberá comparar el texto que describe el intento de satisfacción de la necesidad con el texto de la necesidad que genera la medición y analizando ambos se deberá emitir un juicio. Se puede utilizar la Tabla 7-1. En el caso de estudio se ejemplifica lo anterior.

Tabla 7-1. Evaluación cualitativa del CIME

Descripción de la necesidad de medición	Descripción del resultado de la medición
Calificación del grado de satisfacción de la necesidad de medición: () Totalmente () Parcialmente () Mínimamente	



() No se cumplió

El resultado de la evaluación cualitativa indica si con el proyecto de medición, el sistema de medición o el medidor, se logró satisfacer la necesidad de medición de manera total, o si se cumplió parcialmente o mínimamente, o si en definitiva, no se cumplió. En cualquiera de las calificaciones, es interesante saber en qué parte del CIME se tuvo un desempeño adecuado y en cual no, si es el caso. Con esta reflexión se propuso una evaluación cuantitativa de cada parte del CIME. Dicha evaluación cuantitativa se remite nuevamente a las preguntas y respuestas de la encuesta y al cumplimiento de los requisitos o las expectativas. Para realizar la evaluación se utilizan las tablas siguientes. Se advierte que las tablas no tienen la información tal como se hace en la encuesta. Algunas cosas se cambian y otras se modifican, todo ello para lograr mayor objetividad y homogeneidad en la evaluación. Sin embargo se puso cuidado a que cada aspecto está considerado en las preguntas de la encuesta.

Tabla 7-2. Requerimientos de medición

Aspecto	Requerimiento	Solución	Puntuación
Error de medición máximo aceptable			
Rango de gastos a medir			
Frecuencia de medición			
Lugar de presentación de los datos			
Unidades de medición			
Otro(s) (Definir)			
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto. Por ejemplo, si el error máximo aceptable es 10% y el medidor tiene un error de 2%, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (<i>PO</i>)		
	Puntos máximo a obtener (<i>PM</i>)		
	Calificación ($C=PO/PM$)		

Tabla 7-3. Problemática relacionada

Problema	Respuesta (SÍ/NO)	Solución	Puntuación
Acceso complicado al sitio de colocación del medidor			
Condiciones inadecuadas para colocar los medidores			
Temperatura inadecuada			
Problemas de sólidos en suspensión			
Velocidad muy alta o muy baja			
Vandalismo			
Otro(s) (Definir)			
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto. Por ejemplo, si hay vandalismo y se ponen protecciones, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (<i>PO</i>)		
	Puntos máximo a obtener (<i>PM</i>)		
	Calificación ($C=PO/PM$)		



Tabla 7-4. Selección y especificaciones de colocación

Aspecto	Respuesta (SI/NO)	Puntuación
Selección del tipo de medidor y sus componentes por parte de expertos		
Existencia de proyecto ejecutivo o similar		
Respeto de norma, estándar o similar		
Licitación para el suministro		
Certificados de calidad tipo ISO o similar		
Certificados o pruebas de calibración		
Otro(s) (Definir)		
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto y la negativa cero. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)	
	Puntos máximo a obtener (PM)	
	Calificación (C=PO/PM)	

Tabla 7-5. Suministro, colocación y puesta en operación

Aspecto	Respuesta (SI/NO)	Puntuación
Colocación del medidor y sus componentes por parte de expertos		
Verificación de correcto funcionamiento de medidor y sus componentes		
Resultados aceptables en comparación con otro medidor		
Capacitación a personal de operación		
Otro(s) (Definir)		
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto y la negativa cero. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)	
	Puntos máximo a obtener (PM)	
	Calificación (C=PO/PM)	

Tabla 7-6. Funcionamiento continuo del CIME

Aspecto	Respuesta (SI/NO)	Puntuación
Modificaciones al CIME en caso de cambio de necesidades que originaron la medición		
Cambio del medidor en el caso de conclusión de su vida útil		
Mantenimiento preventivo al medidor y sus componentes		
Reparación del medidor y sus componentes en caso de falla		
Otro(s) (Definir)		
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto y la negativa cero. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)	
	Puntos máximo a obtener (PM)	
	Calificación (C=PO/PM)	



7.3 Representación gráfica del círculo con el caso en estudio y resumen de la calificación.

Es muy conveniente modificar el esquema gráfico del CIME, Figura 1-2, indicando en cada componente la manera en que se cubrió el requisito o cómo se cumplió con la expectativa en cada caso. En el caso del estudio siguiente se muestra un ejemplo Figura 8-14.

8. Aplicación del CIME a la medición de las extracciones en la presa “El Palmito”

Las presas “Lázaro Cárdenas” y “Francisco Zarco”, se ubican en el centro y norte del país. Con objeto de mejorar el balance hidráulico entre ambas presas, se instalaron aforadores ultrasónicos de tiempo de travesía y de efecto doppler en las obras de toma de las presas y en el río de interconexión entre ellas. En la presa “Lázaro Cárdenas”, se instaló un sistema de aforo consistente en un par de sensores ultrasónicos de tiempo de travesía en cada uno de sus tres túneles. En el río “Nazas”, que comunica ambas presas, se instalaron dos aforadores ultrasónicos, el primero del tipo doppler horizontal y el segundo del tipo “tiempo de tránsito”,¹ ambos con medidores redundantes de nivel y gasto. En la salida de la presa Francisco Zarco se instaló un aforador doppler vertical en el fondo del río, aguas abajo de la obra de toma y también se incluyó un medidor redundante de nivel y gasto.

8.1 Respuestas a la encuesta en la medición de la presa El Palmito

A. Identificación de las necesidades de administración del recurso que originaron la medición

Describa el requerimiento o necesidad específica

En este caso desde hacía varios años se tenía la impresión de que el agua se “perdía” entre la presa El Palmito y la presa Zarco, aguas abajo sobre el río Nazas. Incluso se acusaba a las autoridades del Distrito de Riego de malos manejos. Las extracciones se medían con molinete en condiciones inadecuadas, como se puede ver en la figura 8-1

¹ Se colocaron dos sistemas de medición, con funcionamiento independiente: un aforador de tiempo de tránsito y un medidor ultrasónico de nivel. Con los datos del primero, se calibró el segundo, lográndose así la redundancia en la medición.



Figura 8-1. Sitio de medición de la extracción en la presa El Palmito

B. Requerimientos de medición

Anteriormente para obtener la medición del gasto se media con un molinete el cual realizaba dicha medición una vez al día y las variaciones intermedias de caudal no se detectaban. Por lo tanto en este punto los requerimientos de la medición surgen naturalmente una vez que se identifica para que queremos medir, esto quiere decir que se necesitaba medir el gasto para descubrir en donde quedaba o se perdía el agua antes de llegar a la presa Francisco Zarco, y se llegó a la conclusión que se requería una medición permanente ya que el molinete se usaba solo una vez al día. Para esto se tuvieron que contestar las siguientes preguntas para poder obtener el medidor adecuado para este caso en específico. se le pidió a Víctor Mejía y al Dr. Edmundo Pedroza Gonzáles ambos trabajadores del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

- *¿Qué error de medición se debe utilizar?* Un error de medición del 2%
- *¿Qué rango se va a medir?* 65 a 105 m³/s
- *¿Qué resolución se requiere?* (para este caso, en que los gastos son muy grandes, la pregunta resulta inútil, todos los medidores tienen resolución adecuada) Un litro por segundo
- *¿Se requiere metrología legal?* (la pregunta tampoco resulta muy provechosa, porque en general la gente no sabe que es metrología) No
- *¿Se requiere la información escrita o en archivos?* La información se requiere en archivos



- ¿Con que frecuencia se requiere la información? Permanente
- ¿Es suficiente con tener información junto al medidor o se requiere enviar a oficinas? Enviar a oficinas
- ¿Qué unidades son más convenientes? Basándose en metrología mexicana m^3/s el gasto y el almacenamiento en millones de m^3

C. Análisis de la problemática relacionada

La parte que interesa para este caso es la obra de toma, consta de tres túneles de sección circular, de 6.00 m de diámetro, revestidos con concreto simple; tienen longitudes diferentes de 561, 592 y 621 m. En la parte media de los túneles, se colaron tapones de concreto simple de 17.94 m de longitud. En ellos se empotraron tres líneas de tubería de acero, de 3.708 m (146") de diámetro y de 15.84 m de longitud. En esta parte se colocaron sendas válvulas de operación de tipo mariposa de 2.18 m (86") de diámetro.

El único sitio con las características hidráulicas adecuadas fue el interior de los túneles. Pero se requería vaciarlos y entrar por unas escotillas. Se resolvió toda la logística: trabajo en obscuridad y con agua en la base del tubo; fuente de electricidad muy alejada y además permisos de las autoridades competentes en oficinas centrales de la ciudad de México, para el ingreso a los túneles.

D. Selección del medidor o sistema de medición y especificaciones de colocación

Se decidió usar un par de sensores ultrasónicos de tiempo de travesía, una pantalla de operación junto a las válvulas y una pantalla espejo en la entrada de la galería principal, la alimentación de energía fue a base de paneles fotovoltaicos con su correspondiente protección eléctrica. Se tomó en cuenta que se debe tener el espacio suficiente y las condiciones adecuadas para su colocación.

Tipo, modelo, marca

Se cuentan con dos medidores ATT (*Acoustic Transit Time*) y cada uno está colocado en los respectivos tubos de palmito, para obtener la información se consultó de la página oficial de Conagua



Tubo 1:



Figura 8-2 Información medidor

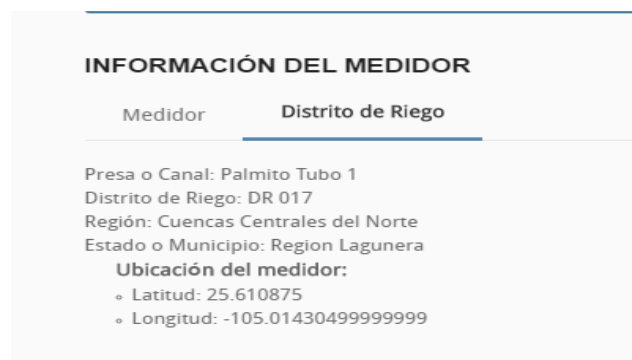


Figura 8-3 Información del Distrito de riego

Tubo 2:



Figura 8-4 Información del medidor presa Palmito tubo 2



Figura 8-5 Información de Distrito de riego

Explicación de su funcionamiento

La medición del caudal con el método acústico de tiempo de travesía se basa en el efecto de la suma vectorial de la velocidad de propagación de una onda acústica (generalmente ultrasónica) y la velocidad del agua. Esto se logra por el envío de un pulso acústico que viaja hacia aguas arriba y un pulso hacia aguas abajo y mediante la medición de los tiempos de traslado de los pulsos en ambas dos direcciones, se obtiene el promedio de la velocidad axial del flujo en la trayectoria donde fueron emitidos los pulsos. En forma práctica, para determinar la velocidad axial media se recomienda aumentar el número de muestras para minimizar el *error aleatorio* o mejor conocido como *precisión*.

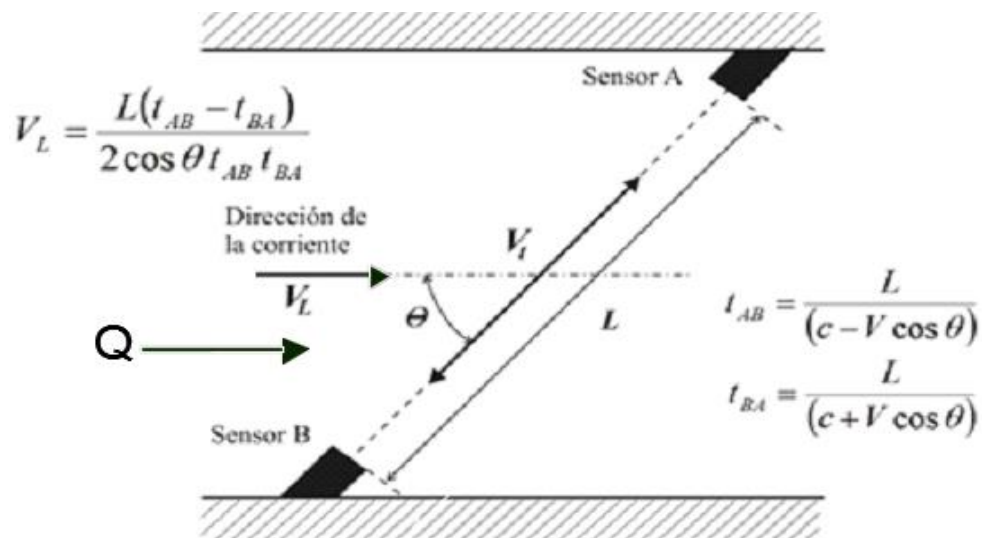


Figura 8-6. Croquis del funcionamiento del medidor ATT

Los componentes del sistema de medición ATT para tuberías se pueden ver en la tabla siguiente:

Tabla 8-1 Componentes del sistema de medición ATT

	Componente	Función	Elementos asignados al componente
1	Medidor	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener la información para poder estimar el gasto 	Sensores con sus sujetadores
2	Cableado	<ul style="list-style-type: none"> • Conducir la señal de los sensores a la unidad electrónica • Conducir la señal de la unidad electrónica a la pantalla y a la memoria no volátil 	Cables con sus conectores y conductos de protección
3	Unidad electrónica	<ul style="list-style-type: none"> • Recibir los datos enviados por el medidor, • Procesar los datos • Permitir la configuración del sistema por medio de un interrogador portátil • Transferir datos a la pantalla • Transferir datos a la memoria no volátil • Contar con un puerto de salida para telemetría 	Tarjeta(s) de electrónica con su caja, conectores y salidas de comunicación necesarias.
4	Pantalla	<ul style="list-style-type: none"> • Desplegar los datos enviados por la unidad electrónica. 	Pantalla con su caja.
5	Memoria no volátil	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenar los datos enviados por la unidad electrónica • Permitir la transferencia de los datos almacenados a un interrogador portátil 	Tarjeta(s) de electrónica con su caja, conectores y salidas de comunicación necesarias.
6	Unidad de telemetría	<ul style="list-style-type: none"> • Recibir los datos enviados por la unidad electrónica y enviarlos a una página Web. 	



	Componente	Función	Elementos asignados al componente
7	Alimentación eléctrica	<ul style="list-style-type: none">• Suministrar la energía necesaria para el funcionamiento adecuado de todos los componentes eléctricos y electrónicos del sistema.	Baterías, control de carga de las baterías, celda(s) solar(es), cables eléctricos, supresor de picos, fusibles con sus clemas, caja para alojar a las baterías, según sea el caso.
8	Gabinete	<ul style="list-style-type: none">• Alojar a todos los componentes del sistema de medición que no pueden quedar expuestos a la intemperie.• Alojar las baterías de la alimentación eléctrica	Caja(s) y rieles
9	Interrogador portátil	<ul style="list-style-type: none">• Configurar la unidad electrónica• Recuperar los datos de la memoria no volátil	

Descripción de la forma o manera de colocar el medidor

Los requerimientos mínimos del sitio de instalación de un ATT en una tubería son:

- El equipo debe estar instalado en un tramo recto de al menos diez veces el diámetro aguas arriba (siendo el mínimo) y aguas abajo por lo menos 5 , no debe haber en este tramo válvulas, mamparas o bridas;
- Se debe verificar la posibilidad de no tener flujo secundario (acción muy difícil de evaluar con una simple inspección);
- El sitio recomendable de instalación es seis veces el diámetro hacia aguas abajo y cuatro hacia aguas arriba,
- La sección transversal de la tubería no debe variar en 0.1% del diámetro medio en un tramo comprendido entre la sección de instalación del equipo y un diámetro hacia arriba y abajo.



Figura 8-7 Instalación del medidor ATT en tubo 1 de Presa Palmito

¿Quién colocó el medidor y sus componentes? (la pregunta correcta debe ser si existía capacidad suficiente en las personas que lo colocaron)

Para la colocación del equipo ATT se solicitó la ayuda de Víctor Mejía colaborador del IMTA en el laboratorio Enzo Levi; él se encargó de colocarlos en los túneles de la presa Francisco Zarco (Palmito) y su duración fue aproximadamente de dos meses.

¿Se tuvo proyecto ejecutivo?

Sí se tuvo proyecto ejecutivo

¿Se respetó alguna norma o estándar?

ISO 6416: 2004 (E) - Hydrometry –Measurement of discharge by the ultrasonic (acoustic) method.

IEC 60041: 1991- Field acceptance tests to determine the hydraulic performance

¿Fue necesario calibrar el medidor?

No es necesario calibrar y si fuera no habría donde hacerlo, debido a que las instituciones que cuentan con certificación para calibrarlo solo son dos una de ellas es el IMTA y solo tiene para calibrar tuberías de máximo 12 pulgadas y el CENAM que cuenta con un máximo de 4 pulgadas y las tuberías en las que se trabajó son mucho más grandes.

(Esquemas, planos, explicaciones, croquis, catálogos, análisis de costos)

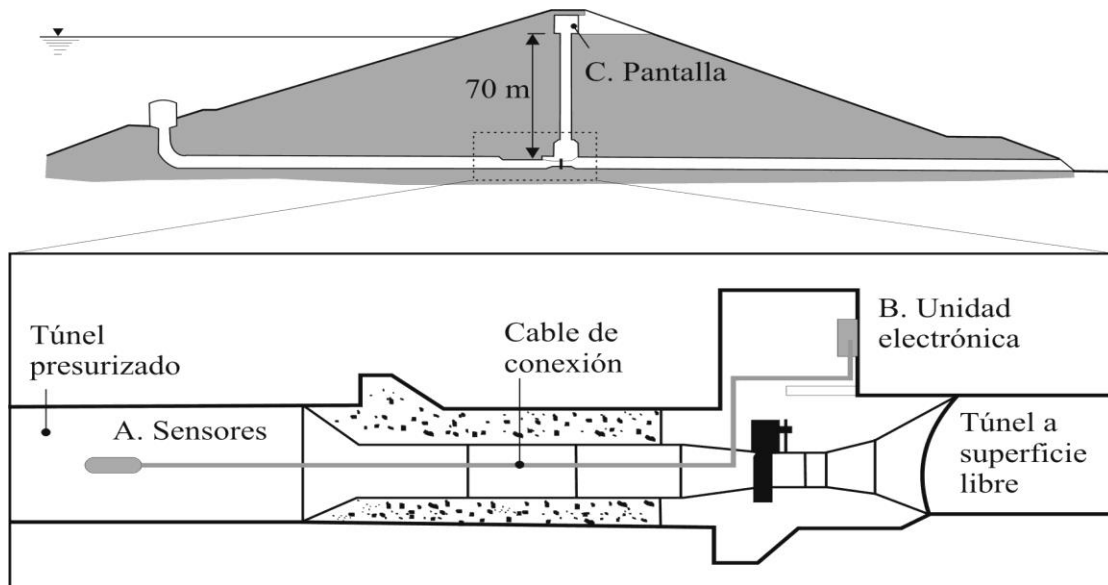


Figura 8-8 Colocación de sensores

Descripción del proceso de colocación

Para la colocación de los sensores fue necesario cerrar las compuertas de emergencia para poder acceder al túnel, posteriormente se tarda aproximadamente dos días en desfogar la tubería. En las cercanías de las válvulas de mariposa se tiene una “escotilla pasa hombre” por la que el personal técnico se introdujo al túnel.



Figura 8-9 Escotilla pasa hombres

Los sensores se anclaron a la pared primeramente con unos taquetes químicos “epóxicos” a los que se sujetó el soporte de los sensores. Una vez colocados en dichos



soportes, fue necesario alinearlos para que la señal ultrasónica emitida por un sensor sea correctamente recibida por el sensor contrario; a saber, el ultrasonido viaja en línea en un fenómeno parecido al de la luz de alta frecuencia que viaja como un rayo perfectamente alineado (un ejemplo de dicha luz son los “apuntadores laser”). Ello obliga a que los sensores estén alineados aceptablemente; dicho procedimiento se realizó con un dispositivo creado por el mismo personal del instituto. Una vez colocados los sensores se colocaron elementos de fijación también anclada a la pared del túnel y se llevó hasta la zona de las válvulas de mariposa, justo un poco antes de éstas se perforó la tubería y se colocó una válvula tipo “glándula”. En el interior del tubo de acero y de la mencionada válvula tipo glándula se insertó el cable de conexión entre los sensores y la unidad electrónica. La unidad electrónica se colocó en una galería que se encuentra justo encima de la válvula de mariposa.

A partir de la unidad electrónica, se colocó otro tubo por el que se conectó dicha unidad con una pantalla de respaldo ubicada en la entrada de la galería. Esto es muy útil porque el operador de la presa tendría que bajar hasta donde se encuentra la unidad electrónica, los sensores están colocados a más de 70 m de profundidad respecto de la corona de la cortina. Se tiene tanto un elevador, una escalera, pero en caso de falla del elevador, el descenso y ascenso por la escalera es sumamente agotador. Cerca de la pantalla de respaldo y ya en el exterior, se colocaron las fotoceldas y el módem satelital. Cabe mencionar que esta presa, dada su importancia y su lejanía de las oficinas centrales, está monitoreada vía satélite.



Figura 8-10 Instalación de la pantalla “espejo”

E. Suministro colocación y puesta en operación



¿Se realizaron procesos de verificación del buen funcionamiento del medidor y de sus componentes?

Una vez que se instalaron los medidores ATT se procedió a aforar aguas abajo con un dispositivo de medición doppler (flowtracker) y con el perfilador acústico tipo doppler (barquito) y se compararon los gastos.

¿Se compararon los resultados con algún medidor?

Se compararon los datos del gasto con los que arrojaron los medidores Flowtracker y el perfilador acústico tipo doppler.

¿Qué resultados se tuvieron?

Resultaron adecuados

¿Se capacitó personal para la operación y mantenimiento del medidor?

Se capacitó al colaborador del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Victor Mejía el cual hasta la fecha se ha encargado de darle el mantenimiento al medidor.

F. Recopilación y análisis de información

Se puede descargar la información a través de una página web de la CONAGUA <http://conagua.presas.mx/> que se encarga del monitoreo de presas en México.



Figura 8-11 Gráfica de gastos en presa Palmito tubo 1



Figura 8-12 Grafica de volumen en presa Palmito tubo 1

Actualmente no se cuentan con registros vía satélite, por lo que el monitoreo de los tubos en la presa se hacen directamente de la pantalla “espejo” del medidor ATT

¿Se recopila la información de acuerdo a como se determinó al inicio?

Si

¿Se realiza algún tipo de análisis a la información? (en caso afirmativo, describir)

Si

G. Satisfacción de las necesidades y requerimientos de medición

¿Se considera que se cubren satisfactoriamente las necesidades que originaron la medición? Explicar las razones de cualquier respuesta

Sí se cubren satisfactoriamente las necesidades debido que una de las intenciones para la colocación de los aforadores, fue la necesidad de mejorar la calidad de las mediciones de caudal, dado que cada periodo de riego se tenían pérdidas muy altas y dada su magnitud se tenía incertidumbre sobre la causa de dichas pérdidas, que estaban fuera de estimaciones razonables. En el año 2011 Se hizo un análisis con los datos del medidor ATT y con los datos del moliente, los resultados se observan en las siguientes figura y tabla.

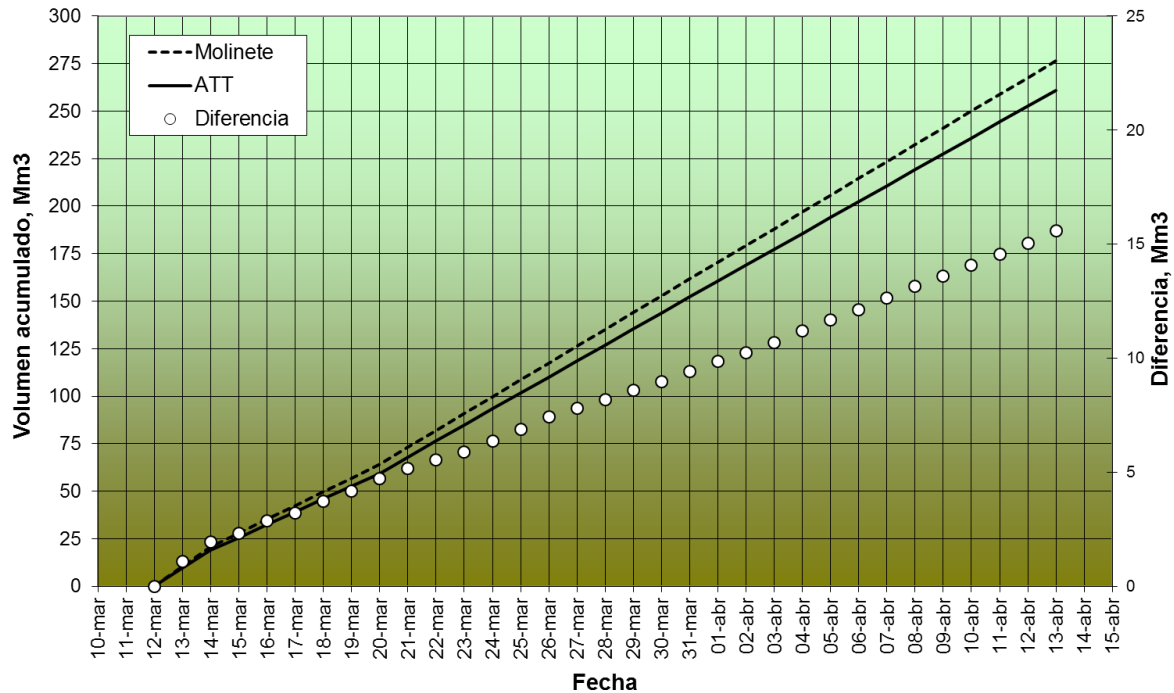


Figura 8-13. Volumen extraído con medición de molinete y ATT

Periodo	Volumen extraído Mm ³		Diferencia	
	Molinete	ATT	%	Mm ³
Marzo- abril	276.496	261.129	5.88	15.367
Mayo- junio	701.406	655.652	6.98	45.754
Total	977.902	916.781	6.67	61.121

Tabla 8-2. Resultados de la medición entre molinete y ATT en El Palmito

Como puede observarse el agua supuestamente perdida, no era tal. En realidad nunca había salido de la presa y todo se debía a una sobre estimación de la medición con molinete.

H. Cambios en las necesidades de administración del recurso

¿Han cambiado las necesidades que originaron la medición? En caso afirmativo, explique dichos cambios e indique si se vieron afectadas la demás etapas del círculo

No se han tenido cambios en la administración del recurso. Incluso se usa la información como la oficial para determinar el calendario de extracciones y por lo tanto



no se ve afectado el CIME, ya que se han cumplido hasta el momento cada una de las etapas.

I. Conclusión de la vida útil de los medidores

¿Ha concluido la vida útil del medidor?

En caso afirmativo indique si se ha cambiado e indique si se siguen cubriendo los requerimientos de medición

Los medidores han terminado su vida útil nominal, sin embargo siguen funcionando, aunque se estimó que deberían de tener 5 años de vida útil.

J. Mantenimiento periódico y reparaciones

Se han tenido interrupciones en la transmisión de la información, pero se sigue usando la información recopilada en las pantallas de la presa.

¿Se da mantenimiento al medidor? En caso afirmativo, indique quién realiza los mantenimientos

A la presa El Palmito se le da mantenimiento preventivo y correctivo cada año y las baterías que se utilizan en los medidores, tienen una vida útil de dos años por lo tanto se cambian constantemente aun cuando siguen sirviendo.

¿Se ha descompuesto? En caso afirmativo describa las fallas y su correspondiente reparación.

Se han tenido interrupciones en la transmisión de la información, pero se sigue usando la información recopilada en las pantallas de la presa, debido a que el sitio web al que se envía la información de la medición del gasto dejó de funcionar y ahora la recolección de datos se realiza en el sitio directamente.

En una ocasión cayó un rayo el cual emitió una descarga atmosférica y fundió todos los aparatos y se tuvo que parar la operación. En otra ocasión se paró la operación por que fallaron los conectores glándula en la tubería de PVC, ya que dejaron entrar agua a la tubería, y para que no se maltrate el sensor se detuvo la operación hasta que se volvieran a colocar dichos sensores.



8.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de la medición en la presa El Palmito

En seguida se aplican las tablas diseñadas para la evaluación; primeramente se aplica la tabla de evaluación cualitativa. Para su llenado se recurrió a la información de la encuesta.

Tabla 8-3. Tabla de evaluación cualitativa del CIME en la presa El Palmito

Descripción de la necesidad de medición	Descripción del resultado de la medición
Se tiene la impresión de que el agua se "pierde" entre la presa El Palmito y la presa Zarco.	El agua no se pierde. Las condiciones inadecuadas de la medición con molinete sobre estiman el gasto de extracción, el agua "perdida" en realidad nunca salió de la presa.
Calificación del grado de satisfacción de la necesidad de medición:	
<input checked="" type="checkbox"/> Totalmente <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Mínimamente <input type="checkbox"/> No se cumplió	

Se otorgó el cumplimiento total de la satisfacción del cumplimiento de las razones o motivos que generaron la medición en la presa El Palmito. En seguida se aplican las tablas de la evaluación cuantitativa del CIME en la presa El Palmito. De la misma manera que en la anterior evaluación cualitativa, se buscó la respuesta a las preguntas o el cuestionamiento en la información recabada o en la encuesta.

Tabla 8-4. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos de medición en la presa El Palmito

Aspecto	Requerimiento	Solución	Puntuación
Error de medición máximo aceptable	2%	0.5%	1
Rango de gastos a medir	65 a 105 m ³ /s		1
Frecuencia de medición	Permanente	Permanente	1
Lugar de presentación de los datos	En oficinas	Sitio web	1
Unidades de medición	m ³ /s	m ³ /s	1
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto y viceversa. Por ejemplo, si el error máximo aceptable es 10% y el medidor tiene un error de 2%, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)		5
	Puntos máximo a obtener (PM)		5
	Calificación (C=PO/PM)		1

Tabla 8-5. Evaluación del análisis de la problemática relacionada en la presa El Palmito

Problema	Respuesta (SÍ/NO)	Solución	Puntuación
Acceso complicado al sitio de colocación del medidor	Sí	Colocación de sensores en el interior de los tubos presurizados	1
Condiciones inadecuadas para	Sí	Uso de estrategias sofisticadas	1



colocar los medidores		de colocación	
Temperatura inadecuada	No	No aplica	
Problemas de sólidos en suspensión	No	No aplica	
Velocidad muy alta o muy baja	No	No aplica	
Vandalismo	No	No aplica	
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto y viceversa. Por ejemplo, si hay vandalismo y se ponen protecciones, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)		2
	Puntos máximo a obtener (PM)		2
	Calificación (C=PO/PM)		1

Tabla 8-6. Evaluación de la selección y suministro de equipo en la presa El Palmito

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación	
Selección del tipo de medidor y sus componentes por parte de expertos	Sí	1	
Existencia de proyecto ejecutivo o similar	Sí	1	
Respeto de norma, estándar o similar	SÍ	1	
Licitación para el suministro	No aplica		
Certificados de calidad tipo ISO o similar	No aplica		
Certificados o pruebas de calibración	No aplica		
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)		3
	Puntos máximo a obtener (PM)		3
	Calificación (C=PO/PM)		1

Tabla 8-7. Evaluación de la colocación, puesta en operación y recopilación de información en la presa El Palmito

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación	
Colocación del medidor y sus componentes por parte de expertos	Sí	1	
Verificación de correcto funcionamiento de medidor y sus componentes	Sí	1	
Resultados aceptables en comparación con otro medidor	No aplica		
Capacitación a personal de operación	Sí	1	
Recopilación de información de acuerdo al requerimiento	No	0	
Análisis de información	Sí	1	
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)		4
	Puntos máximo a obtener (PM)		5
	Calificación (C=PO/PM)		0.8

Tabla 8-8. Evaluación del funcionamiento continuo del CIME en la presa El Palmito

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación
Modificaciones al CIME en caso de cambio de necesidades que originaron la medición	No aplica	
Cambio del medidor en el caso de conclusión de su vida útil	no	0



Mantenimiento preventivo al medidor y sus componentes	sí	1
Reparación del medidor y sus componentes en caso de falla	si	1
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (<i>PO</i>)	2
	Puntos máximo a obtener (<i>PM</i>)	3
	Calificación ($C=PO/PM$)	0.67

8.3 Conclusión de la evaluación al CIME en la presa El Palmito

Cómo puede observarse en la Tabla 8-9, se satisface la necesidad que originó la medición. Pero no se tiene una calificación perfecta debido a que no se ha atendido el término de la vida útil del medidor y no se recopila la información como se planeaba dado que no se le da mantenimiento al sitio web. En lugar de esto, el personal de operación de la presa, lee la pantalla del medidor y reporta vía telefónica la información a oficinas; lo cual origina que no se cumpla la permanencia de la medición requerida inicialmente.

Tabla 8-9. Resumen de evaluación cuantitativa y cualitativa en el CIME de la presa El Palmito

Evaluación cualitativa	Grado de cumplimiento de la necesidad que originó la medición			
	Totalmente			
Evaluación cuantitativa	Aspecto evaluado	Puntos		Calificación
		Máximos	Obtenidos	
	Cumplimiento de los requerimientos de medición	5	5	1
	Análisis de la problemática relacionada	2	2	1
	Selección y suministro de equipo	3	3	1
	Colocación, puesta en operación y recopilación de información	5	4	0.8
	Funcionamiento continuo del CIME	3	2	0.67
Total		18	16	0.88

La unidad en la evaluación cuantitativa total indica el cumplimiento cabal de todas las partes del CIME, en la Tabla 8-9 se puede observar cómo se cumplen totalmente las expectativas que motivaron el mejoramiento de la medición. Sin embargo, cuantitativamente no se obtiene la calificación máxima; ello se debe a que en la recopilación de la información y en el funcionamiento continuo del CIME se tienen aspectos que se deben mejorar.

8.3.1 Representación gráfica del círculo con el caso en estudio.

Es muy conveniente modificar el esquema gráfico del CIME indicando en cada componente la manera en que se cubrió el requisito o cómo se cumplió con la expectativa. En el caso en estudio siguiente se muestra un ejemplo.



Figura 8-14. Representación gráfica del CIME en la presa El Palmito



9. Aplicación del CIME a la macromedición en la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de la ciudad de Chihuahua.

La macromedición es la medición de la producción del agua, por ejemplo, de los pozos que alimentan los sistemas de riego o aquellos que alimentan las redes de agua potable y las compuertas principales que distribuyen el agua para riego de parcelas, la macromedición es por lo tanto una herramienta básica para mantener el control del sistema, permitiendo conocer no sólo la cantidad, sino también la calidad en el suministro del agua.

Para la realización de esta encuesta se le pidió ayuda a personal de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua JMAS, a la cual se le envió la encuesta por vía electrónica para responder la encuesta para este caso de estudio. En seguida se presentan las respuestas de la encuesta.

9.1 Respuestas a la encuesta del CIME en la macromedición

A. Identificación de las necesidades de administración del recurso que originaron la medición

Describe el requerimiento o necesidad específica que motivó la medición

La macromedición es necesaria para determinar el volumen de agua (para demanda), con que se cuenta para satisfacer la demanda de la población; así mismo para hacer la declaración anual para el pago de extracción a la CNA, también para llevar un balance de los volúmenes aplicados en las asignaciones o títulos.

¿De qué tipo de necesidad o requerimiento se trata?

Sustentabilidad. En este caso será aplicado si la sustentabilidad se refiere a contar con el volumen necesario para cubrir la demanda.

B. Requerimientos de medición

- a) *¿Qué tolerancia se debe aceptar?* En cuanto a la macromedición realmente se hace en forma volumétrica en forma mensual, en medidor instalado en el aprovechamiento y cada seis meses se hace una validación mediante una medición puntual con medidor ultrasónico externo a la instalación, para determinar eficiencias, se ha encontrado diferencias en promedio del 10% Pero sería deseable una precisión de $\pm 2\%$, de hecho, generalmente se marcan con una operación promedio del caudal característico y no se hace mucho



énfasis para definir esto en las cargas que deberá vencer el equipo de bombeo al punto de conexión o de entrega.

- b) *¿Qué rango se va a medir?* El rango de medición depende de cada pozo, pero tenemos caudales desde 45 a 50 l/s.
- c) *¿Qué resolución se requiere?* La resolución en cada pozo sería deseable por rangos de producción, ya que menor incremento de la variable bajo medición que puede ser detectado con certidumbre por dicho instrumento, es decir manejar ese tipo de factor pero en la actualidad no se tiene definido. Pero sería deseable una precisión de $\pm 2\%$, de hecho generalmente se marcan con una operación promedio del caudal característico y no se hace mucho énfasis para definir esto en las cargas que deberá vencer el equipo de bombeo al punto de conexión o de entrega. (al parecer el concepto de resolución no se entiende o no se maneja, lo que hace pensar que no es un requerimiento real)
¿Se requiere metrología legal? Si
- d) *¿Se requiere la información escrita o en archivos?* en ambos, ya que esto depende de la logística de recolección de los datos y la integración de la misma.
- e) *¿Con qué frecuencia se requiere la información?* debe ser como mínima mensual, pero para validar que se tenga exactitud en la medición y no esperar al mes para revisar la medición, es necesario hacer una selección de pozos en forma aleatoria pero estratificada según sus características comunes para clasificarlos, realizar este muestreo en forma quincenal por lo menos.
- f) *¿Es suficiente con tener la información junto al medidor o se requiere enviar a oficinas?* ambas
- g) *¿Qué unidades son más convenientes?*

C. Análisis de la problemática relacionada

¿Qué problemática se tuvo para colocar los instrumentos?

- a) *Sólidos en suspensión:* se presenta en algunos pozos
- b) *Velocidad muy alta o muy baja:* se presenta en algunos pozos
- c) *Vandalismo:* se presenta en algunos pozos

D. Selección del medidor o sistema de medición y especificaciones de colocación

Descripción del medidor seleccionado

- a) *Tipo:* los instalados son mecánicos, generalmente de hélice o propela
- b) *Marca:* hay una variedad como ARAD, HIDRONICA, MASTER METER, DOROT etc
- c) *Modelo:* hay una variedad



Descripción de la forma o manera de colocar el medidor

- a) *¿Quién colocó el medidor y sus componentes?* Empleados del organismo
- b) *¿Se tuvo proyecto ejecutivo?* no
- c) *¿Se respetó alguna norma o estándar?* se tiene por normatividad donde debe ir dentro del tren de descarga
- d) *¿Fue necesario calibrar el medidor?* no se realiza, se compra de nuevo e instala y si en la revisión con el ultrasónico para las eficiencias se aplica garantía (muy rara vez), en los ultrasónicos movibles si se realiza la validación y calibración.

(Anexar esquemas, planos, explicaciones, croquis, catálogos, análisis de costos, manuales de operación o cualquier elemento pertinente)

E. Suministro, colocación y puesta en operación

- a) *¿Se tuvo algún proceso de licitación para el suministro?* para los macromedidores como no se compran en volumen, si no cuando se necesita para cada pozo, no se hace proceso licitatorio solo proceso administrativo con recursos propios
- b) *¿Se solicitó algún certificado de calidad (por ejemplo ISO)?*no
- c) *¿Se solicitaron certificados de calibración?* solo en el caso de los ultrasónicos movibles (se colocan de propela)
- d) *¿Se realizaron procesos de verificación del buen funcionamiento del medidor y de sus componentes?* No
- e) *¿Se compararon los resultados con algún medidor?* si
- f) *¿Qué resultados se tuvieron?* Las que ya se explicaron anteriormente, varía en cada caso pero llegan a hacer hasta un 10%
- g) *¿Se capacitó personal para la operación y mantenimiento del medidor?* Si y no, cuando se hace la suplencia del personal, el trabajador que va a hacer suplido le enseña al otro. (si)

F. Recopilación y análisis de información

- a) *¿Se recopila la información de acuerdo a como se determinó al inicio?* Si
- b) *¿Se realiza algún tipo de análisis a la información?* (en caso afirmativo, describir). Sí, se hace un análisis de tendencias estadística y de eficiencias

G. Satisfacción de las necesidades y requerimientos de medición

¿Se considera que se cubren satisfactoriamente las necesidades que originaron la medición? (Explicar las razones de cualquier respuesta). Si y no, sí porque en casi todos los pozos se tiene medidor instalado y nos permite determinar la derivación y distribución de agua a la población, como no todos están funcionando por el vandalismo



pues se estima con la información que se obtiene con el ultrasónico para las eficiencias y pago de derechos, verificando su credibilidad con el registro histórico de la fuente (no se cierra por vandalismo)

H. Cambios en las necesidades de administración del recurso

¿Han cambiado las necesidades que originaron la medición? no

En caso afirmativo, explique dichos cambios e indique si se vieron afectadas la demás etapas del círculo

I. Conclusión de la vida útil de los medidores

¿Ha concluido la vida útil del medidor? Si

En caso afirmativo indique si se ha cambiado e indique si se siguen cubriendo los requerimientos de medición, en algunos pozos si se ha cambiado y en otros no, pero con lo que tiene se cumple con los objetivos planteados como mínimo (no se cambian los medidores y aumenta el número de ausencia de medidores entre los que se vandalizan y se descomponen)

J. Mantenimiento periódico y reparaciones

¿Se da mantenimiento al medidor? No

En caso afirmativo, indique quién realiza los mantenimientos

¿Se ha descompuesto? Si

En caso afirmativo describa las fallas y su correspondiente reparación.

Una vez obtenida la encuesta, se pudo observar que algunas de las preguntas que se realizaron al parecer no se entendieron del todo, en la pregunta de la resolución nos da como respuesta el error de medición que es del 2 % por lo cual se puede observar que no se entienden algunas preguntas.

Posteriormente se realiza el llenado de la tabla para tener las respuestas más cerradas.

9.2 Evaluación cualitativa del CIME en la macromedición

En seguida se aplican las tablas diseñadas para la evaluación; primeramente se aplica la tabla de evaluación cuantitativa. Para su llenado se recurrió a la información de la encuesta.



Tabla 9-1. Tabla de evaluación cualitativa del CIME en JMÁS

Descripción de la necesidad de medición	Descripción del resultado de la medición
Medición de volumen de agua para (a) verificar el cumplimiento de la demanda; (b) Pago de la extracción a Conagua y (c) Vigilancia del volumen concesionado.	Determinación de los volúmenes de agua y satisfacción de las necesidades que originaron la medición.
Calificación del grado de satisfacción de la necesidad de medición: <input type="checkbox"/> Totalmente <input checked="" type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Mínimamente <input type="checkbox"/> No se cumplió	

Para este caso de estudio se da una calificación de que cumple parcialmente debido a que las necesidades no coinciden con la satisfacción así como también las respuestas con las que se contestó la encuesta no fueron muy claras y precisas por parte de la Dr. Carmen Julia Navarro Gómez sistema de agua de Chihuahua.

9.3 Evaluación cuantitativa del CIME en la macromedición

En seguida se aplican las herramientas de evaluación como lo son las tablas. Nuevamente, la información para llenarlas se deben buscar en las respuestas de la encuesta y en la información recopilada.

Tabla 9-2. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos de medición en la macromedición

Aspecto	Requerimiento	Solución	Puntuación
Error de medición máximo aceptable	2 %	2 %	1
Rango de gastos a medir	45 a 50 l/s	Medidores mecánicos*	1
Recopilación de información	Escrita y en archivos	Se entrega escrita y en archivos	
Frecuencia de medición	Permanente	Los medidores funcionan permanentemente	1
Lugar de presentación de los datos	En oficinas	Telemetría	1
Unidades de medición	m ³ /s	m ³ /s	1
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto y viceversa. Por ejemplo, si el error máximo aceptable es 10% y el medidor tiene un error de 2%, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)		5
	Puntos máximo a obtener (PM)		5
	Calificación (C=PO/PM)		1

*Los medidores mecánicos cubren el rango deseado, ver Tabla 17-1 medidor Mc Crometer de 6"



Tabla 9-3. Evaluación del análisis de la problemática relacionada en la macromedición

Problema	Respuesta (SI/NO)	Solución	Puntuación
Acceso complicado al sitio de colocación del medidor	No	No aplica	
Condiciones inadecuadas para colocar los medidores	No	No aplica	
Temperatura inadecuada	No	No aplica	
Problemas de sólidos en suspensión	No	No aplica	
Velocidad muy alta o muy baja	No	No aplica	
Vandalismo	Sí	Medidores portátiles	1
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto y viceversa. Por ejemplo, si hay vandalismo y se ponen protecciones, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.		Puntos obtenidos (PO)	1
		Puntos máximo a obtener (PM)	1
		Calificación (C=PO/PM)	1

En la Tabla 9-2 se evalúan los requerimientos de la medición y se opta por utilizar con un medidor mecánico el cual cumple con todos los aspectos requeridos y en la Tabla 9-3 la solución a la problemática relacionada el cual es el vandalismo, debido a que el medidor mecánico utilizado es muy fácilmente que quede dañado debido a este problema por lo cual se optó por tener medidores portátiles ultrasónicos los cuales se utilizan cuando pasan este tipo de accidentes. Y así poder darle la puntuación de 1, que es la calificación más alta a obtener.

Tabla 9-4. Evaluación de la selección y suministro de equipo en la macromedición

Aspecto	Respuesta (SI/NO)	Puntuación
Selección del tipo de medidor y sus componentes por parte de expertos	Sí	1
Existencia de proyecto ejecutivo o similar	No	0
Respeto de norma, estándar o similar	SÍ	1
Licitación para el suministro	No aplica	
Certificados de calidad tipo ISO o similar	No aplica	
Certificados o pruebas de calibración	No	0
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.		Puntos obtenidos (PO)
		Puntos máximo a obtener (PM)
		Calificación (C=PO/PM)

En la Tabla 9-4 se puede observar que se tienen 4 requerimientos de los cuales solo se tiene solución a 2 de estos, por lo cual se tiene una puntuación total de 0.5, al igual que en la Tabla 9-5 en la cual se observa que no se realiza la verificación del funcionamiento por lo cual se le da puntuación cero, y el error de medición resulta ser



del 10% cuando debe de ser del 2 % y no se realizó ninguna capacitación para este proceso, lo cual da una puntuación total de 0.5.

Tabla 9-5. Evaluación de la colocación, puesta en operación y recopilación de información en la macromedición

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación
Colocación del medidor y sus componentes por parte de expertos	Sí	1
Verificación de correcto funcionamiento de medidor y sus componentes	No	0
Resultados aceptables en comparación con otro medidor	No	0
Capacitación a personal de operación	No	0
Recopilación de información de acuerdo al requerimiento	Sí	1
Análisis de información	Sí	1
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (<i>PO</i>)	3
	Puntos máximo a obtener (<i>PM</i>)	6
	Calificación ($C=PO/PM$)	0.5

Tabla 9-6. Evaluación del funcionamiento continuo del CIME en la macromedición

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación
Modificaciones al CIME en caso de cambio de necesidades que originaron la medición	No aplica	
Cambio del medidor en el caso de conclusión de su vida útil	No	0
Mantenimiento preventivo al medidor y sus componentes	No	0
Reparación del medidor y sus componentes en caso de falla	No	0
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (<i>PO</i>)	0
	Puntos máximo a obtener (<i>PM</i>)	3
	Calificación ($C=PO/PM$)	0

En la Tabla 9-6 sí se obtuvieron soluciones y por lo tanto se obtuvo una buena puntuación de uno, pero en la tabla 9-6 se obtuvo una puntuación total de cero debido a que no se le da ningún tipo de mantenimiento y no se les da atención a las fallas ocurridas.

9.4 Conclusión de la evaluación al CIME en la macromedición

La calificación final del CIME en la macromedición, definitivamente es baja; tanto en la evaluación cuantitativa como cualitativa. Se tuvieron tres aspectos con baja calificación: (a) el cuidado de la selección y el suministro; (b) la colocación, puesta en operación y recopilación de información y (c) el funcionamiento continuo del CIME. Estos tres aspectos deben ser mejorados.



Tabla 9-7. Resumen de evaluación cuantitativa y cualitativa en el CIME de la macromedición

Evaluación cualitativa	Grado de cumplimiento de la necesidad que originó la medición			
	Parcialmente			
Evaluación cuantitativa	Aspecto evaluado	Puntos		Calificación
		Máximos	Obtenidos	
	Cumplimiento de los requerimientos de medición	5	5	1
	Análisis de la problemática relacionada	1	1	1
	Selección y suministro de equipo	4	2	0.5
	Colocación, puesta en operación y recopilación de información	6	3	0.5
	Funcionamiento continuo del CIME	3	0	0
Total	19	6	0.32	

Ya con las respuestas de la tabla se pasa al llenado esquemático del CIME.



Figura 9-1 CIME en la macromedición.



10. Aplicación del CIME en el DR Santo Domingo

Baja California Sur es una de región con escasez crónica de agua. Las condiciones climatológicas de la entidad no favorecen la precipitación pluvial y a esa escases se añade que $\frac{3}{4}$ partes de la lluvia no se aprovechen. El estado cuenta con menos de mil metros cúbicos por habitante al año. Uno de los acuíferos más importantes por la superficie que impacta es el de Santo Domingo, mismo que suministra, a partir de 700 pozos, a 72,409 hectáreas ubicadas esencialmente dentro del municipio de Comondú.

A. Identificación de las necesidades de administración del recurso que originaron la medición

En el año de 1954, se llegó a la necesidad de declarar por decreto presidencial la veda para el control de la perforación de nuevos pozos, ya que se había generado un descontrolado incremento de apertura de aprovechamientos y de las extracciones, lo que ocasionó que rápidamente se presentaran los primeros conos de abatimiento del acuífero con zonas con una disminución relevante del nivel de profundidad del agua y con un decremento también importante de su calidad. Aunque la medida sirvió para frenar el incremento del número de pozos, desgraciadamente sí se siguió dando una descontrolada explotación por parte de los productores agrícolas ya establecidos, quienes deslumbrados por el bienestar económico alcanzado en poco tiempo, no previeron las consecuencias y la importancia de un uso no sustentable de los recursos. Otro aspecto relevante a destacar, es que el acuífero del Valle de Santo Domingo, es la única fuente de abastecimiento de agua en la región (se destina un 90 % en el uso agrícola y el 10 % restante en otros usos) y éste a su vez, es el principal centro de producción agropecuaria del estado, de ahí la trascendencia y acciones realizadas para revertir los niveles de abatimiento anual, que en 1985 se presentó un cono de abatimiento que llegó a su nivel histórico de 20 metros por debajo del nivel medio del mar en 25 pozos. También es necesario hacer patente que de 1981 a 1991, las extracciones para uso agrícola fluctuaron entre los 353 y 453 millones de metros cúbicos, cuando la recarga está valorada en tan solo 188 millones de metros cúbicos, es decir, por 10 años se explotó más del doble de lo autorizado.



Describe el requerimiento o necesidad específica

Socioeconómico: el proyecto aportara nuevos datos referentes a las condiciones hidrogeológicas del acuífero Santo Domingo y el impacto que tienen las extracciones de los pozos agrícolas en la configuración del mismo. Además presentará un diagnóstico de su situación actual que será de utilidad para el programa de manejo sustentable de los recursos hidrológicos en el valle de Santo Domingo. Respecto al ahorro de agua este análisis incidirá en la evaluación de las tarifas y transferencia de derechos de agua como posibles instrumentos para incentivar el uso racional del recurso. En un marco de manejo sustentable del acuífero Santo Domingo, la región tendrá opciones viables de recuperación económica y de desarrollo, favoreciendo así el bienestar social de la población.

B. Requerimientos de medición

¿Qué error de medición se debe aceptar? 2 %

¿Qué rango se va a medir? Desde 5 hasta 35 l/s

¿Se requiere la información escrita o en archivos? Se requiere la información de volúmenes y los medidores tienen un contador mecánico que cubre el requerimiento

¿Con qué frecuencia se requiere la información? mensual

¿Es suficiente con tener la información junto al medidor o se requiere enviar a oficinas? Oficinas y un inspector recopila la información

¿Qué unidades son más convenientes? l/s

C. Análisis de la problemática relacionada

Insuficiencia de tramos rectos: en algunos casos el tren de descarga no tenía los tramos rectos suficientes

D. Selección del medidor o sistema de medición y especificaciones de colocación

Descripción del medidor seleccionado

Tipo: propela

Marca: Mc Crometer

Modelo: MC1

Explicación de su funcionamiento

Descripción completa de sus componentes (Ver Anexo 3. Información del DR Santo Domingo)

Descripción de la forma o manera de colocar el medidor

¿Quién colocó el medidor y sus componentes? El proveedor que gana la licitación



¿Se tuvo proyecto ejecutivo? No como tal, pero se exigía al proveedor el cumplimiento de los requisitos de una adecuada colocación (tramos rectos suficientes y tubo lleno)
 ¿Se respetó alguna norma o estándar? Si la NOM 012
 ¿Fue necesario calibrar el medidor? No porque se hicieron pruebas por lotes.

Tabla 10-1 Resultado de un lote aprobado

Núm.	Núm. Serie	Fecha	Medidor	Volúmenes m ³			Diferencia	
				Inicial	Final	Total	m ³	%
1	06-10359	08-feb-06	Prueba	0	33.00	33.00	-0.04	-0.12
			Referencia	74.53	107.49	32.96		
2	06-10365	08-feb-06	Prueba	0	50.00	50.00	0.51	1.00
			Referencia	108.46	158.97	50.51		
3	06-10355	08-feb-06	Prueba	0	50.50	50.50	-0.55	-1.10
			Referencia	158.97	208.92	49.95		
4	06-10319	08-feb-06	Prueba	0	52.5	52.50	-0.38	-0.73
			Referencia	208.92	260.54	51.92		

E. Suministro, colocación y puesta en operación

¿Se tuvo algún proceso de licitación para el suministro?
 Licitación pública de acuerdo a la Ley de Adquisiciones del Gobierno Federal
 ¿Se solicitó algún certificado de calidad (por ejemplo ISO)? No
 ¿Se solicitaron certificados de calibración?
 Si se solicitó certificado de un laboratorio acreditado (en este caso el del IMTA).

Descripción del proceso de colocación

Se verificó la correcta colocación de los medidores por parte del IMTA
 ¿Se realizaron procesos de verificación del buen funcionamiento del medidor y de sus componentes? No, se confió en los resultados de la prueba por lotes
 ¿Se compararon los resultados con algún medidor? No
 ¿Qué resultados se tuvieron?
 ¿Se capacitó personal para la operación y mantenimiento del medidor?
 La operación no requiere capacitación y en el distrito de riego se tiene personal que sabe de mantenimiento.

F. Recopilación y análisis de información

La información de cada uno de los medidores se recolecta mensualmente por parte de los Inspectores de la Asociación de Usuarios. Esta información se plasma en un reporte que contiene, además, otros datos tales como tipo de cultivo y superficie sembrada. Las hojas de reporte se elaboran por triplicado, una de ellas se entrega al jefe del Distrito de Riego, quien lo revisa y selecciona varios pozos de manera aleatoria para realizar visitas y corroborar la información asentada por los inspectores.



G. Satisfacción de las necesidades y requerimientos de medición

¿Se considera que se cubren satisfactoriamente las necesidades que originaron la medición?

Todos los medidores cumplieron con los requisitos que se les pidieron; pasaron la prueba por lotes, quedaron bien instalados y funcionando. Según Gaxiola (2012), se logró extraer menos agua que la recarga al acuífero. Se acumularon las extracciones mensuales de todos los medidores cada mes y después todo el año y se comparó con la recarga anual estimada al acuífero, cumpliéndose que la extracción era menor que la recarga. En este caso coincidió que si se estabilizaron las extracciones. Gracias a la recolección de la información se han corregido malas prácticas de alteración de la información. Este seguimiento mensual estricto a la información ha contribuido al objetivo final de todo el proceso que es la estabilización del acuífero.

H. Cambios en las necesidades de administración del recurso

¿Han cambiado las necesidades que originaron la medición? No

En caso afirmativo, explique dichos cambios

En caso afirmativo, indique si se vieron afectadas la demás etapas del círculo

I. Conclusión de la vida útil de los medidores

¿Ha concluido la vida útil del medidor? Si

En caso afirmativo indique si se ha cambiado: Sí

Si se ha cambiado, indique si se siguen cubriendo los requerimientos de medición.

Muchos medidores ya no cubren los requisitos porque han dejado de funcionar.

J. Mantenimiento periódico y reparaciones

¿Se da mantenimiento a los medidores? No, la práctica común es el cambio de medidor ante la falta de talleres de mantenimiento y reparación, incluso por parte de fabricantes y vendedores.

En caso afirmativo, indique quién realiza los mantenimientos

¿Se ha descompuesto? Sí

En caso afirmativo describa las fallas y su correspondiente reparación. Debido al cumplimiento del tiempo de vida útil de los medidores, algunos ya no funcionan y dado que son fallas mayores no se han cambiado.



10.1 Evaluación cualitativa del CIME en el DR Santo Domingo

En seguida se aplican las tablas diseñadas para la evaluación; primeramente se aplica la tabla de evaluación cuantitativa. Para su llenado se recurrió a la información de la encuesta.

Tabla 10-2. Tabla de evaluación cualitativa del CIME en el DR Santo Domingo

Descripción de la necesidad de medición	Descripción del resultado de la medición
Recuperar los niveles estáticos del acuífero del Valle de Santo Domingo.	Según las últimas noticias, se extrajo menos agua que la recarga al acuífero (Gaxiola, 2012)
Calificación del grado de satisfacción de la necesidad de medición: <input type="radio"/> Totalmente <input type="radio"/> Parcialmente <input checked="" type="radio"/> Mínimamente <input type="radio"/> No se cumplió	

Para este caso de estudio se da una calificación de que cumple mínimamente debido a que las necesidades no coinciden con la satisfacción. Sin embargo, debe aclararse que la falla se encuentra en el manejo inadecuado de la información; específicamente en las necesidades que originan la medición. Es decir, la medición por sí misma no puede incidir en la disminución de la descarga, dado que ese hecho depende de la aplicación de la ley. La medición ayudó a saber cuánta agua se estaba extrayendo y ello permitió detener las extracciones cuando se rebasaba el volumen asignado. En ese caso, y dado que es un ejercicio académico, se decidió manejar la situación de esa manera, para hacer evidente que la propuesta del CIME puede arrojar resultados inadecuados, no como un mal proyecto de medición, sino porque el objetivo de la medición no quedó adecuadamente establecido. Se debió tener un objetivo relacionado únicamente con la medición, por ejemplo: “los resultados de la medición deben ser un soporte para la toma de decisiones que incidan en la disminución de las extracciones”. Afortunadamente así pasó, los datos recolectados por los medidores sirvieron para aplicar el modelo de balance hidrológico y como se mencionó, la extracción fue menor que la recarga.

10.2 Evaluación cuantitativa del CIME en el DR Santo Domingo

En seguida se aplican las herramientas de evaluación como lo son las tablas. Nuevamente, la información para llenarlas se deben buscar en las respuestas de la encuesta y en la información recopilada.



Tabla10-3. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos de medición en el DR Santo Domingo

Aspecto	Requerimiento	Solución	Puntuación
Error de medición máximo aceptable	2 %	2 %	1
Rango de gastos a medir	5 a 35 l/s	Medidores mecánicos*	1
Recopilación de información	Escrita	Dato se toma de pantalla	1
Frecuencia de medición	Mensual	Dato se toma de pantalla	1
Lugar de presentación de los datos	Oficina	Se lleva la información por parte de los inspectores	1
Unidades de medición	l/s	l/s	1
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto y viceversa. Por ejemplo, si el error máximo aceptable es 10% y el medidor tiene un error de 2%, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)		6
	Puntos máximo a obtener (PM)		6
	Calificación (C=PO/PM)		1

*Los medidores mecánicos cubren el rango deseado, ver Tabla 17-1

Tabla 10-4. Evaluación del análisis de la problemática relacionada en el DR Santo Domingo

Problema	Respuesta (SÍ/NO)	Solución	Puntuación
Acceso complicado al sitio de colocación del medidor	No	No aplica	
Condiciones inadecuadas para colocar los medidores	No	No aplica	
Temperatura inadecuada	No	No aplica	
Problemas de sólidos en suspensión	No	No aplica	
Velocidad muy alta o muy baja	No	No aplica	
Vandalismo	No	No aplica	
Insuficiencia de tramos rectos	Sí	Modificaciones al tren de descarga	1
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto y viceversa. Por ejemplo, si hay vandalismo y se ponen protecciones, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)		1
	Puntos máximo a obtener (PM)		1
	Calificación (C=PO/PM)		1



En la Tabla10-3 se evalúan los requerimientos de la medición y se opta por utilizar con un medidor mecánico el cual cumple con todos los aspectos requeridos según la tabla 18-1 y en la Tabla 10-4, la solución a la problemática relacionada el cual es el la ausencia de tramos rectos, se solucionó con las modificaciones en el tren de descarga. Cabe mencionar que este problema no se presentó en todos los pozos, pero en aquellos donde se tenían tramos rectos insuficientes, se alargó la tubería. Este hecho se verificó con visitas de campo y con un formato que se puede ver en el Anexo 3. Información del DR Santo Domingo.

Tabla10-5. Evaluación de la selección y suministro de equipo en el DR Santo Domingo

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación
Selección del tipo de medidor y sus componentes por parte de expertos	Sí	1
Existencia de proyecto ejecutivo o similar	Sí	1
Respeto de norma, estándar o similar	Sí	1
Licitación para el suministro	Sí	1
Certificados de calidad tipo ISO o similar	No aplica	
Certificados o pruebas de calibración	Sí	1
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)	5
	Puntos máximo a obtener (PM)	5
	Calificación (C=PO/PM)	1

Tabla 10-6. Evaluación de la colocación, puesta en operación y recopilación de información en el DR Santo Domingo

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación
Colocación del medidor y sus componentes por parte de expertos	Sí	1
Verificación de correcto funcionamiento de medidor y sus componentes	Sí	1
Resultados aceptables en comparación con otro medidor	No aplica	
Capacitación a personal de operación	No	0
Recopilación de información de acuerdo al requerimiento	Sí	1
Análisis de información	Sí	1
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)	4
	Puntos máximo a obtener (PM)	5
	Calificación (C=PO/PM)	0.8

La colocación de los medidores se realizó por parte de expertos y la verificación del funcionamiento, se cumplió dado que al ser una licitación, se pagó al contratista solamente cuando se cumplían con todos los requerimientos de colocación y funcionamiento; ello se corroboró con visitas de verificación y la evidencia fueron los formatos de los cuales se muestran varios ejemplos en el Anexo 3. Información del DR Santo Domingo.



Tabla 10-7. Evaluación del funcionamiento continuo del CIME en el DR Santo Domingo

Aspecto	Respuesta (SI/NO)	Puntuación
Modificaciones al CIME en caso de cambio de necesidades que originaron la medición	No aplica	
Cambio del medidor en el caso de conclusión de su vida útil	No	0
Mantenimiento preventivo al medidor y sus componentes	No	0
Reparación del medidor y sus componentes en caso de falla	No	0
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)	0
	Puntos máximo a obtener (PM)	3
	Calificación (C=PO/PM)	0

En la Tabla 10-7 se obtuvo una puntuación total de cero debido a que no se le da ningún tipo de mantenimiento a los medidores y no se les da atención a las fallas ocurridas.

10.3 Conclusión de la evaluación al CIME en el DR Santo Domingo

La calificación final del CIME en el DR Santo Domingo, tiene ambigüedad: a pesar de que se cumplió con la expectativa, no fue únicamente por la medición sino por elementos que no se contemplan en el CIME. Se tuvo una calificación de cero en la parte del funcionamiento continuo del CIME. Ello debe ser mejorado (ver Tabla 10-8).

Tabla 10-8. Resumen de evaluación cuantitativa y cualitativa en el CIME del DR Santo Domingo

Evaluación cualitativa	Grado de cumplimiento de la necesidad que originó la medición			
	Mínimamente			
Evaluación cuantitativa	Aspecto evaluado	Puntos		Calificación
		Máximos	Obtenidos	
	Cumplimiento de los requerimientos de medición	5	5	1
	Análisis de la problemática relacionada	1	1	1
	Selección y suministro de equipo	5	5	1
	Colocación, puesta en operación y recopilación de información	4	5	0.8
Funcionamiento continuo del CIME	3	0	0	
	Total	18	16	0.89

Ya con las respuestas de la tabla se pasa al llenado esquemático del CIME.

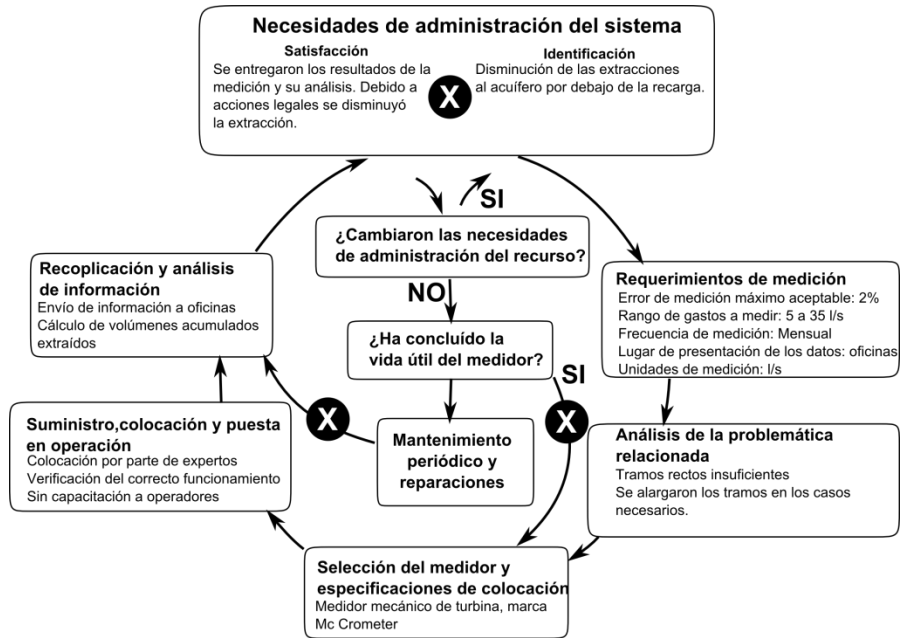


Figura 10-1 Esquema gráfico del CIME en el DR Santo Domingo.



11. Aplicación del CIME en la Empresa para el control de la contaminación del agua, ECCACIV

Para la aplicación del CIME se realizó en la planta de tratamiento de la ciudad de Jiutepec Morelos, para ser más exactos en el ECCACIV que es la Empresa para el Control de la Contaminación del Agua ubicada en el municipio de Jiutepec. La planta cuenta con un aforador a la entrada de ésta, que es el que se estudió para este caso, se trata de un aforador Parshall y un medidor de nivel. Para el llenado de la encuesta, se le pidió la colaboración al Ing. Josué Ismael Quiroz Jiménez, Supervisor de operaciones técnicas de ECCACIV, se procedió a tener una reunión con él y su equipo de trabajo para poder así obtener la información necesaria.



Figura 11-1 Visita técnica al ECCACIV

Para el llenado de la encuesta, se necesitó el traslado a las instalaciones del ECCACIV en el cual el Ingeniero Josué, se encargó de proporcionarnos la información necesaria, y se encargó de dar un recorrido en las instalaciones para poder comprender más los objetivos y necesidades de dicho organismo.

A. Identificación de las necesidades de administración del recurso que originaron la medición

Describe el requerimiento o necesidad específica

- Controlar el flujo que entra a la planta



- Realizar el reporte trimestral que se le entrega a Conagua
- Para el control Químico, realizando las pruebas de:
 - Demanda química de oxígeno (DQO) se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l).
 - El parámetro de nitrógeno total Kjeldahl (NTK)
 - Sólidos suspendidos totales (SST)

B. Requerimientos de medición

¿Qué error de medición se debe aceptar? 10 l/s

¿Qué rango se va a medir? 40-120 l/s

¿Se requiere la información escrita o en archivos?

La información se requiere escrita, por tanto se toma directamente de la pantalla

¿Con qué frecuencia se requiere la información?

Permanente

¿Es suficiente con tener la información junto al medidor o se requiere enviar a oficinas?

Los dos, junto al medidor y se envía al centro de control

¿Qué unidades son más convenientes?

l/s para el gasto y m³ para el volumen

C. Análisis de la problemática relacionada

¿Qué problemática se tuvo para colocar los instrumentos?

- Acidez en el agua, ya que cualquier material que se colocaba, la misma agua los botaba debido a su acidez
- Sólidos Flotantes (Pet)

D. Selección del medidor o sistema de medición y especificaciones de colocación

- Medidor: parshall
Marca: Endress hauser



Descripción de la forma o manera de colocar el medidor

¿Quién colocó el medidor y sus componentes?

La empresa FB&D technologies, INC colocó el aforador parshall y el medidor de nivel lo colocaron empleados del ECCACIV

¿Se tuvo proyecto ejecutivo?

Si

¿Se respetó alguna norma o estándar?

Si, se basó en las tablas del medidor parshall

¿Fue necesario calibrar el medidor?

Ya venía calibrado desde su compra

Si tiene esquemas, planos, explicaciones, croquis, catálogos, análisis de costos o manuales de operación ¿podría proporcionarlos?

E. Suministro, colocación y puesta en operación

¿Se tuvo algún proceso de licitación para el suministro? Si

Descripción del proceso de colocación

¿Se realizaron procesos de verificación del buen funcionamiento del medidor y de sus componentes? Si

¿Se compararon los resultados con algún medidor? No

¿Qué resultados se tuvieron? Ninguno

¿Se capacitó personal para la operación y mantenimiento del medidor? No

F. Recopilación y análisis de información

¿Se recopila la información de acuerdo a como se determinó al inicio? No

¿Se realiza algún tipo de análisis a la información? Si, se realizan las pruebas de control químicas.



G. Satisfacción de las necesidades y requerimientos de medición

¿Se considera que se cubren satisfactoriamente las necesidades que originaron la medición? Sí, pero no totalmente, ya que se pierden aproximadamente 15 l/s

H. Cambios en las necesidades de administración del recurso

¿Han cambiado las necesidades que originaron la medición? No

I. Conclusión de la vida útil de los medidores

¿Ha concluido la vida útil del medidor?

Sí, en el año del 2010 se tuvo que cambiar el medidor, debido a que terminó su vida útil, el medidor se instaló en el año de 1996, por lo tanto su duración fue de 14 años.

J. Mantenimiento periódico y reparaciones

¿Se da mantenimiento al medidor?

Al medidor parshall no, y al medidor de nivel si y lo realiza un instrumentista del ECCACIV.

¿Se ha descompuesto? Si se descompuso en el año 2010 y se cambió.

11.1 Evaluación cualitativa del CIME en ECCACIV

En seguida se aplican las tablas diseñadas para la evaluación; primeramente se aplica la tabla de evaluación cualitativa. Para su llenado se recurrió a la información de la encuesta.

Tabla 11-1. Tabla de evaluación cualitativa del CIME en ECCACIV

Descripción de la necesidad de medición	Descripción del resultado de la medición
Control del flujo Reporte mensual Control químico	Control del flujo (se pierden 15 l/s) Reporte mensual Control químico
Calificación del grado de satisfacción de la necesidad de medición: <input type="checkbox"/> Totalmente <input checked="" type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Mínimamente <input type="checkbox"/> No se cumplió	



Se puede observar que de los tres aspectos que se encontraron al inicio en la identificación, solo cumplen dos de ellos que es el estudio químico y el reporte mensual que se debe entregar a CONAGUA, por otro lado, para el control del flujo no se considera como satisfactorio debido a que se pierden 15 l/s aproximadamente los cuales no se sabe dónde están, por lo tanto se considera una calificación parcialmente buena

11.2 Evaluación cuantitativa del CIME en ECCACIV

En seguida se aplican las herramientas de evaluación como lo son las tablas. Nuevamente, la información para llenarlas se deben buscar en las respuestas de la encuesta y en la información recopilada.

Tabla 11-2. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos de medición en ECCACIV

Aspecto	Requerimiento	Solución	Puntuación
Error de medición máximo aceptable	10 l/s	Medidor Parshall: Error 10%	1
Rango de gastos a medir	40 a 120 l/s	Parshall: rango 5-200 l/s	1
Recopilación de información	Escrita	Dato se toma de pantalla	1
Frecuencia de medición	Permanente	Dato se toma de pantalla	1
Lugar de presentación de los datos	Oficina	Se envía por cable a oficinas	1
Unidades de medición	l/s	l/s	1
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto y viceversa. Por ejemplo, si el error máximo aceptable es 10% y el medidor tiene un error de 2%, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.		Puntos obtenidos (PO)	6
		Puntos máximo a obtener (PM)	6
		Calificación (C=PO/PM)	1

En la Tabla 11-2 se observa que los requerimientos de medición se cumplen muy bien, se toma un medidor Parshall para satisfacer las necesidades requeridas y se obtiene una calificación de uno.

Tabla 11-3. Evaluación del análisis de la problemática relacionada en la macromedición

Problema	Respuesta (SÍ/NO)	Solución	Puntuación
Acidez en el agua	Sí	Losa antiácido	1
Sólidos flotantes	Sí	Rejillas	1
Instrucciones: Indique el requerimiento y si la solución satisface dicho requerimiento otorgue un punto y viceversa. Por		Puntos obtenidos (PO)	2
		Puntos máximo a obtener (PM)	2



ejemplo, si hay vandalismo y se ponen protecciones, se otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Calificación (C=PO/PM)	1
---	------------------------	---

En la Tabla 11-2 se evalúan los requerimientos de la medición y se opta por utilizar con un aforador Parshall el cual cumple con todos los aspectos requeridos y en la Tabla 11-3, la solución a la problemática relacionada es simple ya que los dos problemas que se tenían se solucionaron de manera adecuada.

Tabla 11-4. Evaluación de la selección y suministro de equipo en ECCACIV

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación
Selección del tipo de medidor y sus componentes por parte de expertos	Sí	1
Existencia de proyecto ejecutivo o similar	Sí	1
Respeto de norma, estándar o similar	Sí	1
Licitación para el suministro	No aplica	
Certificados de calidad tipo ISO o similar	Sí	1
Certificados o pruebas de calibración	No	0
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)	4
	Puntos máximo a obtener (PM)	5
	Calificación (C=PO/PM)	0.8

En la Tabla 11-4 no se realizó la calibración y se obtuvo una calificación de cero, se comenta que no se realizó calibración debido a que cuando llegó el medidor los fabricantes decían que ya venía calibrado y no era necesario volver a hacerlo. Se da una calificación total de 0.8.

Tabla 11-5. Evaluación de la colocación, puesta en operación y recopilación de información en ECCACIV

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación
Colocación del medidor y sus componentes por parte de expertos	Sí	1
Verificación de correcto funcionamiento de medidor y sus componentes	Sí	1
Resultados aceptables en comparación con otro medidor	No	0
Capacitación a personal de operación	No	0
Recopilación de información de acuerdo al requerimiento	Sí	1
Análisis de información	Sí	1
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (PO)	4
	Puntos máximo a obtener (PM)	6
	Calificación (C=PO/PM)	0.66

En la Tabla 11-5 se observa que no se tuvo un buen proceso de colocación ya que no se realizó ninguna capacitación al personal que lo instaló y no se realizó ninguna comparación y por lo tanto no se obtuvieron resultados. En los demás aspectos se cumple adecuadamente, dando una calificación final de 0.66.



Tabla 11-6. Evaluación del funcionamiento continuo del CIME en ECCACIV

Aspecto	Respuesta (SÍ/NO)	Puntuación
Modificaciones al CIME en caso de cambio de necesidades que originaron la medición	No aplica	
Cambio del medidor en el caso de conclusión de su vida útil	No	0
Mantenimiento preventivo al medidor y sus componentes	No	0
Reparación del medidor y sus componentes en caso de falla	Sí	1
Instrucciones: La respuesta positiva otorga un punto. Es aceptable la opción de "No aplica" en cuyo caso no se otorga puntuación.	Puntos obtenidos (<i>PO</i>)	1
	Puntos máximo a obtener (<i>PM</i>)	3
	Calificación ($C=PO/PM$)	0.33

En la Tabla 11-6 se observa que en el mantenimiento periódico se obtuvo una calificación baja de 0.33 debido a que no se le tuvo atención a la vida útil del medidor y solo se le da mantenimiento periódico al medidor de nivel.

11.3 Conclusión de la evaluación al CIME en ECCACIV

Se puede considerar que la evaluación final del CIME en ECCACIV es buena ya que se obtuvo una calificación de 0.8; igualmente se tiene una evaluación cualitativa relativamente buena, ya que uno de los requerimientos no se cumple totalmente, pero ello no pone en riesgo el cumplimiento de los otros indicadores (ver Tabla 11-7).

Tabla 11-7. Resumen de evaluación cuantitativa y cualitativa en el CIME de ECCACIV

Evaluación cualitativa	Grado de cumplimiento de la necesidad que originó la medición			
	Parcialmente			
Evaluación cuantitativa	Aspecto evaluado	Puntos		Calificación
		Máximos	Obtenidos	
	Cumplimiento de los requerimientos de medición	6	6	1
	Análisis de la problemática relacionada	2	2	1
	Selección y suministro de equipo	5	4	0.8
	Colocación, puesta en operación y recopilación de información	6	4	0.66
Funcionamiento continuo del CIME	3	1	0.33	
	Total	22	17	0.77

Ya con las respuestas de la tabla se pasa al llenado esquemático del CIME.

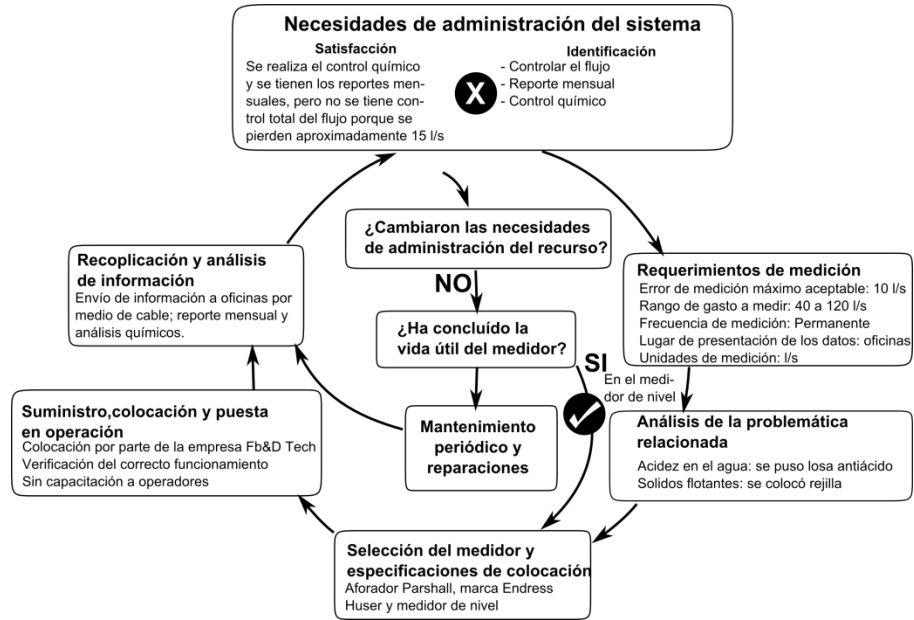


Figura 11-2 Esquema gráfico del CIME en ECCACIV



12. Recomendaciones por parte de ECCACIV

Se realizó una visita a ECCACIV una vez que se terminó de realizar la investigación para este caso en específico para poder mostrar los resultados obtenidos al Ing. Ismael Quiroz el cual colaboró en la realización de esta tesis, para que expresara su opinión acerca de los resultados, los cuales se mencionan a continuación:

- a) El método utilizado del CIME es muy útil, debido a que nadie hace un análisis para poder obtener un medidor óptimo.
- b) En la experiencia del personal del ECCACIV han notado malas experiencias en medidores, han observado medidores parshall inundados, debido a que solo ven el caudal y se van a tablas para ver qué tipo de medidor se utilizará, pero nunca se analiza cómo se hace en el CIME.
- c) El hecho de que en el CIME se realizan preguntas muy específicas, como lo es ¿para que se va a medir?, ¿es para una dependencia o es solo para control?, y el hecho de que se haya realizado este método, servirá para que todas las dependencias o personas en esta área puedan utilizarla para poder obtener cual es el medidor a utilizar para cierto requerimiento.

13. Conclusiones generales

Por medio de la aplicación del CIME a proyectos de medición ya realizados, es posible determinar la calidad de la medición. Así se demuestra en los casos presentados anteriormente. Se aplicó a cuatro casos:

- a) Extracciones de la presa Palmito.
- b) Macromedición en la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua.
- c) Medición en pozos hidroagrícolas en el DR Santo Domingo BCS.
- d) Medición de caudal en ECCACIV.

A continuación se presenta la comparación de los resultados generales en cada caso (Ver Tabla 13-1)

Tabla 13-1. Resumen de las evaluaciones en los casos de estudio

Aspecto evaluado	Evaluaciones			
	El Palmito	Macromedición	DR Santo Domingo	ECCACIV
Grado de cumplimiento de la necesidad que originó la medición	Totalmente	Parcialmente	Mínimamente	Parcialmente



Cumplimiento de los requerimientos de medición	1	1	1	1
Análisis de la problemática relacionada	1	1	1	1
Selección y suministro de equipo	1	0.5	1	0.8
Colocación, puesta en operación y recopilación de información	0.8	0.5	0.8	0.66
Funcionamiento continuo del CIME	0.67	0	0	0.33
Total	0.88	0.32	0.89	0.77

Los resultados son diversos e interesantes; se recuerda que la calificación tiene una escala de cero a uno. La aplicación del CIME en las extracciones de la presa El Palmito indica que a pesar de que se satisfacen totalmente las necesidades de originaron la medición, no se tiene una buena calificación dado que se tienen algunas fallas en la recopilación y envío de información a oficinas y en el funcionamiento continuo del CIME. En cuanto a la evaluación de la macromedición (aplicada en la Junta Municipal de agua y Saneamiento de Chihuahua) se cumplen parcialmente las necesidades que originan la medición y además se tiene una muy baja calificación, de hecho la más baja. Ello se debe, como se puede apreciar, a una calificación de cero en el funcionamiento continuo del CIME. Los otros dos casos obtienen calificaciones similares alrededor de 0.8; en ambos casos se tiene una calificación regular (0.8) en la colocación, puesta en operación y recopilación de información, pero también en ambos casos se obtienen calificaciones malas en el funcionamiento continuo del CIME, incluso en el DR Santo Domingo se tiene una calificación de cero en este aspecto.

Como puede apreciarse en la Tabla 13-1, las mejores calificaciones están en los aspectos de cumplimiento de los requerimientos de medición y del análisis y solución de la problemática relacionada. Ello se debe, muy probablemente, a que los equipos seleccionados cubren lo que se pide y se pueden colocar sin mayor problema. Las bajas calificaciones se deben a descuidos de recopilación de información, mantenimiento y arreglo de fallas en los sistemas de medición.

Con los ejemplos anteriores se demuestra que la propuesta del Círculo de la Medición Efectiva (CIME) es una herramienta adecuada para evaluar el desempeño de sistemas de medición comparando dicho desempeño con las necesidades que generan la medición y con las diferentes acciones y actividades necesarias para llevar a cabo el acto de medir.

El CIME no es una herramienta desvinculada del sentido común o de la lógica, ya que por medio de sencillos análisis de los sistemas de medición y sus componentes, los operarios o usuarios se pueden dar cuenta de la eficacia y desempeño de los proyectos de medición. Precisamente el sentido común y la lógica son los fundamentos de la



propuesta; el mérito del CIME es que sirve como medio para las opiniones y evaluaciones sean claras, objetivas y coherentes. De esta manera, se puede mostrar el desempeño de un proyecto de medición a comunidades y personas ajenas al proceso con fines de conseguir méritos o demostrar errores con alta claridad y baja ambigüedad.

Se recomienda ampliamente el uso de la herramienta propuesta en casos de proyectos de medición, programados o realizados, sobre todo en aquellos casos donde se tratan sistemas complejos, ya sea por su instrumentación o por la cantidad de medidores, y que consecuentemente involucran cantidades considerables de recursos económicos, donde la optimización de los mismos siempre es deseable.



14. Referencias

De Pina V. R. (2000). *Diccionario de Derecho*. México: Editorial Porrúa.

Ley de Aguas Nacionales. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México Distrito Federal. 24 de marzo de 2016.

El siglo de Torreón (2016). El coloso del Nazas: 70 años de la presa 'El Palmito', expectativas y realidades. Recopilado el 7 de febrero 2017 de:
<https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1269632.el-coloso-del-nazas-70-anos-de-la-presa-el-palmito-expectativas-y-realidades.html>

Gaxiola I. (2012). Se ha logrado estabilizar el acuífero del Valle de Santo Domingo. *peninsulardigital.mx*. Recopilado el 17 de febrero de 2017 de:
<http://peninsulardigital.com/municipios/se-ha-logrado-estabilizar-el-acuifero-del-valle-de-santo-domingo/64366>

Ochoa H. L. A. (2000). Métodos y sistemas de medición de gasto. Jiutepec México: Comisión Nacional del Agua e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Patiño G. C., Pedroza G. E., García V. N. H. y Martínez A. P. F. (1996). *Revisión, evaluación y diagnóstico técnico de la infraestructura y prácticas de aforo en las obras de toma de 10 de las principales presas de riego del estado de Sinaloa. Informe interno*, Jiutepec, México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Pedroza G. E., Arroyo C. V. M, Ochoa A. L. H., Ruiz A. J. A y Santana S. J. S. (2001). *Propuesta tecnológica para mejorar la medición en pozos agrícolas*. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Pedroza G. E. y Patiño G. C. (1997). *Medición automatizada de caudales y volúmenes derivados de 20 presas del país. Informe interno*. Jiutepec México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Pedroza G. E. y Patiño G. C. (1998). *Modernización de técnicas de aforo en presas, segunda etapa. Informe interno*. Jiutepec México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.



Pedroza G. E. y Patiño G. C. (1999). *Modernización de técnicas de aforo en presas, tercera etapa. Informe interno.* . Jiutepec México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Pedroza G. E. (2005). Medidores de gasto y volumen para pozos profundos. En Selección. Diseño y evaluación de sistemas de riego, Tomo 2. México: Semarnat, Conagua e IMTA. XVI-1 a XVI-27.

Pedroza E. (2016). *Medición de flujo volumétrico en presas, canales y pozos*

Saénez, E. M., Vélez, E. P., García, A. E., & Hernández, A. L. S. (2002). Problemas operativos en el manejo del agua en distritos de riego. *Terra latinoamericana*, 20(2), 217-225.

Troyo D. E., Cruz F. A., Norzagaray C. M., Beltrán M. L. F., Murillo A. B., Betrán M. F. A., García H. J. L. y Vadéz C. R. D. (2010). Agotamiento hidro-agrícola a partir de la Revolución Verde: extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México. *Estudios Sociales*. 18 (36).



15.1 Descripción de la presa

Con objeto de aprovechar en riego, control de avenidas y otros usos de las aguas del río Nazas, se construyó la presa Lázaro Cárdenas, que consiste esencialmente en una cortina de tipo de tierra, provista en la ladera izquierda de una obra de toma y en el puerto de La Soledad, la obra de excedencias.

15.2 Información general

Localización: En la boquilla de El Palmito, a unos 4 Km aguas abajo de la confluencia de los ríos Ramos y del Oro y aproximadamente a 200 Km aguas arriba de la ciudad de Torreón, en el municipio de Indé, del Estado de Durango.

Vías de comunicación: De la ciudad de Torreón a la Zarca, vía Bermejillo, 159 Km de la Zarca a El Palmito, 39 Km. Por Durango: de la presa a La Zarca 240 Km.

Propósito: Se construyó con el fin de controlar los escurrimientos del río Nazas; para dar riego a una superficie de 90 000 Ha. del Distrito de Riego No. 17- Región Lagunera; para proteger contra inundaciones a las zonas de riego y las ciudades de Lerdo, Gómez Palacio y Torreón, así como la retención de arrastre de sólidos.

Fechas de construcción: Fue construida por administración, por la Comisión Nacional de Irrigación, en el período de 1936 a 1946.

15.3 Datos hidrológicos

Río: Nazas, que lo forman los ríos Ramos y El Oro.

Cuenca: De 19 085 Km², localizada en el Estado de Durango.

Escurrimiento anual:

Período: De 1929 a 1967.

Máximo: 2 453 millones de m³.

Mínimo: 255 millones de m³.

Promedio: 1 098 millones de m³

Avenida máxima registrada: de 6 500 m³/s el día 13 de septiembre de 1968.



15.4 Características de almacenamiento

Área del embalse: 11 350 Ha. a la elevación 1 620.15 m, cresta del vertedor.

13 400 Ha a la elevación 1 626.00 m, nivel de aguas máximas.

Capacidades del vaso, en millones de m³: Total, hasta la elevación 1 620.15 m, cresta del vertedor, 3 000; para azolves, 400; útil, 2 600; superalmacenamiento, hasta la elevación 1 626.00 m N.A.M.E. 1 055.

Actualmente se tiene un volumen estimado de 37 millones de metros cúbicos de azolves.

15.5 Obra de excedencias

Descripción: Está alojada en el puerto de La Soledad y descarga los excedentes al arroyo del mismo nombre, que a su vez los conduce al cauce del río Nazas, a unos 600 m aguas abajo de la cortina.

Vertedor de tipo de cresta libre de planta curva. Al pie del cimacio un plano horizontal a la elevación 1 014.66 m en forma de abanico, que converge a un canal de 29 m de ancho, que tiene 600m de longitud.

Avenida de diseño: 15,000 m³/s

Longitud de la cresta libre: 230.91 m.

Capacidad máxima de descarga: 7,500 m³/s con carga de 5.85 m.

Características generales de las diferentes partes que componen la obra de excedencias:

Vertedor. De descarga libre, proyectado en perfil Creager, con planta curva siguiendo una línea de tres centros, simétrica con relación al eje de la obra de excedencias. Una superficie plana a la elevación 1 014.66 m, con forma de abanico, liga la traza del cimacio con la de transición del vertedor al origen del canal de descarga.

Canal de descarga. Se desarrolla en curva circular, con pendiente variable y con sobreelevación de la plantilla por el extradós. Taludes de 1:1 en las paredes. Todo de concreto reforzado. Termina en un deflector de 10 m de longitud, rematado en un dentellón profundo. El régimen de escurrimiento es rápido y la máxima velocidad estimada, es de 30 m/s.



15.6 Obra de toma

Descripción: Tres túneles que se perforaron en la ladera izquierda y que se utilizaron para desvío del río, en la etapa de cierre de la cortina. Los túneles son de sección circular, de 6.00 m de diámetro, revestidos con concreto simple; tienen longitudes diferentes de 561.235, 592.175 y 621.700 m. Se localizaron con separaciones de 25 m de centro a centro.

Gasto máximo de diseño: 200 m³/s.

Características generales de las diferentes partes que componen la obra de toma:

Rejilla: Alojada perimetralmente en cada una de las tres torres de sección circular, conectadas a los túneles y que constituyen el acceso de la toma. Las entradas de los túneles se taponaron con concreto y por medio de codos verticales de 90° de deflexión se unieron las torres de las rejillas con los túneles.

Caseta de operación: Para operar las compuertas de emergencia, se construyó una caseta con desplante a la elevación 1 630.00 m y en el extremo superior de las galerías inclinadas por las que deslizan las compuertas. La caseta es de 14.00 m de ancho por 69.00 m de longitud.

Galería de válvulas y lumbrera: La galería, que es de 6.40 m de ancho, 10.50 m de alto y de 63.57 m de longitud, sirve para alojar las válvulas de servicio, sus equipos de operación y accesorios. El acceso a ella se hace por medio de una lumbrera vertical de 68.75 m de profundidad, localizada en la corona de la cortina, sobre una línea vertical que queda a 0.80 m del eje de la galería de válvulas. El conjunto de galería y lumbrera tiene como función principal, servir de conductos para el mantenimiento y las reparaciones de las válvulas y sus equipos. Para ello se encuentran instaladas dos grúas viajeras de capacidades adecuadas, una de la galería y otra en la caseta que remata el tiro de la lumbrera. Los servicios verticales, además del de la grúa viajera, comprenden a un elevador y una escalera de caracol para emergencia.

Las dimensiones de la sección transversal de la lumbrera son de 8.25 m de largo por el eje y de 2.45 m de ancho, con valor máximo de 4.05 m en una zona ampliada por dos sectores circulares simétricos.

Tapones: En la parte media de los túneles, se colaron tapones de concreto simple de 17.94 m de longitud. En ellos se empotraron tres líneas de tubería de acero, de 3.708 m (146") de diámetro y de 15.84 m de longitud.



Válvulas de operación: Servicio: De tipo mariposa de 2.18 m (86") de diámetro, instaladas mediante conos de reducción en los extremos de las tuberías. Están alojadas en cámaras de operación que comunican con la galería transversal, a los túneles.

Emergencia: Tres compuertas deslizantes Broome de 4.00 x 6.00 m, que corren sobre un plano inclinado, con pendiente de 2:1. Fabricadas por la Cía. Phillips and Davis de E.U.A.

15.7 Operación

Fecha en que entró en servicio: En el año de 1946.

Extracción media anual: 783 000 000 m³.

Almacenamiento máximo: 3 590 000 000 m³ en septiembre de 1968.

Gasto máximo derramado: 3 350 m³/s el día 14 de septiembre de 1968.

COMPORTAMIENTO

Vaso: No se han observado pérdidas de agua importantes por infiltración en el vaso.

Cortina:

Asentamientos: Las nivelaciones realizadas en diferentes períodos muestran hasta el año de 1958, un asentamiento del orden de 0.18 m y se ha observado un asentamiento del orden de 0.05 m; considerando las elevaciones actuales con las de diseño, se obtiene un asentamiento aproximado del orden de 0.65 m, que representa el 0.7 por ciento con respecto a la altura total.

Desplazamiento: De acuerdo con las observaciones realizadas recientemente los movimientos laterales de la cortina son insignificantes.

Grietas: En la margen izquierda, coincidiendo con el cambio de pendiente, se han presentado grietas transversales al eje de la cortina, las cuales se han explorado mediante trincheras, encontrándose que desaparecen con la profundidad y no han progresado con el tiempo.

Filtraciones: A través del sistema de fallas de las formaciones riolíticas y de las tobas permeables (ignimbritas), se han presentado filtraciones importantes en ambas laderas de la cortina, así como también en el arroyo de La Soledad donde descarga el vertedor de



excedencias. Estas filtraciones varían con los niveles de agua en el vaso y su respuesta es diferida (aproximadamente un mes), pero a través del tiempo de operación de esta obra, las filtraciones no se han incrementado y las aguas han permanecido claras, por lo que no ofrecen ningún peligro.

15.8 Observaciones generales:

- En su época fue la cortina más alta construida en México y una de las más importantes por su altura y capacidad en el mundo.
- Para su tratamiento se tuvo especial cuidado, por las condiciones geológicas tan desfavorables por los dislocamientos de las formaciones debidas a fallas, no obstante lo cual se han tenido filtraciones que no ponen en peligro la estructura, en los empotramientos de la cortina.
- Durante su construcción se presentó una de las mayores avenidas registradas en septiembre de 1944, del orden de 6 200 m³/s, la cual fue regularizada por el vaso a un valor de 1 400 m³/s, habiéndose librado de inundaciones importantes las ciudades de Torreón, Gómez Palacio y Lerdo y zonas ribereñas.
- La obra de toma para fines de riego, provista de válvula de mariposa para operación, es un caso especial que fue motivado para ahorrar materiales de acero durante la Segunda Guerra Mundial y fue diseñada para trabajar con aberturas parciales.
- En la construcción del corazón impermeable se utilizaron terrazas de gravas, arenas y limos y es una de las primeras cortinas en que la colocación de los materiales se hizo bajo la vigilancia del laboratorio de campo, ajustando la humedad del suelo empleado en el terraplén a la óptima Proctor.
- Para aliviar presiones hidrostáticas, en la margen izquierda, a la salida de los túneles de la obra de toma, se ha construido un sistema de drenes horizontales, permitiendo abatir los niveles freáticos.

15.9 Historia de los 70 años de la presa El Palmito

De la publicación del día jueves 6 de octubre de 2016 del diario "El siglo de Torreón se obtuvo la siguiente información (El siglo de Torreón, 2016)

Con este proyecto, se esperaba asegurar ciclos agrícolas con un volumen de mil 200 Mm³ de agua para el riego en la región Lagunera, en promedio, y el plan original proponía incluso la construcción de una planta hidroeléctrica para generar energía que se destinaría a la extracción de agua de pozos a muy bajo costo, lo que no se concretó debido a lo irregular de los escurrimientos en el Nazas.



La presa se localiza en el municipio de Indé, en Durango. Tiene una capacidad total de cuatro mil 278 millones de metros cúbicos (Mm³), que es el Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME), mientras que el Nivel de Aguas Máximo Ordinario (NAMO) es de dos mil 689 Mm³.

INAUGURACIÓN

El 6 de octubre de 1946, el entonces presidente de la República, Manuel Ávila Camacho, acompañado por el expresidente Lázaro Cárdenas, visitaron la región de Palmito para inaugurar la obra, a la que se referían como la "gran presa", pues en su momento fue de las más grandes a nivel mundial.

El Siglo de Torreón publicó en su edición impresa que Ávila Camacho, por medio de un botón electrónico, abrió la compuerta de uno de los tres túneles y recibió un abrazo del general Cárdenas, en honor a quien se nombró la infraestructura hidráulica, esto mientras corría el agua al lecho del río Nazas.

La cortina de El Palmito era considerada de las más altas del mundo y la obra en sí estaba entre las cinco de mayor relevancia a nivel global. El costo total de la presa fue, en ese momento, de 70 millones 336 mil pesos. La capacidad del vaso era de tres mil Mm³, la altura en la cortina de 92 metros, con una capacidad del vertedor de 6 mil m³/s.

La inversión durante la administración de Lázaro Cárdenas fue de 19 millones 826 mil pesos y con Ávila Camacho, de 50 millones 510 mil pesos. La operación estaba a cargo de la entonces Comisión Nacional de Irrigación, que posteriormente sería la Comisión Nacional del Agua (Conagua).

La Laguna era considerada como la zona agrícola más importante del país, crecían las inversiones en este sentido y el régimen irregular del río ponía de manifiesto la necesidad de una presa para este sector, por lo que se eligió en El Palmito, a tres kilómetros aguas abajo de la confluencia de los ríos de Ramos y El Oro.

Debido a la importancia agrícola, en el proyecto original la presa alimentaría a una hidroeléctrica, por lo que uno de sus tres túneles sería utilizado para generar energía eléctrica y no contaba con compuerta, pues se instalaría tubería de presión para llevar el agua a las turbinas de la planta eléctrica que generaría 40 mil caballos de fuerza, a destinarse en la extracción de agua del subsuelo en la Comarca Lagunera, por medio de norias, "en forma económica y eficiente".

De esta forma, los otros dos túneles proporcionarían gastos de 90 a 140 metros cúbicos por segundo (m³/s). Sin embargo, este proyecto nunca se concretó debido a que el río Nazas nunca ha sido constante en sus avenidas y ello requería un flujo constante de agua.

Se construyó además una estatua de Cárdenas de 9 metros de alto por dos de pedestal, flanqueado por estatuas de un campesino y un obrero.

TEMOR



En la región, una tendencia contradictoria a la obra hablaba de que "encadenar al Nazas" sería funesto para la Comarca, dadas sus especiales características. Existía un ambiente de alarma, no tanto por el tema ecológico sino por la pérdida de volumen en la evaporación y en la infiltración al subsuelo.

Entre los agricultores había el temor de que se perdieran grandes volúmenes debido a la distancia de las hectáreas a regar, así como por la evaporación, que según los técnicos, no llegaría al 1 por ciento, mientras que por el primer factor se generarían pérdidas los primeros 10 a 20 días, pero una vez impregnado el lecho, el agua tomaría su cauce uniforme.

La presa aseguraba que la superficie de riego en La Laguna dependería de su volumen de almacenamiento. En el 46, el volumen medio de las avenidas anuales era de mil 200 Mm³, pero ese año fue más seco que los anteriores, pues sólo se había logrado captar 500 Mm³.

NEGOCIACIÓN

La presa Lázaro Cárdenas originalmente sería construida en el Cañón de Fernández, cerca de donde se ubica actualmente la presa Francisco Zarco. Pero el proceso tomó varios años. De acuerdo al texto Estudio del Río Nazas, desde el 15 de mayo de 1897 se comenzaron a hacer los levantamientos topográficos y perforaciones de prueba en ese sitio, habiéndose terminado las explotaciones en 1901. Como resultado de los estudios y de un informe geológico, se resolvió en definitiva que se construyera una presa en el Cañón de Fernández. Se celebró incluso un contrato con la firma Pearson, de Londres, Inglaterra, con el objetivo de ampliar los estudios e iniciar la construcción.

En junio de 1910, la empresa rindió un nuevo informe suplementario en el que proponía una presa en el sitio conocido como El Palmito. En febrero de 1926 se realiza la primera reunión de la denominada "Asociación para el Fomento de la Presa sobre el Río Nazas", en la que participaron más de 70 personas de élite social y política local, incluyendo a los entonces gobernadores de Coahuila y Durango, el presidente de la Asociación fue Plácido Vargas, un terrateniente de río abajo.

Tras años de negociación con los terratenientes de la época para la construcción de la presa en El Palmito, finalmente se concreta en 1936. La presa se convirtió en el complemento hidráulico indispensable para llevar al éxito el ambicioso proyecto del reparto agrario de Lázaro Cárdenas.

En 1936, la presa era un cañón formado por dos cerros a través del cual corrían libremente las aguas del Nazas, donde se construyó la obra de ingeniería.

En el primer proyecto, la presa tendría una capacidad de mil 812 Mm³ y el embalse cubriría un área de seis mil 800 hectáreas, pero la obra definitiva fue mayor, con una capacidad de tres mil Mm³ y un área de 11 mil 155 hectáreas. El 5 de diciembre de 1929, el Gobierno federal declaró de "utilidad pública" la construcción de las obras de regularización del Nazas. Los estudios y proyectos los continuó en 1930 la Comisión Nacional de Irrigación.



En 1936 se iniciaron las obras, que siguieron sin interrupción durante 10 años, pero no quedaron concluidas, pues faltaba la instalación de las unidades hidroeléctricas que permitirían generar corriente a bajo precio y suministrar energía económica para los equipos de bombeo que aumentaban en el área regada del Distrito de Riego de la Comarca Lagunera, así como las obras de distribución que necesitarían acondicionarse. También se contemplaba construir una presa en el río Aguanaval.

Se llamó a la presa una garantía de estabilidad para el ciclo agrícola de la región, pues la superficie variaba de 34 mil hasta 175 mil hectáreas según la disponibilidad de agua, de modo que se esperaba que llegaría a 160 mil cada año. Esto además de la prevención de inundaciones devastadoras para los municipios de Torreón, Gómez Palacio, Lerdo y San Pedro.

"Los tres mil Mm³ se podrán almacenar, constituirán un depósito regularizador de que se echará mano en años malos para suplir la deficiencia de las lluvias. También un elemento domesticado, que se irá distribuyendo para bien de los cultivos y sin el riesgo de que se pierdan volúmenes considerables, como ha ocurrido inveteradamente cuando el río arrastra, avenidas como las que, en términos locales, se llaman incontrolables", dijo en su mensaje el secretario de Agricultura, en la inauguración de la presa, hace 70 años.

Entre 1936 y 1946 pasaron por la represa de San Fernando, en Lerdo, volúmenes anuales, en promedio, de mil 281 Mm³, pero sólo se aprovechó el 85 por ciento para el riego. En la región se sembraba algodón y trigo, y en menor proporción alfalfa y vid.

MODIFICACIÓN

En los años 70 se realizaron modificaciones en la estructura del vertedor con el propósito de mejorar el control de avenidas y, de esta manera, regular los gastos de salida para mantener las medidas preventivas para cuidar la seguridad de las personas que habitan cerca de la presa.

En la evolución de la presa Lázaro Cárdenas, hubo varias etapas donde se hacen diferencias en los niveles. En 1972 se llevó a cabo la sobreelevación de la presa y se modifican sus características para controlar el agua que sale, a fin de tener mayor seguridad en la zona conurbada de la región Lagunera. La elevación de la corona de la cortina ya no es la mil 630 sobre el nivel del mar, sino la mil 635 para sobreprotección del vertedor libre y con la finalidad de contar con un tercer vaso.

A principios de los años 90 se realizó una batimetría de la presa, una medición para verificar las condiciones de azolve, con la finalidad de programar con tiempo los trabajos que permitan continuar las operaciones. Con ello, se construyó una nueva curva de relación, elevaciones y capacidad, lo que hizo que se modificaran los datos respecto a las elevaciones y almacenamientos.

En la última revisión que se hizo a la infraestructura, se inspeccionó a fondo la obra y se encontraron detalles menores como la reposición de algunas escaleras y motores, así como el cableado eléctrico, pero nada significativo. En la revisión anual se verifica



el estado que guardan las cortinas, los azolves y se inspecciona a detalle el vaso, a fin de detectar cualquier corrección que se requiera.

El vaso hidráulico de la presa cuenta con la posibilidad de almacenar un volumen total de tres mil 336 Mm³, tomando en cuenta 1.04 metros debajo de la compuerta, necesarios para controlar la acción del oleaje. Esa cifra es considerada para la capacidad de control de avenidas de la presa y normalmente no es utilizada para referirse a la capacidad objetivo, por cuestiones de seguridad.

En forma temporal, la presa Lázaro Cárdenas puede almacenar hasta cuatro mil 278 Mm³ de agua, que es el NAME, pero se trata de un volumen que no se puede retener. El NAMO es de dos mil 689 Mm³. A partir del NAMO, la Conagua comienza su estado de alerta ante la posibilidad de abrir las compuertas en forma gradual para evitar riesgos de inundación. Si es el final de la temporada de lluvias y el agua llega al NAMO, ya no hay preocupación por descargar, pero si es el inicio o si se acerca algún fenómeno meteorológico, hay que considerarlo.



16. Anexo 2. Información de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua.

Nota:

La información siguiente se tomó de (Rodríguez et al, 2012).

La Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de la ciudad de Chihuahua es un organismo descentralizado de la JCAS (Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua), ésta tiene la competencia de otorgar el servicio de agua potable y saneamiento sólo a lo que respecta a la mancha urbana, donde abastece el servicio por medio de las redes de agua potable como de alcantarillado.

El agua potable suministrada a la ciudad proviene de 136 pozos profundos, de éstos 134 pozos están activos en el periodo enero a diciembre del 2010). La ciudad se suministra casi la totalidad del volumen producido (95.67% del volumen total suministrado a la ciudad) de la extracción de agua de los pozos; además se cuenta con una fuente de abastecimiento superficial que es la presa Chihuahua, que suministra sólo el 4.33 % del volumen de agua, aunque esta fuente de suministro se utiliza sólo en ciertos meses del año (entre junio y agosto).

Según el Cuestionario de Información básica de los organismos operadores de los sistemas de agua potable y alcantarillado que recaba la CNA en forma semestral; la JMAS tiene al 2007, 94.0 % de cobertura de servicio de agua potable en red y 92 % en cobertura de alcantarillado. En cuanto al proceso de potabilización, es mediante cloración en todas las fuentes, en los que se hacen muestreos aleatorios para verificar la calidad del agua según la norma oficial mexicana; la regularización del servicio de agua potable se lleva a cabo a través de tanques de almacenamiento, que permiten absorber las variaciones horarias de la demanda de agua de la población.

Tabla 16-1. Cobertura de los servicios públicos en la ciudad de Chihuahua (fuente: Enciclopedia de los municipios de México, Chihuahua, 2007)

Servicio Público	Cobertura
Agua potable	94.0%
Cobertura de drenaje urbano	92.0%
Energía eléctrica	98.0%
Alumbrado Público	90.0%



El abatimiento de las fuentes de abastecimiento de agua potable, así como el crecimiento poblacional de la ciudad, ha obligado, para satisfacer la demanda, a recurrir a la construcción de obras de captación en zonas alejadas de la mancha urbana, cuya complejidad técnica tiene costos elevados, para esto se cuenta con la operación de 7 conducciones de agua, el principal de ellos es la conducción El Sáuz Etapas I y II, por el que se inyecta a la red caudales de hasta 900 litros por segundo.

Tabla 16-2. Incorporación de nuevas fuentes de suministro de agua potable a la ciudad de Chihuahua (fuente: JMAS)

Fuentes de suministro (Batería de Pozos y conducciones de agua)	Ubicación de la Fuente	Año de construcción
Ojos del Chuviscar y Panamericana	Acuífero Chihuahua-Sacramento	1968
Sacramento Viejo	Acuífero Chihuahua-Sacramento	1977
Sacramento Norte y Tabalaopa Aldama	Acuífero Chihuahua-Sacramento y Acuífero Tabalaopa-Aldama	1980
Tabalaopa Nombre de Dios	Acuífero Tabalaopa-Aldama	1985
Sáuz I Etapa	Acuífero Sáuz-Encinillas	1986
Sáuz II Etapa	Acuífero Sáuz-Encinillas	1996
Pozos Puerta de Chihuahua	Acuífero Tabalaopa-Aldama	2004

La cobertura de drenaje sanitario es del 92%, en cuanto al alcantarillado pluvial existe en algunos sectores de la ciudad, al norte y centro, mediante captación y encauzamiento, subterráneo principalmente. En general, el agua de lluvia corre por las rasantes de calles hasta conducirse a los arroyos que cruzan la ciudad. Estos a su vez tributan al río Sacramento en el sentido sur-norte o al Chuviscar en el sentido oeste-este.

En la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua la Misión es preservar el recurso del agua, para satisfacer la necesidad de abastecimiento a la comunidad, sirviendo siempre con vocación. El código de ética se fundamenta básicamente en la observancia y cumplimiento de los VALORES que se aplican en el desempeño de las funciones, los cuales son: Responsabilidad, honestidad, amabilidad, espíritu de servicio, puntualidad, ser trabajadores, disponibilidad, honradez y respeto.

El objetivo en lo general se enfoca en proporcionar con calidad y eficiencia los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a la comunidad chihuahuense, específicamente:

- Extraer, conducir, potabilizar, almacenar y distribuir agua potable en calidad y cantidad óptima que satisfaga las necesidades de nuestros usuarios, así como ampliar la red de distribución necesaria para satisfacer la demanda a corto, mediano y largo plazo.



- Colectar, conducir y tratar el agua residual para contribuir al saneamiento ambiental de la ciudad y evitar posibles riesgos de salud, ocasionado por la exposición de las aguas negras a cielo abierto.
- Incrementar el volumen y promover el uso del agua recuperada en la industria, comercio, escuela y riego de parques y jardines para contribuir al ahorro del agua potable.
- Procurar la satisfacción de los usuarios de los servicios que la Junta presta a la ciudad de Chihuahua, a través de la mejora continua en los procesos de contratación, lectura, facturación, cobro y atención personalizada, así como detectar y atender las necesidades, quejas y sugerencias de los mismos
- Sensibilizar a la población del municipio de Chihuahua sobre el uso responsable del recurso agua y la no contaminación de la misma.

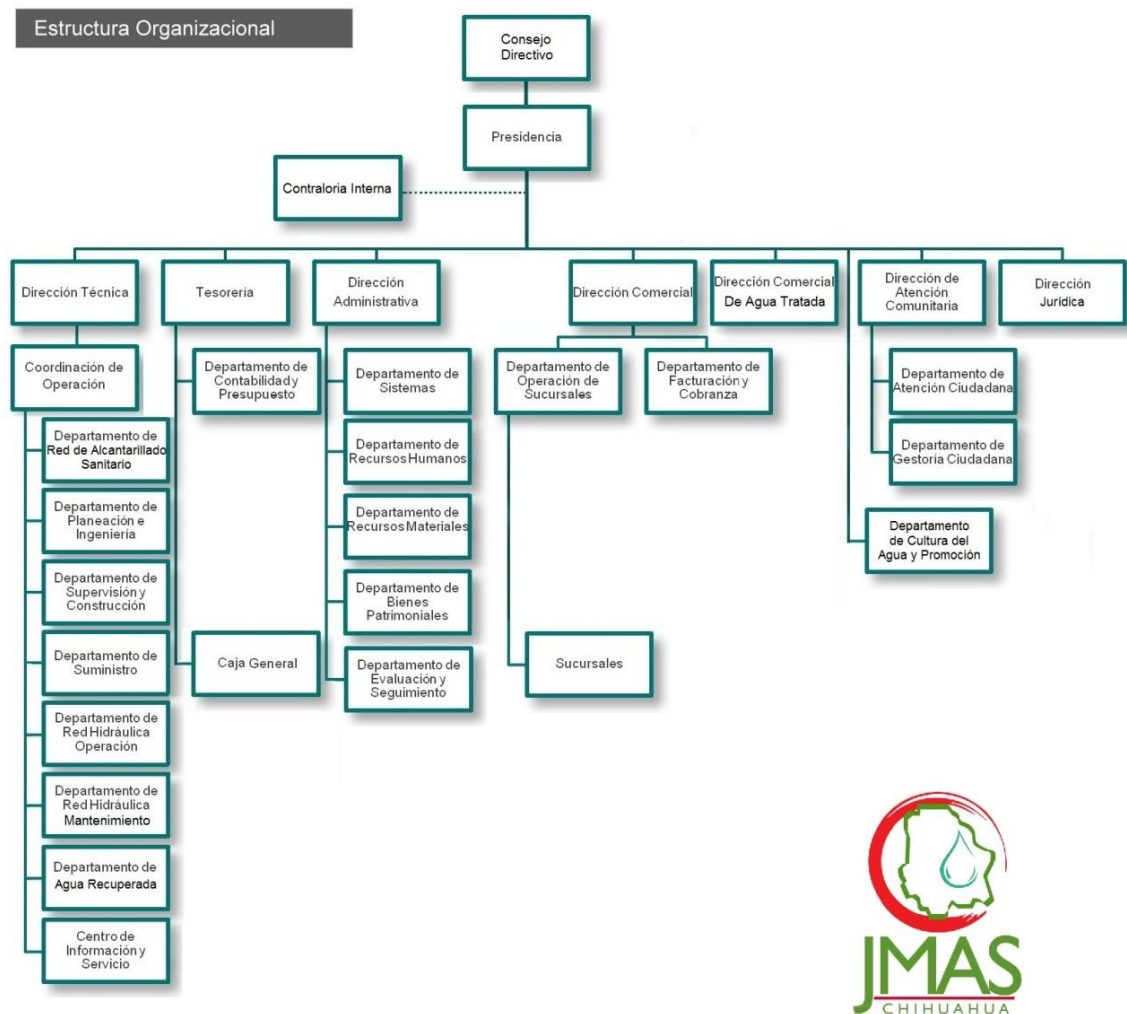


Figura 16-1. Estructura orgánica de la JMAS Chihuahua



La Junta Municipal de Agua y Saneamiento de la Ciudad de Chihuahua, surge a la vida jurídica mediante el decreto que expide el Congreso Constitucional del Estado de Chihuahua, y se publica en el periódico Oficial del Gobierno del Estado de Chihuahua con fecha viernes 19 de Junio del año 1936. El Código Administrativo de Chihuahua, tipifica los servicios de agua potable y saneamiento, en los artículos del 1548 al 1604, en los que encuadra las atribuciones de la Junta Central de Agua y Saneamiento, con domicilio en la capital de Estado, así como las de las Juntas Municipales de Agua y Saneamiento, considerándolas como organismos descentralizados de la Junta Central, con personalidad jurídica y patrimonio propios y competentes para la prestación de los servicios de agua y saneamiento.

Las Juntas Municipales de Agua y Saneamiento, de acuerdo al Código Administrativo de Chihuahua, se consideran como organismos descentralizados de la Junta Central, con personalidad jurídica y patrimonio propios y competentes para la prestación de los servicios de agua y saneamiento.

De acuerdo al decreto que expide el Congreso Constitucional del Estado de Chihuahua, y se publica en el periódico Oficial del Gobierno del Estado de Chihuahua la fecha de creación de la junta Municipal de Agua y Saneamiento es el viernes 19 de Junio del año 1936.

La Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, realiza las actividades necesarias para la extracción, potabilización, conducción y distribución de agua potable para del municipio de Chihuahua, así como también las actividades necesarias para el adecuado saneamiento y alcantarillado sanitario.

Realiza en sí, las actividades específicas para la que fue creada, que son:

- Prestar y administrar los servicios de agua, alcantarillado sanitario y saneamiento a la población de Chihuahua.
- Recaudar los pagos por dichos servicios.
- Llevar a cabo el mantenimiento y rehabilitación de las redes de conducción, distribución y red de atarjeas mediante las cuales se provee de los servicios antes mencionados.
- Formular los programas de obra, así como el presupuesto anual de ingresos y egresos y someterlo posteriormente para su aprobación a los Consejos Directivos, tanto del Organismo como el de la Junta Central.

Los servicios que presta a la ciudadanía están en función de las actividades que realiza, dotando a la comunidad de agua potable, agua residual tratada en los casos requeridos, además de un adecuado alcantarillado sanitario y el saneamiento respectivo.



En la JMAS se tiene un total de 876 empleados distribuidos de la manera siguiente (ver Tabla 16-3): en Administración laboran un total de 220 personas, en Operación se tiene 378 empleados, en el área de comercialización trabajan 153 personas y eventuales y otros se cuenta con 125 personas. De los 876 empleados 695 personas son sindicalizadas y 181 son personal de confianza. Se tienen 96 pensionados en la JMAS.

Tabla 16-3. Empleados en la JMAS

Empleados	Número
Administración	220
Operación	378
Comercialización	153
Otros – eventuales	125
Total personal activo	876
Jubilados y pensionados	96
Personal de confianza	181
Personal sindicalizado	695

La JMAS está conformada por diferentes direcciones y coordinaciones (ver Figura 16-1) como son:

- Coordinación de Evaluación y Seguimiento
- Cultura del Agua y Promoción
- Coordinación Jurídica
- Dirección Técnica
- Tesorería
- Dirección Administrativa
- Dirección de Atención Comunitaria
- Dirección Comercial

A continuación se hace una descripción de cada una de las direcciones.

Coordinación de Evaluación y Seguimiento

Dar seguimiento a las solicitudes de los vecinos respecto a ampliaciones de las redes de agua potable y alcantarillado sanitario, hasta la terminación de la obra y la contratación de estos servicios con la Junta Municipal de Agua y Saneamiento.

- Coordinar y controlar las solicitudes de los usuarios, verificando que cumplan con las especificaciones de las normas establecidas para ampliación de redes de agua potable y alcantarillado.



- Indicar a los nuevos solicitantes el importe de la aportación correspondiente y tramitar su cobro.
- Elaborar con los usuarios el convenio conforme al cual se realizará la obra.
- Apoyo al departamento del padrón de usuarios con información de la ejecución de la obra para que en el momento de contratar las tomas domiciliarias, los futuros usuarios cumplan con los requisitos y cuotas establecidas.
- Atender a los usuarios que soliciten el servicio de agua potable y alcantarillado.
- Recabar la información y estadísticas referentes al número de usuarios solicitantes del servicio.
- Atender y tramitar solicitudes de otras dependencias de los diferentes niveles de gobierno (CUM, Obras Públicas Municipales, SECH, atención ciudadana, etc.

Establecer los medios que faciliten la comunicación interna y externa de la JMAS, para el mejoramiento del servicio y atención a usuarios.

- Atender las indicaciones de su jefe inmediato.
- Investigar las necesidades de comunicación tanto a nivel externo como interno de la empresa para la elaboración de propuestas.
- Planear, implementar y controlar campañas de comunicación social referentes a: cultura del agua, pago oportuno del servicio, acciones y obras de agua potable y saneamiento, comunicaciones especiales de la JMAS.
- Planear y desarrollar investigaciones de mercados que faciliten la toma de decisiones y el mejoramiento del servicio a nuestros usuarios.
- Planear e implementar programas de educación de cultura del agua a nivel infantil.
- Promover la participación ciudadana en campañas o programas de la JMAS.
- Coordinar la comunicación entre la JMAS y medios informativos de prensa, radio y televisión.
- Apoyar a otros Departamentos en cuanto a actividades de comunicación.
- Motivar y apoyar al personal a su cargo a desarrollar su trabajo con calidad y vocación de servicio, y mantener un ambiente de trabajo agradable.
- Comunicar al personal a su cargo la información necesaria para el buen desempeño de sus funciones.
- Coordinar y supervisar las actividades de las áreas que componen el Departamento.
- Informar periódicamente al jefe inmediato sobre las actividades realizadas.
- Las demás que le sean solicitadas para el óptimo funcionamiento del Departamento.



Coordinación Jurídica

La Coordinación Jurídica tiene como objetivo el de revisar y coordinar las acciones y actividades encaminadas a salvaguardar la esfera jurídica y patrimonio de la JMAS e intervenir en todos los aspectos legales que involucran a esta empresa ante Organismos Públicos y Privados, así como realizar todos aquellos trámites legales que requieran la representación legal del Organismo o que le sean encomendados por parte del Presidente y/o el Director Administrativo del Organismo, las responsabilidades principales de la coordinación se enlistan a continuación:

- Intervenir directamente en todo asunto que afecte la esfera jurídica y/o patrimonio de la JMAS, salvaguardándolos de cualesquier afectación, o en su defecto., asesorando la unidad correspondiente para tal efecto.
- Intervenir directamente en todos los procesos legales o de carácter administrativo que requieran la representación legal de la JMAS.
- Intervenir como miembro del Comité de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios de la JMAS.
- Verificar y coordinar:
 - Las regularizaciones de terrenos de instalaciones de la JMAS.
 - Las investigaciones ante el Registro Público de la Propiedad, aspectos de los bienes inmuebles que desee adquirir o necesite afectar la JMAS.
 - Los trámites ante la SCT en ampliaciones de red de los radios de comunicación, así como los pagos anuales correspondientes.
 - Los trámites de permisos de ocupación de derechos de vías en ferrocarriles y carreteras estatales y permisos de cruzamiento.
 - Negociaciones con los particulares con los que la JMAS se encuentre involucrado respecto a pozos y líneas de conducción que ocupa la empresa en terrenos propiedad de particulares.
 - Los trámites de expropiaciones y cualquier otro que tenga integración como trámite administrativo ante el Ejecutivo Estatal o Federal.
 - Las intervenciones en negociaciones relacionadas con accidentes que se susciten con empleados de la empresa ante la Delegación de Tránsito o personas directamente afectadas.
 - Los apoyos a todo tipo de actividades realizadas por el Departamento, en donde se requiera la consultoría legal.
 - La revisión diaria del boletín judicial emitido por el Supremo Tribunal de Justicia del Estado.



- El procedimiento administrativo de ejecución para cobro de créditos fiscales vencidos a favor de la JMAS.
- Las actividades que desarrollan el Jefe de Oficina Jurídico y/o los abogados del Departamento.
- La elaboración de los formatos o escritos que contengan plasmados derechos u obligaciones de la JMAS para efecto de asegurar la salvaguarda o el cumplimiento de los mismos.

Dirección Técnica

La Dirección técnica es la encargada de operar, rehabilitar, sustituir, dar mantenimiento, proyectar, diseñar, construir y supervisar la infraestructura hidráulica actual y futura de la ciudad, entre las que se encuentran: la red de agua potable, red de alcantarillado sanitario, Plantas tratadoras de agua, Tanques de almacenamiento, baterías de pozos, conducciones, etcétera.

La subdirección Técnica que depende de la Dirección Técnica es la que coordina y dirige los diferentes departamentos que se encargan directamente de mantener en funcionamiento y en buen estado de la infraestructura hidráulica (ver Ilustración 16.1), para esto se tienen los departamentos siguientes:

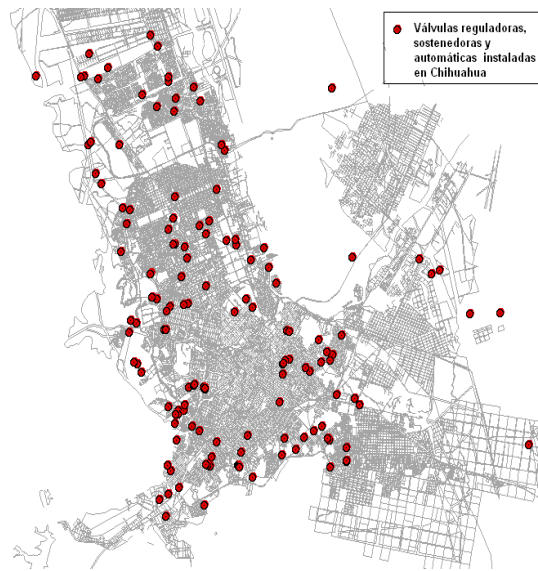


Ilustración 16.2. Válvulas de control ubicadas en la ciudad

Por el tamaño de la red de distribución y para facilitar el mantenimiento y adecuación de la red, la ciudad se dividió en seis zonas (ver Ilustración 16.3), cada una de ellas cuenta con personal y brigadas de campo para la atención de: fugas, reportes de baja presión, falta de agua, etcétera

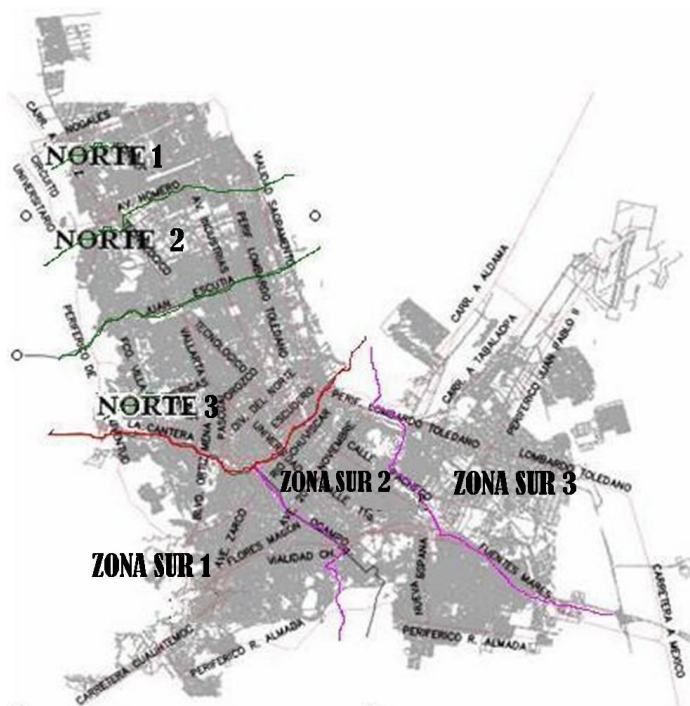




Ilustración 16.3. Zonas de atención para mantenimiento y adecuación de la red de agua potable (Seis Zonas)

El Departamento de Red Hidráulica ha detectado las principales causas que originan la mayor incidencia de fugas en líneas:

- Vida útil de las tuberías de más de 40 años de edad.
- Materiales y tipo de la tubería, principalmente polietileno de alta densidad de mala calidad.
- Fatiga de Trabajo, presiones altas, llenado y vaciado de la red debido al tandeo.
- Actualmente por estadísticas, se tiene detectada una longitud de 90 km. de tubería en mal estado debido al material de la tubería como es el Polietileno de Alta Densidad (PAD).

Los problemas de suministro de agua que genera tandeos en la ciudad:

- Existen zonas de crecimiento sin planeación por JMAS en partes altas de la ciudad, por lo que tienen menos tiempo y presión de servicio, se ha trabajado constantemente para resolver a través de rebombes aislados.
- La infraestructura existente es deficiente en algunos puntos.
- Fugas no visibles y tomas clandestinas, las cuales bajan la presión de la red.
- Seccionamiento para reparaciones de fugas.
- Vandalismo que afecta fuentes de abastecimiento y Telemetría
- Falta de energía en fuentes y rebombes.
- Taponamientos en la red.
- Falta de suministro de agua por falta de infraestructura.
- En verano principalmente por falta de suficiencia de gasto

Como parte de la mejora en el servicio del Agua se tienen ya las acciones siguientes:

- Recuperación e integración del gasto.
- Análisis e implementación del Proyecto Integral de Sectorización.
- Sustitución de tuberías de red general con mayor incidencia de fugas (PAD).



- Análisis y verificación de los distritos aislados incompletos actualmente.
- Propuestas y estudio de nuevas fuentes de abastecimiento para el futuro (3 años).

Departamento de red de alcantarillado y saneamiento

En general, este departamento es quien opera y supervisa el buen funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario y de las estructuras de saneamiento, entre las que se encuentran tres plantas tratadoras de aguas negras, para lograr esto el departamento se divide en dos oficinas: la de alcantarillado y la de saneamiento (ver Ilustración 16.4).

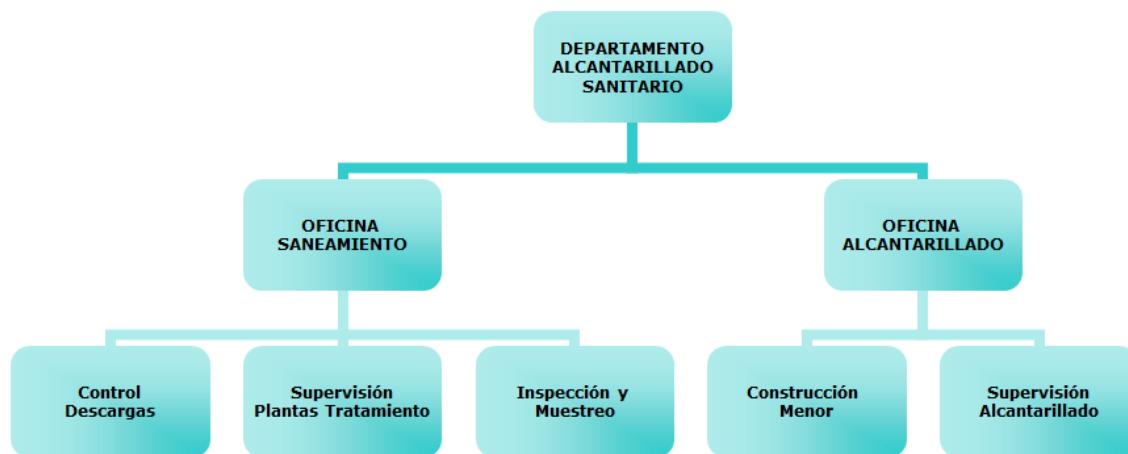


Ilustración 16.4. Organigrama del departamento de alcantarillado sanitario y saneamiento

La Oficina de saneamiento, está encaminada al tratamiento de las aguas residuales y a fomentar el reúso de las mismas por lo que la federación emite la norma: NOM-001-SEMARNAT-96, con la finalidad de Proteger el medio ambiente, salud humana y los ecosistemas



Para lograr lo anterior la JMAS puso en marcha tres plantas tratadoras de aguas residuales, con lo que logra tratar el 100% de las aguas negras.

La Planta Tratamiento Aguas Residuales NORTE:

- Inicio de Operaciones: Enero 1995
- Costo / Inversión: \$45,124,360
- Remoción de Carga Orgánica: 42,000 kg/d
- Capacidad Instalada: 1,200 lps (400 mg/l de DQO)
- Tratamiento: Biológico (Reactor Flujo Pistón)
- Eficiencia del Sistema: 92-95%
- Calidad del Agua Tratada: 30 DBO/30 SST
- Abastecimiento de la Red Morada: 310 lps.

La Planta Tratamiento Aguas Residuales SUR:

- Inicio de Operaciones: Marzo 2006
- Costo / Inversión: \$276,540,520.
- Remoción de Carga Orgánica: 86,400 kg/d
- Capacidad Instalada: 2,500 lps (400 mg/l de DQO)
- Capacidad Hidráulica: 4,500 lps
- Tratamiento: Biológico (Tanque Homogéneo)
- Eficiencia del Sistema: 90-92%
- Calidad del Agua Tratada: 30 DBO/30 SST

La Planta Tratamiento Aguas Residuales BRASA:

- Inicio de Operaciones: Septiembre 2010
- Remoción de Carga Orgánica: 432.5 kg/d
- Capacidad Instalada: 12.5 lps (400 mg/l de DQO)
- Tratamiento: Biológico (Aireación Extendida)
- Eficiencia del Sistema: 95-98%
- Calidad del Agua Tratada: 30 DBO/30 SST



Área de Control de descargas, se encarga de verificar que las descargas a los cuerpos receptores de aguas cumplan de acuerdo a lo establecido en la Ley Gral. Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente, Art. 119-bis. Con esto busca el Saneamiento integral del medio ambiente, la Conservación de la infraestructura hidráulica sanitaria de la ciudad y Mayor eficiencia de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad, entre sus obligaciones está:

- Trámite de permisos y registros de descargas al alcantarillado.
- Generación de inspecciones.
- Generación de oficios referente al control de descargas.
- Notificación a empresas para que se registren.
- Control de prestadores de servicios.
- Atención a personal con solicitudes y trámites de permisos.
- Actualizar base de datos.
- Atención público en general.

Área de Supervisión de Plantas se encarga de la Supervisión de la operación de las plantas de tratamiento, la revisión de calidades y caudales de las plantas, revisión facturas de pago, revisión terreno de lodos, supervisión traslado de lodo, atención visitas escolares, revisión colectores afluentes de las plantas tratadoras, revisión desalojo sanitarios portátiles en la PTARN, revisión desalojo camiones de alta presión en la PTARN y de la revisión de sistemas de tratamiento de aguas residuales particulares.

Área de Inspección y muestreo, tiene como misión y la aplicación de las normas y leyes siguientes:

- Realizar las inspecciones generadas por control de descargas.
- Realización de aforos y muestreos en descargas particulares y colectores.
- Identificación de fuentes contaminantes.
- Atención a denuncias relacionadas con el saneamiento de la red de alcantarillado.
- Inspección de descargas al alcantarillado clandestinas.
- Identificación de escurrimientos superficiales.



- Identificación de establecimientos que no cuentan con permiso de descarga al alcantarillado sanitario.

- NOM-001-SEMARNAT-1996
- NOM-002-SEMARNAT-1996
- NOM-003-SEMARNAT-1996
- NOM-004-SEMARNAT-1996
- NMX-AA-3-1980
- REGLAMENTO DESCARGAS NO DOMESTICAS
- LEY AGUAS NACIONALES
- LEY FED. DE DERECHOS EN MATERIA DE AGUA

La Oficina de alcantarillado se encarga de operar y mantener la red de alcantarillado sanitario, que en total cuenta con una extensión de 2803 km de longitud, de estos se tiene 2345 km de atarjeas que oscilan entre las 6 y 8 pulgadas de diámetro y 458 km de subcolectores, colectores y emisores (ver Ilustración 16.5) con diámetros que oscilan entre las 10 y 96 pulgadas de diámetro.

Área de construcción menor tiene la responsabilidad de;

- Reparar y rehabilitar de la red de alcantarillado sanitario.
- Cortar la carpeta asfáltica, rellenar y compactar las zanjas.
- Limpiar y trasladar de materiales
- También tiene a su cargo coordinar el desalojo de fosas sépticas.

Área de supervisión de alcantarillado realiza la:

- Supervisión de los recursos humanos y materiales de la empresa.
- Tienen a su cargo cuadrillas de trabajadores con varillas rígidas llamadas sondas que son utilizadas para destapar las líneas, para mantenimiento correctivo y rehabilitación de líneas.
- También tienen a su cargo camiones de alta presión y succión los cuales se utilizan para destapar y limpiar tanto líneas de alcantarillado como pozos de visita y mantenimientos preventivo.
- Cuenta con un equipo de mancuernas que son utilizadas para desasolver y rehabilitar colectores.



- Coordinar los Estudios de Dictamen de factibilidades de servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y agua tratada para sectores en expansión de la Ciudad.
- Coordinar la elaboración de expedientes técnicos relacionados con obras y adquisiciones del Organismo Operador, así como en seguimiento a las reglas de operación de los diferentes Programas de inversión.
- Coordinar los estudios, supervisión y seguimiento a nuevas fuentes de abastecimiento a la Ciudad.
- Evaluar, plantear y generar reportes para la integración de proyectos encaminados a obtener fuentes de abastecimiento de agua potable.
- Coordinar la actualizar el padrón de infraestructura hidráulica de la Ciudad.
- Coordinar y administrar la información digital del padrón de redes hidráulicas y sanitarias, en apoyo a diferentes áreas de la JMAS y externas.
- Coordinar la gestión ante Comisión Nacional del Agua de la actualización de los títulos de concesión a cargo de este Organismo Operador.

En la Ilustración 16.6, se muestra el organigrama del Departamento de Planeación e Ingeniería, se divide en cuatro oficinas, Estudios y Proyectos, Personal Especializado en Fuentes de Abastecimiento, Fraccionamiento s y Nuevos Desarrollos y Fotogrametría.



Ilustración 16.6. Organigrama del Departamento de Planeación e Ingeniería

La oficina de Estudios y Proyectos, se encarga de Elaborar los Proyectos Ejecutivos, Anteproyectos, Presupuestos Ejecutivos y Ante presupuestos de obras



de Agua Potable, Agua Recuperada, Alcantarillado Sanitario y Obra Civil, a desarrollar de una Zona en Estudio como objetivos están:

- Apoyar a las áreas de construcción de la J.M.A.S. y J.C.A.S. para la ejecución de las obras de Agua Potable, Agua Recuperada y Alcantarillado Sanitario.
- Mantener actualizadas las especificaciones de los conceptos aplicables a proyectos y presupuestos.
- Mantener actualizado el padrón de normas aplicables a materiales que se consideran dentro de los proyectos y presupuestos para su integración a expedientes técnicos
- Dar Asistencia en visitas de obra, juntas de aclaraciones, aperturas de propuestas técnicas y económicas para la construcción de obras de Agua Potable, Agua Recuperada, Alcantarillado Sanitario y Obra Civil.

- Apoyar en la atención a solicitudes de trámites de tipo constructivo ante dependencias oficiales (S.C.T., FERROMEX, C.N.A., TELMEX, ECOGAS, CORETT, OBRAS PUBLICAS, DESARROLLO URBANO, ETC.)
- Coordinar los estudios de topografía encaminados a elaboración de proyectos.
- Coordinar y elaborar los presupuestos de agua potable, agua recuperada, alcantarillado sanitario, en atención a folios generados en el Depto. de Gestoría y Seguimiento, los cuales en relaciones semanales se envían a dicho Departamento.
- Mantener actualizados los costos de materiales y mano de obra que intervienen en la elaboración de presupuestos (Análisis de Precios Unitarios).

Oficina de Fraccionamientos y Nuevos Desarrollos, tiene la responsabilidad en el crecimiento y ordenamiento de la Ciudad. Ya que es en esta oficina donde se inicia, cualquier tipo de desarrollo habitacional desde la etapa inicial de Proyecto, Supervisión y Administración a hasta la etapa de Recepción de obra, esta oficina le da el seguimiento a cada desarrollo y/o obra hasta, quedar finalmente terminada y lista para ser habitada, cumpliendo esta con todos los Lineamientos, reglamentos, Normas, y leyes aplicables en materia del Agua, Construcción y Ordenamiento.



Oficina de Fotogrametría, como funciones principales es la de Apoyar en la evaluación de los porcentajes de cobertura de los servicios para agua potable, alcantarillado sanitario y agua recuperada, sus objetivos específicos son:

- Apoyar en la respuesta a solicitudes de otros Departamentos de este Organismo Operador, así como a Dependencias Oficiales y Particulares, relacionados con datos informáticos de la infraestructura hidráulica y sanitaria, la cual es de uso restringido a esta oficina.
- Aportar información para reportes de CNA, JCAS, PIGOO, Transparencia y Acceso a la Información, Proyectos Prioritarios, etc.
- Apoyar y dar seguimiento a la elaboración de Dictámenes de Factibilidades de servicio.
- Mantener actualizada la información de las redes de agua potable, alcantarillado sanitario y agua tratada, apoyado en la información de los Departamentos de Dirección Técnica, así como de externos, tales como JCAS, Municipio, etc.

Personal Especializado Fuentes de Abastecimiento, dentro de sus funciones están:

- Supervisar y dar Seguimiento a los estudios de prospección de fuentes potenciales para uso público urbano.
- Supervisar los trabajos de exploración de la fuente, con su respectivo dictamen.
- Supervisar las actividades de aforo de la fuente, hasta la elaboración del dictamen que contiene las características necesarias para su futura incorporación a la red de la ciudad; como: caudal de explotación sustentable, calidad del agua, etc.
- Evaluar las condiciones de operación de las fuentes para abastecer los programas de rehabilitación y/o reposición.
- Apoyar al Departamento Jurídico en los trámites ante Comisión Nacional del Agua relacionados con los Títulos de Concesión a nombre de este organismo operador.
- Crear un sistema de información geográfica de las fuentes, que contiene: ubicación, características constructivas, geohidrológicas, geofísicas, geoquímicas, evolución de operación (caudal, niveles, etc.), situación administrativa ante la Comisión Nacional del Agua, etc.
- Resguardar archivos históricos para consulta de datos de las fuentes explotadas.



- Elaborar de informes para distintas instancias solicitantes, como la Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado, por mencionar algunas.
- Participar en el proyecto ejecutivo para la modelación y sectorización del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad.
- Elaborar del estudio para la potencial recarga artificial de acuíferos utilizando agua residual tratada.

Departamento de Supervisión y Construcción

El departamento está dividido en tres oficinas (ver Ilustración 16.7), que se encargan de las funciones siguientes:



Ilustración 16.7. Organigrama del Departamento de Supervisión y Construcción

La Oficina de Contratación y control de obra



En ésta oficina se cuenta con un jefe de oficina, un Ing. Auxiliar y dos auxiliares de licitaciones.

- Se realizan los procesos licitatorios que pueden ser mediante la Legislación Estatal o Federal.
- Se lleva a cabo el seguimiento de documentación que tramita el departamento, como el control de estimaciones, documentos de licitaciones, escritos, etc.
- Integran y resguardan los expedientes completos de una obra, incluyendo en ellos el expediente técnico, el expediente de licitación y el expediente de supervisión.
- Atiende a los auditores de diversas instancias, tales como:
 - ✓ Secretaria de la Contraloría del Estado
 - ✓ Auditoría Superior del Estado
 - ✓ Auditoría Superior de la Federación
 - ✓ Secretaria de la Función Pública
 - ✓ Comisión Nacional del Agua
 - ✓ Auditores internos, etc.
- Se concentra la información técnica para dar respuesta a las solicitudes que realiza el CUM, acerca de las condiciones que guarda la infraestructura hidrosanitaria.
- Se atienden y elaboran escritos y/o reportes que se requieren en la Dirección Técnica o en el Departamento, para dar respuesta a solicitudes de otras instancias gubernamentales, de contratistas, usuarios, empresas, etc.

Oficina de Supervisión de Obra

En ésta oficina se cuenta con un jefe de oficina, dos Ing. Supervisores y 16 empleados sindicalizados distribuidos de la siguiente manera: 2 topógrafos, 4 encargados de cuadrilla, 2 operadores de cortadora y compactadora, 6 peones, un auxiliar de oficina, y un auxiliar de campo, entre sus funciones se encuentran:

- Supervisar de obras licitadas por la JMAS.
- Elaborar los documentos para llevar a cabo la comprobación de recursos PRODDER.



- Coordinar con el CIS para recepción y entrega de folios relativos al bacheo, supervisión y seguimiento de trabajos de campo de este programa.
- Supervisar líneas principales y tomas domiciliarias construidas por Obras Públicas Municipales en las siguientes Colonias:
- Revisar de manera física de obras ejecutadas por la JCAS, conforme a planos de obra terminada para la coordinación de la recepción por parte de ésta de JMAS.
- Supervisar trabajos de bacheo realizado por proveedores de asfalto y concreto que reiniciaron con requisiciones.
- Dar Atención a auditores para la verificación de los trabajos realizados en campo, los cuales vienen de diversas instancias como:

- | | |
|---|------------------------------------|
| ✓ Secretaria de la Contraloría del Estado | ✓ Auditores internos, etc. |
| ✓ Auditoría Superior del Estado | ✓ Comisión Nacional del Agua |
| ✓ Auditoría Superior de la Federación | ✓ Secretaría de la Función Pública |

Oficina de Supervisión y Ejecución de Obra en apoyo a Colonias

El personal de ésta oficina consta de un Jefe de Oficina, un Ing. Auxiliar y 29 empleados sindicalizados distribuidos de la siguiente manera: dos Choferes, dos Topógrafos, Cuatro Tuberos, Cuatro maestros albañiles, quince peones. Entre sus funciones se encuentran:

- Coordinar las obras autorizadas por Gestoría, que pueden ser a través de convenios con vecinos, donde generalmente la aportación sería 50% como parte de vecinos y el otro 50% JMAS; Por contrato con empresas constructoras; Por administración directa, en donde los vecinos hacen su aportación en especie y la JMAS.
- Coordinar las actividades con el CUM derivado de convenios celebrados en Gestoría, el cual consiste en que la JMAS suministra la tubería, supervisa y hace el entronque a la línea general.
- Supervisar la ejecución de la obra y programa los entronques a la red general, según sea el servicio, de las obras contratadas a través de concursos.



- Elaborar plan de trabajo para la solicitud de materiales por medio de requisición para la ejecución de la obra, en caso de obra por administración directa de la JMAS.
- Coordinar las actividades entre el supervisor y el residente, para plantear la ejecución de la obra así como la distribución del personal a cargo de la misma.
- Programar el inicio de labores con algunas instancias involucradas en la ejecución de la obra como Ecogas, Telmex, Alumbrado Público, etc.
- Elaborar avances semanales y mensuales, así como todo tipo de reportes requeridos en coordinación con el Supervisor y los Topógrafos.
- Revisar y dar seguimiento de estimaciones de obra por contrato.
- Controlar materiales y maquinaria solicitados por requisición por obra terminada.
- Controlar suplencias de personal sindicalizado.
- Apoyar a otros departamentos para construcción de pozos de visita, cajas de válvula y albañilería en general.
- Apoyar con equipo y personal para eventos culturales y deportivos de Gobierno del Estado.

En cuanto al Área de fábrica de tubos, que depende de este departamento, está la Construcción de tapas de concreto para pozos de visita, armados metálicos para tapas de pozos de visita y cajas de válvula, señalamientos y apoyo a otros departamentos con la unidad M-393 (Camión) y Apoyo a otros departamentos con la cuadrilla de topografía para niveles, acarreo de tubería en la misma unidad del topógrafo e instalación de tubería.

Departamento de Suministro

Se encarga de las fuentes de abastecimiento de agua que consisten en: Agua Superficial, que se extrae de la Presa Chihuahua, un gasto promedio de 70 l/s de manera ocasional. Agua de Pozos Profundos, en la actualidad se tienen 136 pozos activos con un gasto producido promedio de 3926 l/s, todos ellos equipados con Macromedidor de caudal. También opera los 38 rebombeos activos, ubicado dentro y fuera de la ciudad.



En cuanto a los pozos, éstos están agrupados por baterías, algunos a distancias hasta de 70 Km. de la mancha urbana, así como pozos aislados en la ciudad. Actualmente ya se tienen pozos con profundidad de 500 y 750 metros.

También operan y dan mantenimiento a las Conducciones de agua (acueductos). Para conducir el agua de las diferentes baterías de pozos, se han instalado alrededor de 170 Km. de tuberías de diferentes diámetros desde 8 pulgadas hasta 42 pulgadas. Las tuberías existentes son de diferentes materiales como: asbesto cemento, acero, concreto pretensado, polietileno de alta densidad y PVC.

Operan y dan mantenimiento a los tanques de almacenamiento. Actualmente el sistema cuenta con 105 tanques: 55 Tanques superficiales ya sea de concreto, mampostería o acero. 50 tanques elevados metálicos. La capacidad total y/o volumen de almacenamiento de los tanques es de 150,000 m³.

Opera y da mantenimiento al sistema de telemetría. Actualmente el sistema se monitorea y se opera por computadora con una cobertura del 67%, para lo cual se tienen instaladas 187 terminales en la infraestructura principal (pozos, rebombes, tanques, válvulas y otros). Así mismo, se tienen 55 instalaciones de automatización local para operación de rebombes, válvulas y otros.

Se encargan de operar el laboratorio y cloración en donde: Se realizan 136 muestras de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en pozos (Anuales). 46 muestras de análisis fisicoquímicos y cloro residual en supertanques abastecidos por camión cisterna. (Semanales). Se hacen periódicamente 305 análisis bacteriológicos y detección de cloro residual en tomas domiciliarias en la ciudad (Mensual). Se realizan 6 análisis bacteriológicos en las plantas tratadoras de aguas negras (Mensual). Se desarrollan 21 análisis de descargas de colectores e industrias (Mensual).

Se utiliza la cantidad promedio de 11,000 Kg. Mensuales de Gas Cloro, en la desinfección de Pozos, Rebombes y Proceso de Potabilización.



Departamento que se encarga de operar la Red Morada (red de distribución de agua tratada)

Este departamento, se encarga de operar la red de agua tratada en las plantas de tratamiento, se tiene una longitud aproximada de 100.78 km de tubería. Esta infraestructura se construyó con la finalidad de aprovechar dicha agua, también se le conoce como agua recuperada.

En total, las plantas se tratan un caudal de aguas residuales de 320 l/s, esta agua es utilizada principalmente por 242 Usuarios Registrados en JMAS:

- Complejo Industrial Chihuahua Norte
- Huerta Legarreta.
- Parque Industrial Las Américas.
- Club Campestre
- Club San Francisco Country.
- Ciudad Deportiva.
- Deportivo Nuevo Milenio.
- El Palomar, Deportivo Pistolas Meneses.
- DIF Estatal, Escuela Carmen Romano.
- Parque Iglesia de San Felipe Apóstol.
- UACH, ITESM, CIMAV.
- Fraccionamiento Residencial Arcadas.

El uso que se le da al agua recuperada es diverso como: Riego de áreas verdes, Barrido mecánico de avenidas y calles, Lavado de automóviles, Servicios sanitarios, Equipo contra incendio, Compactación de terracerías, Enfriamiento en sistemas de un solo paso, Lagos recreativos y Fuentes de ornato.



Además se utiliza para el riego de 123 Parques y Jardines para un área de 1,00.94 hectáreas. A corto plazo se tiene la construcción de la red de agua tratada que incrementará el servicio de esta agua, para esto se está en proceso de construcción la Conducción Américas, la Salida del Lago San Francisco Country Club, Interconexión Planta Sur-Conducción León, Rebombeo Tratadora Sur, Rebombeo Américas.

Tesorería

La Tesorería está encargada del Departamento de Contabilidad y Presupuesto, de la Caja General y Contador de Tesorería. Cuenta con una secretaria, un Asesor y un Auxiliar Administrativo (ver Ilustración 16.8). El objetivo es el de Controlar y supervisar los programas financieros, así como los recursos de la JMAS, como actividades principales están:

- Cobrar y recaudar los fondos de acuerdo al presupuesto de ingresos.
- Ejercer la facultad económica - coactiva de conformidad con el Código Fiscal del Estado.
- Realizar los pagos de acuerdo con el presupuesto de egresos.
- Llevar la contabilidad y el control del presupuesto de ingresos y egresos.
- Practicar el día último de cada mes, el corte de caja para determinar el movimiento de ingresos y egresos que deberá someter a la aprobación del Presidente.
- Suscribir con el Presidente los títulos de crédito, actos y contratos relativos al patrimonio de la Junta.
- Controlar los dispositivos de efectivo en cuanto a cheques y en inversiones, para garantizar los mejores resultados financieros.
- Establecer los mecanismos de control para un adecuado manejo de la caja general.
- Vigilar que se cumplan los convenios firmados con Instituciones de Crédito y otras empresas que reciban pagos por cuenta de JMAS.
- Supervisar diariamente el corte general y autorizar el depósito correspondiente.
- Mantener los fondos disponibles para dar suficiencia al presupuesto de egresos.



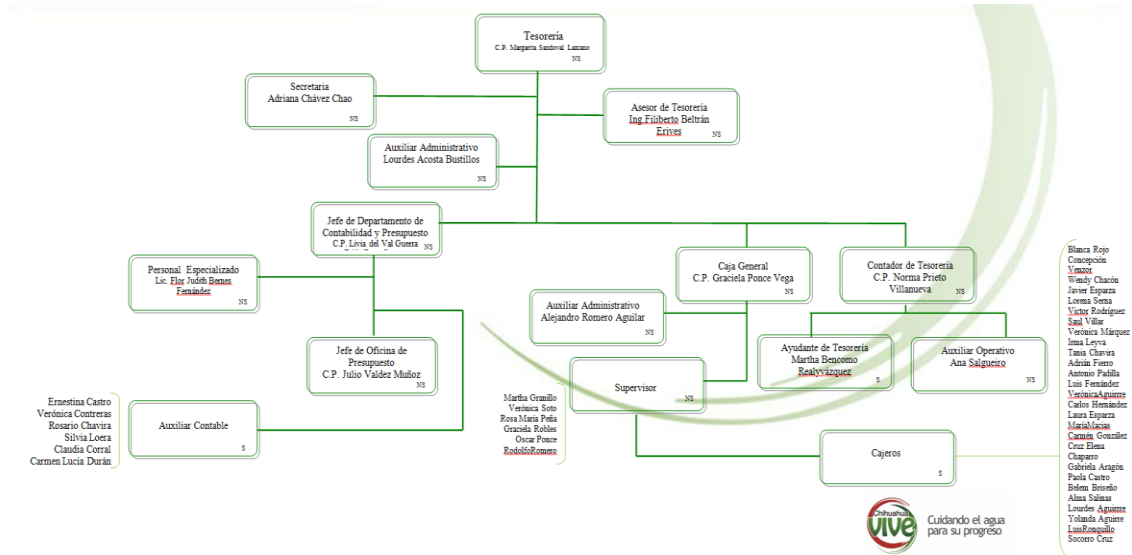


Ilustración 16.8. Organigrama de la Tesorería



Dirección administrativa

Tiene como objetivo el de Administrar los recursos financieros, materiales y humanos en función de los objetivos a corto, mediano y largo plazo con el objeto de lograr el óptimo funcionamiento de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, en la Ilustración 16.9 se muestra el organigrama de esta Dirección que entre las responsabilidades principales se encuentran:

- Autorizar y controlar conjuntamente con los titulares de los departamentos las diversas erogaciones que conforme al presupuesto de egresos vigente sean necesarias para el correcto desempeño de las funciones, implementando el flujo y mecanismos de registro a seguir.
- En coordinación con Tesorería y Contabilidad, elaborar el proyecto del presupuesto anual de egresos de la JMAS, así como la actualización del instructivo para su uso.
- Proponer ante la presidencia las modificaciones necesarias en materia de técnicas presupuestales para un mayor logro en la administración de recursos de la JMAS.
- Autorizar y tramitar previo acuerdo con la Presidencia, la creación o modificación de aquellas partidas presupuestales que por su naturaleza e importancia así lo requieran.
- Determinar y controlar de forma coordinada con Tesorería, la programación de pagos de los diferentes compromisos contraídos por la JMAS.
- Analizar y aprobar conjuntamente con el Departamento de Contabilidad y Presupuesto los informes financieros mensuales.
- Autorizar el informe mensual de movimientos de ingresos y egresos que se presenta a las autoridades estatales o federales, así como al Consejo Directivo.
- Supervisar y controlar por medio de Tesorería, la elaboración de los convenios por los servicios bancarios que utiliza la JMAS.
- Autorizar y supervisar de manera conjunta con Tesorería, los avances presupuestales de los proyectos de inversión efectuados por la JMAS.
- Autorizar, previo acuerdo con la Presidencia, la asignación de fondos para obras, ampliaciones, equipos, etc., estableciendo los controles y medidas de vigilancia necesaria.



- Participar en la determinación de las políticas necesarias para coadyuvar a la autosuficiencia financiera del Organismo.
- Autorizar la selección, contratación, capacitación, control y administración del personal de la JMAS.

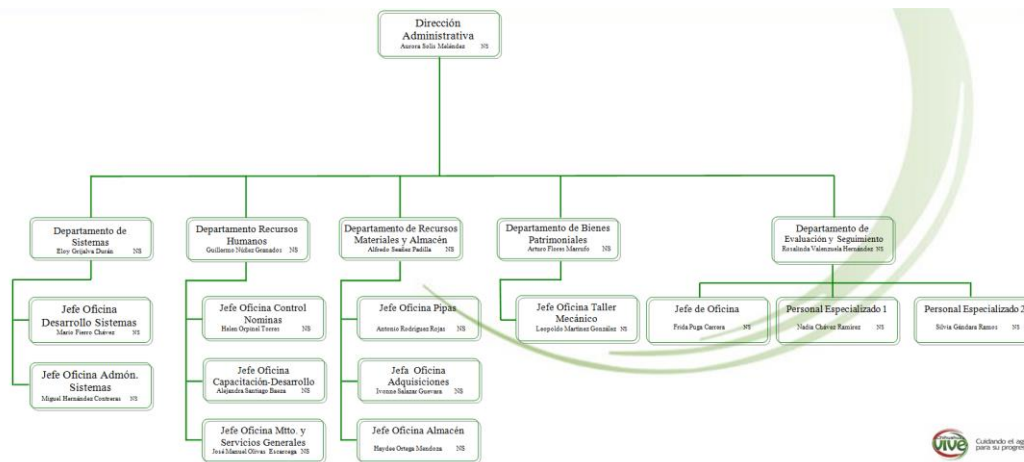


Ilustración 16.9. Organigrama de la Dirección Administrativa

- Planear, dirigir y vigilar la aplicación de programas de supervisión administrativa de personal.
- Promover, autorizar y supervisar la correcta elaboración de los reglamentos interiores de trabajo, seguridad, capacitación y desarrollo que regulan las relaciones obrero-patronales así como vigilar su correcta aplicación.
- Suscribir conjuntamente con los representantes sindicales, los convenios sobre el personal al servicio de la JMAS.
- Controlar los bienes muebles e inmuebles propiedad de la JMAS estableciendo las medidas necesarias para la actualización del patrimonio.
- Autorizar previo acuerdo de la Presidencia, la adquisición o enajenación de bienes, tanto muebles como inmuebles, estableciendo los mecanismos necesarios para su trámite y control.
- Aprobar y supervisar la prestación de servicios de la JMAS a sus usuarios, con estricto apego a las normas y políticas establecidas.
- Autorizar la implementación o modificación de la estructura organizacional de la JMAS.
- Supervisar y controlar la correcta aplicación de los fondos de JMAS a las obras de ampliación que ésta realice.
- Autorizar conjuntamente con la Presidencia, Dirección Técnica y Tesorería, los convenios para fraccionadores por suministro del servicio.
- Dictaminar sobre las responsabilidades en que incurran con los funcionarios o empleados públicos que afecten a JMAS a efectos de deslindar las mismas.



- Fungir como representante de la Presidencia para el proceso de implementación del Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2000.

Dirección de Atención Comunitaria

La Dirección de Atención Ciudadana, tiene como objetivo el establecer un procedimiento que asegure una adecuada atención a los ciudadanos sobre los servicios que provee la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua, así como las gestiones que se atienden en distintas dependencias federales, estatales y municipales, en la Ilustración 16.10, se muestra el organigrama de la misma.

Esta Dirección también cumple con la tarea de generar las estrategias y acciones que permitan brindar un trato digno a los usuarios en general pero privilegiando con las políticas públicas adecuadas a aquellos que formen parte de los grupos vulnerables, implementando una tarifa de servicio social para usuarios pensionados, jubilados y personas con discapacidad. Así mismo procurar dar el servicio necesario para que por conducto de las áreas y direcciones de esta institución abastecer de agua a los hogares, los comercios y la industria con cantidad y calidad, con costos y tarifas accesibles y equitativas, propiciando su uso racional para lograr la sustentabilidad del vital líquido.

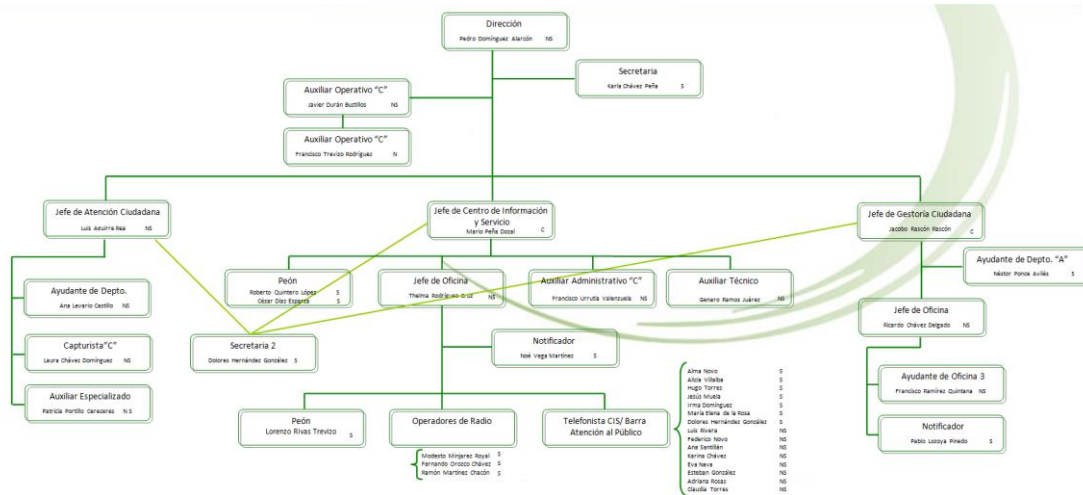


Ilustración 16.10. Organigrama de la Dirección de Atención Comunitaria



Dirección Comercial

Los Objetivos de la Dirección Comercial son: Planear, organizar, dirigir y controlar los programas que contribuyan a la realización de las funciones del área comercial, el cual consiste en lograr la eficiente distribución y cobro de los servicios, además de coordinar la operación adecuada de los departamentos que conforman esta dirección. Las responsabilidades de dicha dirección se enlistan a continuación:

- Vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales establecidas en el Código Administrativo del Estado.
- Supervisar la coordinación de la medición del consumo a fin de que el cobro del servicio sea justo y se apegue a la lectura de los medidores.
- Realizar la planeación de programas administrativos que coadyuven a una medición oportuna real y eficaz.
- Implementar programas de reutilización de material de desecho en el taller de medidores.
- Supervisar que la instalación de medidores satisfaga las demandas diarias, tanto de contratación como cambio del mismo.
- Implementar las políticas bajo las cuales deberán realizarse altas, bajas o cambios.
- Planear y desarrollar programas tendientes a lograr el correcto registro de usuarios reales, factibles y potenciales de acuerdo al crecimiento lógico de la población.
- Mantener contacto permanente con los gobiernos: Federal, Estatal y Municipal para medir el crecimiento de la ciudad en cuanto a colonias y sectores, con el objeto de contar con mayor información para la conformación de las rutas y sectores de la ciudad.
- Planear y supervisar los censos periódicos de la ciudad a fin de localizar todo tipo de irregularidades, fallas y alteraciones para una correcta ubicación de cuentas.
- Coordinar que el proceso de la facturación del mes sea cotejada con los consumos históricos para evitar errores, duplicidades, alteraciones, etc., que puedan generar reclamaciones de los usuarios.
- Implementar programas para reducir morosidad en el pago de los servicios.
- Planear y establecer las políticas de atención al público.
- Diseñar las políticas de inspección a usuarios de acuerdo a lo que establece el Código Administrativo del Estado.
- Diseñar y supervisar el programa de clasificación de los usuarios.
- Diseñar programas de vigilancia del buen uso del agua y respete los horarios de riego.
- Diseñar y establecer los mecanismos necesarios para atender las demandas de la población de escasos recursos.
- Supervisar, evaluar, controlar al personal a su cargo.
- Atender a usuarios para aclaraciones e informaciones especiales.



17. Anexo 3. Información del DR Santo Domingo

En el sitio web del Centro Virtual de Información de agua¹, se encontró la siguiente información:

El acuífero del Valle de Santo Domingo es la única fuente de abastecimiento de agua en la región (se destina un 97% en el uso agrícola y un 3% en otros) y ésta a su vez es el principal centro de producción agropecuaria del estado.

Después de muchos años de sobreexplotación de su acuífero, usuarios y autoridades del Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, en el estado de Baja California Sur, se han propuesto la meta de llegar este año a un nuevo equilibrio entre la recarga y la extracción real.

Para entender la magnitud de esta situación, hay que remontarse al año 1949, con la llegada de los pioneros que, a invitación del presidente Manuel Ávila Camacho, arribaron a estas inhóspitas tierras con la promesa de recibir tierra y apoyo para crear un área de cultivo próspera. Sin embargo, tan sólo cinco años después, en 1954, se llegó a la necesidad de declarar por decreto presidencial la veda de perforación de nuevos pozos, ya que un descontrolado incremento ocasionó rápidamente los primeros síntomas de abatimiento del acuífero.

Aunque la medida sirvió para frenar el incremento del número de pozos, se siguió dando una descontrolada explotación por parte de los productores agrícolas, quienes deslumbrados por el bienestar económico alcanzado en poco tiempo, no previeron la importancia de un uso sustentable de los recursos.

El acuífero del Valle de Santo Domingo es la única fuente de abastecimiento de agua en la región (se destina un 97% en el uso agrícola y un 3% en otros) y ésta a su vez es el principal centro de producción agropecuaria del estado, de ahí la importancia de las acciones realizadas para revertir los niveles de abatimiento anual, que en 1985 llegó a su nivel histórico (20 metros por debajo del nivel del mar).

Es relevante hacer patente que, de 1981 a 1991, las extracciones para uso agrícola fluctuaron entre los 353 y 453 millones de metros cúbicos, cuando la recarga se valora en tan sólo 188 millones de metros cúbicos; es decir, durante diez años se explotó más del doble de lo autorizado; sin embargo, a partir de la publicación del reglamento del acuífero en 1992, y sobre todo a través de un proceso de concientización de los usuarios, se logró disminuir las extracciones a un promedio de 200 millones de metros cúbicos.

Durante el ciclo agrícola 2002-2003, gracias a una cada vez mayor coordinación entre las autoridades del sector (CNA, Sagarpa, Firco, Financiera Rural, etc.) y los usuarios

¹ <http://www.agua.org.mx/biblioteca-tematica/agua-y/agua-y-biodiversidad/1293-caudales-ecologicos/12977--se-recupera-el-acuifero-de-santo-domingo-en-baja-california-sur>



del agua de la zona, se disminuyeron las extracciones a 181.6 millones de metros cúbicos. Sin embargo, el objetivo al concluir el ciclo agrícola 2003-2004 será llegar no sobrepasar los 170 millones de metros cúbicos.

Esta acción, que pareciera sencilla, representa un gran esfuerzo, para no permitir que desaparezca un acuífero que por 50 años ha dado vida y sustento a una región y por el contrario, con el esfuerzo de todos, se logre un nuevo equilibrio entre la recarga y la extracción real.

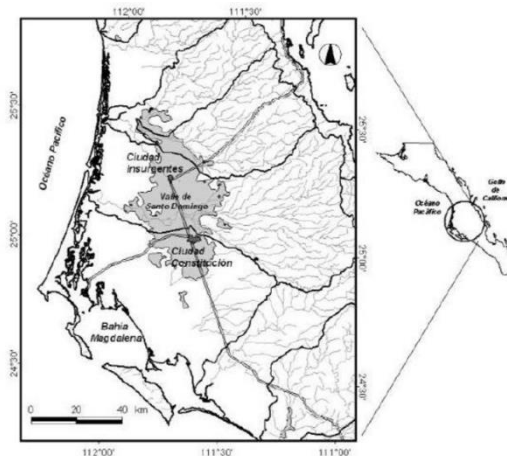
17.1 Información de los medidores colocados en el DR Santo Domingo.

Se encontró la información siguiente (Troyo et al, 2010):

El municipio de Comondú, ubicado en la parte central de Baja California Sur, se extiende en una superficie de 17,073.55 km². La densidad de población municipal es de 3.74 habitantes por km², por debajo de la media estatal, que se estima en 12.72 habitantes por km². La micro región del municipio con mayor superficie es el Valle de Santo Domingo, con 45.38% de la extensión municipal (Agúndez–Montaño, 2005).

El Valle de Santo Domingo o Distrito de Riego No. 066, en el Municipio de Comondú, Baja California Sur, abarca una superficie de 72,409 ha, de las cuales 62,986 (87%) pertenecen a pequeños propietarios y 9,423 ha (13%) corresponden al sector ejidal (figura 1). De hecho, en este valle agrícola se concentra 73.6 % (26,177 ha por ciclo) de la superficie sembrada en el estado, en promedio (Troyo–Diéguez et al., 2008).

La hidrografía de esta zona esta enmarcada por la presencia de arroyos y escurrimientos efímeros o intermitentes; destaca el arroyo Las Bramonas, que cruza el valle agrícola con dirección este a oeste, y descarga en la costa del Océano Pacífico por la región de Bahía Magdalena.





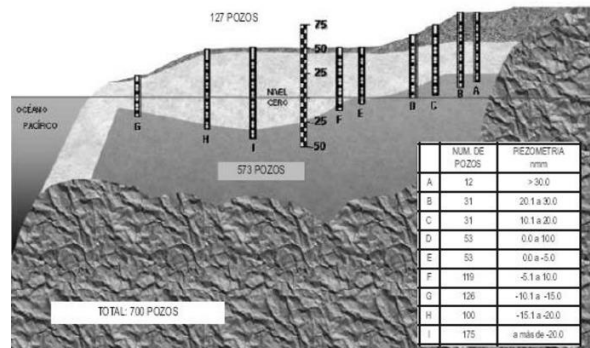
Las tierras del Valle de Santo Domingo, B. C. S., fueron en los años cincuenta y sesenta altamente productivas con siembras de trigo, garbanzo de exportación y algodón de alta calidad, sin embargo, debido a la sobreexplotación del acuífero y a la intrusión salina al mismo, la producción agrícola de esta antaño próspera región declinó en el curso de tres décadas (de los setenta a los noventa), dejando a los agricultores del valle con deudas y carteras vencidas (CONAZA, 2009). La superficie promedio por unidad de producción rural que depende totalmente del riego es de 29.0 ha (VECCP, 2006). En el acuífero de dicho valle, el número de usuarios se eleva a 1,363, correspondiendo 727 a pequeños propietarios y 636 a ejidatarios (INEGI, 2000; INEGI, 2005).

En seguimiento a las políticas agrícolas nacionales, por Decreto Presidencial el 26 de junio de 1954 se estableció el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, integrado por las Unidades de La Paz, Mulegé y Santo Domingo. El 19 de marzo de 1965 se publicó la reglamentación de las aguas subterráneas en la zona vedada del Distrito de Riego. Posteriormente, con fecha 14 de agosto de 1992, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Reglamento para el uso, explotación y aprovechamiento de las aguas del subsuelo del valle de Santo Domingo: este fue el ciclo de extracción del primero de octubre al 30 de septiembre del siguiente año (SAGARPA, 2009). En los años anteriores y algunos que siguieron a la publicación de dicho reglamento, derivado del deficiente seguimiento de la reglamentación y a la falta de claridad operativa de las autoridades competentes al no aplicar la ley de manera logísticamente organizada o aplicarla discrecionalmente. Las extracciones desmedidas ocasionaron que el acuífero se sobreexplotara; en el año de 1988 y 1991 llegó a una extracción anual histórica de 453 millones de metros cúbicos de agua (CONAGUA, 2005). Aunque la medida sirvió para frenar el incremento del número de pozos, se siguió dando una descontrolada explotación por parte de los productores agrícolas, quienes motivados por el bienestar económico y los resultados alentadores de la Revolución Verde alcanzados en poco tiempo, no previeron o bien desconocían, la importancia de un uso sustentable de los recursos (Troyo–Diéguez et al., 2008).

Las estadísticas muestran que los ciclos agrícolas que alcanzaron mayor abatimiento del manto acuífero fueron: el de 1978, donde el acuífero se abatió a 1.40 metros de su nivel inicial de referencia. Le siguieron el del ciclo agrícola 1988 con un abatimiento de 1.30 m del acuífero y los ciclos agrícolas de 1990 y 1991 con 95 y 93 cm respectivamente de abatimiento del manto acuífero. Después de numerosos años de sobreexplotación de su acuífero, usuarios y autoridades del Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, en el Estado de Baja California Sur, se propusieron la meta de alcanzar en el 2006 un equilibrio entre la recarga y la extracción real. El acuífero del Valle de Santo Domingo es la única fuente de abastecimiento de agua en la región productora del Municipio de Comondú, B.C.S. (se destina 97% al uso agrícola y 3% a otros usos), a la vez que es el principal centro de producción agropecuaria del estado, de ahí la importancia de las acciones para revertir los niveles de abatimiento anual, que en 1985 llegó a su nivel histórico (20 m por debajo del nivel del mar) (VECCP, 2006). Como consecuencia del efecto de las extracciones, hacia 1999 el mayor abatimiento ("cono de abatimiento") se localizaba hacia el centro–noroeste del Valle de Santo Domingo, B.C.S. Es notorio que hacia la última década del siglo XX, un número importante de pozos ya estaba extrayendo el agua subterránea desde un



nivel por abajo del nivel medio del mar, de tal suerte que en los informes oficiales el acuífero se reportaba afectado o con riesgo de salinización de suelos y ensalitramiento de aguas subterráneas (CONAGUA, 2005). Asimismo, cabe mencionar que de 1981 a 1991, las extracciones para uso agrícola fluctuaron entre los 353 y 453 millones de m³, cuando la recarga se valora en sólo 188 millones de m³; es decir, durante diez años se explotó más del doble de lo autorizado.



Información de medidores (Tomada de Pedroza, 2010)

Todos los medidores tienen tres partes básicas: (a) Elemento primario; (b) transmisión y (c) registro. Existen diversos tipos de medidores; las diferencias entre cada uno tienen que ver con varios e importantes aspectos.

El elemento primario es la parte del medidor que recibe información directamente del agua. También se le puede llamar sensor y normalmente el tipo de medidor se define por el tipo de elemento primario. La , muestra una clasificación de elementos primarios.

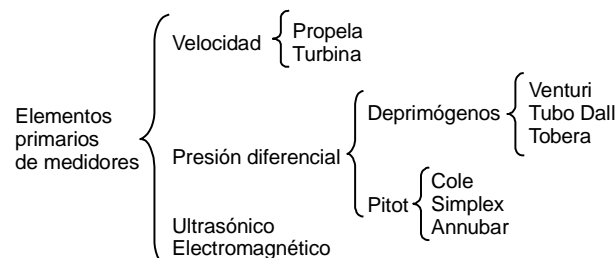


Figura 17-1. Clasificación simplificada de elementos primarios para medidores en conductos presurizados



Existen algunos más, pero no son tan conocidos, como los másicos o los tipo Vortex. Un tipo muy usual es el volumétrico pero es para tuberías pequeñas, prácticamente inexistentes en pozos agrícolas.

Cualquier tipo de elemento primario es útil, sin embargo algunos presentan mayores ventajas que otros. La propela es básicamente un tubo llamado rotor y unas aspas o álabes montados en dicho rotor. Los álabes tienen un desarrollo helicoidal (de tornillo) sobre el rotor. Comúnmente el número de álabes es de tres y el rotor gira sobre un eje apoyado en un solo lado. El agua impacta a los álabes de manera diagonal obligándolos a girar.



Figura 17-2. Propelas

La turbina es esencialmente lo mismo que una propela, en cuanto que cuenta con aspas o álabes montados en un rotor. Sin embargo, el rotor es corto y tiene más álabes, entre 8 y 14. Los álabes también son helicoidales pero al ser corto el rotor, su desarrollo prácticamente no es notorio a la vista. El rotor gira sobre un eje apoyado en dos puntos, además dichos apoyos tienen elementos de orientación y alineamiento del flujo hacia los álabes. También reciben el choque del agua en forma inclinada.



Figura 17-3. Turbina tipo Woltmann

Estos dos tipos de elementos primarios son los más comunes y el de turbina es más usual en el sector urbano industrial. Cualquier dispositivo que gire al recibir el agua es útil como elemento primario de velocidad, de aquí que existan otros elementos primarios tales como las paletas y las hélices.

La transmisión es el elemento que recibe información del elemento primario y lo transmite al registro. En los medidores de turbina y propela, la transmisión comienza



desde el eje donde giran los rotores apoyados en baleros o bujes. El tipo más usual de transmisión es el magnético. Hasta hace poco también se usaban transmisiones mecánicas, pero eran muy susceptibles a que la humedad pasara al registro. Las componentes más importantes de la transmisión son el eje, los engranes y un magneto. Puede considerarse que la transmisión tiene dos cámaras, una húmeda y otra seca, separadas herméticamente. La transmisión del giro se pasa de una cámara a otra por medio de los imanes. Además de la imprescindible función de transmitir el giro de la propela o turbina al registro, la transmisión cumple labores de acondicionador de los giros, por ejemplo, la turbina o propela giran a 500 vueltas por minuto y la transmisión las convierte a cinco por medio de engranes. Esto alarga la vida útil de la transmisión y permite un manejo más simple de los giros en el registro. Cada marca de medidor tiene transmisiones diferentes.

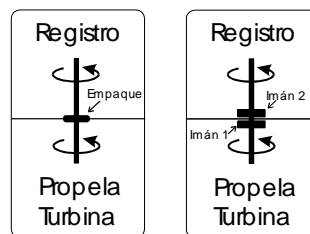


Figura 17-4. Esquemas simplificados de transmisiones mecánica y magnética

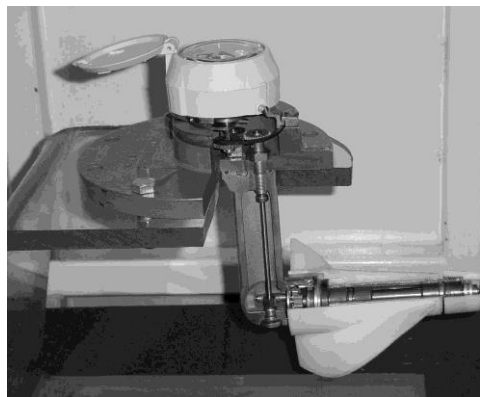


Figura 17-5. Transmisión y otras partes de un medidor de propela (Cortesía de Medidores Azteca)

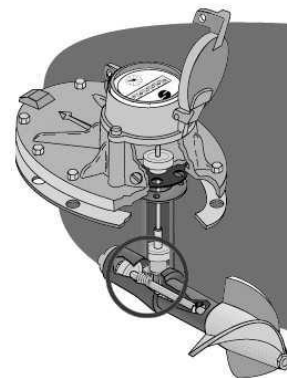


Figura 17-6. Transmisión y otras partes de un medidor de propela Sparling.

Al registro también se le puede llamar presentador de datos. Recibe los giros de la turbina o propela por medio el transmisor y convierte los giros a lecturas. Para esto se tienen dos formas comunes de hacerlo: los registros mecánicos y los electrónicos. Los mecánicos reciben los giros de la transmisión en unos engranes que a su vez, mueven discos marcados con números donde se indica el volumen y/o el gasto. Los registros mecánicos pueden variar en la presentación de los resultados, algunos solamente muestran el volumen y otros tienen, además, una aguja para mostrar el gasto. Además se pueden presentar los datos en diferentes unidades (litros, galones,



metros cúbicos, segundos, minutos, horas, etc). El número de dígitos también puede cambiar, algunos tienen cinco y otros tienen seis. Es importante determinar la cantidad de dígitos que se requieren en la medición del volumen, antes de decidir por algún tipo de registro. Algunos registros cambian o inician en “ceros” cada cien mil unidades de gasto. Tienen cinco dígitos, por lo tanto solamente alcanzan a acumular 99,999 unidades de volumen. En cambio se tienen registros con seis dígitos, por lo que reiniciarán cada millón de unidades de volumen; el último registro será de 999,999 antes de regresar a cero.

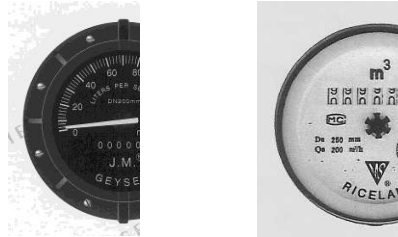


Figura 17-7. Registros mecánicos

El otro tipo de registro es totalmente electrónico y recibe la información generalmente de un imán. La información ya es una corriente eléctrica y se maneja por medio de tarjetas o circuitos electrónicos que presentan la información en pantallas que pueden ser de cristal líquido. Esto significa que se requiere energía, suministrada en la mayoría de los casos con baterías de larga duración de cadmio, litio o parecidas. Estos registros son más versátiles, se puede cambiar las unidades y en la mayoría de los casos presentan tanto gasto como volumen.



Figura 17-8. Registro electrónico

La manera en cómo se sujetan las partes del medidor al tubo también es diferente, no solamente por la marca del medidor, también una sola marca puede presentar diferentes formas de sujeción. Los medidores de turbina no presentan opciones. Siempre vienen en un carrete y el registro viene montado en una placa encima de dicho carrete. El elemento primario y la transmisión vienen sujetos al registro formando un solo conjunto. Esto es muy útil para fines de mantenimiento.

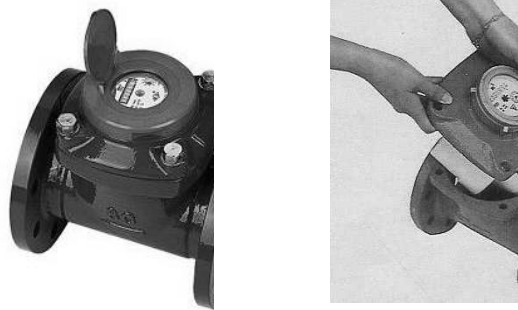


Figura 17-9. Medidores de turbina, FMT-Dorot y Arad.



Figura 17-10. Despiece de un medidor de turbina en carrete Arad.

Los medidores de propela sí presentan diversas formas de sujeción, las más comunes son: carrete soldable; carrete bridado; espada con cuello soldable y silleta.



Figura 17-11. Diferentes tipos de sujeción en medidores de propela.

Los medidores de carrete bridado y carrete soldable son muy parecidos; con la diferencia obvia de que el primero se une con bridas y el segundo se solda. El medidor de espada con cuello soldable, se solda sobre un orificio perforado en la tubería. Por último, el medidor de silleta se coloca en la tubería por medio de un orificio y se sujeta con abrazaderas. De los tipos aquí mencionados el más usual, y con mucho, es el de carrete bridado. De hecho, muchos fabricantes de medidores de propela únicamente presentan este tipo de sujeción.

La pérdida de carga en medidores de velocidad generalmente no representa un problema en pozos agrícolas, ya que no se requiere bombear el agua a sitios lejanos o muy altos; y aún cuando se requiere mucha carga el medidor no generará pérdidas mayores. Algunos pozos están directamente conectados a sistemas de riego, en estos casos se debe consultar al instalador o proveedor de dichos sistemas para evaluar la probable inconveniencia de colocar un medidor de propela o turbina.

Tradicionalmente, se ha considerado que para seleccionar un medidor de propela o turbina se deben cuidar la pérdida de presión y el error nominal del medidor. Sin embargo, se ha observado que dichas características no son importantes en la selección de la marca de un medidor de estos tipos porque la mayoría tienen magnitudes muy parecidas en ambas variables. Por otro lado, independientemente de la marca, ni el error que se tiene es alto ni la pérdida de carga es fuerte. Ver *Tabla 17-1*, donde se observan diferentes marcas de medidores de propela y turbina y sus características de error y pérdida de carga.

Tabla 17-1. Errores y pérdida de carga para diferentes medidores

Marca	Modelo	Tipo	Error (%)	6"		8"		10"		12"	
				Q	P	Q	P	Q	P	Q	P
Riceland	LXLG-50-200	Turbina	+ 0.3	41.6	76.5	69.4	76.5	---	---	---	---
Azteca	No indica	Propela	+ 1.0	63	139.7	75.7	34.7	94.6	21.42	142	11.2
Dorot	DMP-XX	Propela	± 2.0	75.6	43	94.5	17	113.4	9	157.5	6
Mc Crometer	No indica	Propela	+ 2.0	52.9	43.2	89.0	17.8	123.6	10.2	178.0	7.6
Geyser	No indica	Propela	+ 2.0	55.6	45.72	98.9	20.32	154.5	15.24	222.5	10.2
Neptune	No indica	Turbina	+ 1.0	50.0	28.12	100.0	28.12	160	23.2	220.0	10.54
Arad	WST	Turbina	± 2.0	72.22	25.00	125	43.00	---	---	---	---

Q=Gasto en l/s y P=Pérdida de carga en cm

Los medidores de velocidad presentan curvas típicas de comportamiento del error en función de la magnitud de la velocidad, o del gasto, en su rango de funcionamiento. En general todos los medidores presentan errores menores al 5% en el campo inferior, y cercanos al 2% en el campo superior.



Un medidor mal colocado no mide adecuadamente aunque sea de buena calidad. El gasto en los medidores de velocidad, se calcula multiplicando la velocidad del agua por el área hidráulica del tubo. Tanto la velocidad, como el área hidráulica, deben cumplir con algunas características para que se calcule bien el gasto.

Para realizar correctamente la medición, se requiere que el elemento primario, independientemente del tipo (propela o turbina, para nuestro caso) se encuentre ante un flujo que escurra perfectamente paralelo a las paredes del tubo. Si se tiene otra condición, no se puede asegurar que el error sea menor o por lo menos igual al indicado por el fabricante.

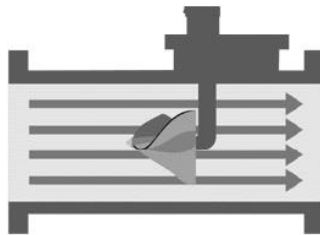


Figura 17-12. Flujo paralelo

Todos los accesorios tales como codos, válvulas y bombas provocan turbulencia en el flujo, unos más que otros, pero conforme el agua avanza en el tubo tiende a estabilizarse y a escurrir paralelamente a la tubería. Mientras más largo el tramo recto, más paralelo escurrirá el flujo y mejor será el desempeño del medidor. Generalmente los fabricantes de medidores sugieren tramos rectos antes del medidor (en el sentido del flujo) de 8 a 10 veces el diámetro, y de dos diámetros después. Esto generalmente se acepta sin un claro entendimiento del origen ni del efecto que se tiene sobre la medición. Es difícil determinar el origen de la recomendación, pero se encuentra por primera vez en una recomendación del año 1935 en un trabajo sobre coeficientes de descarga de medidores de placa de orificio.

En pruebas de laboratorio se encontró que los medidores más afectados por la turbulencia son los que miden la velocidad puntualmente. Por el contrario, los menos afectados son los que de alguna manera promedian la medición de la velocidad (turbina y propela, por ejemplo). Para los medidores de tipo propela, Hanson detectó que los tramos rectos insuficientes le afectan poco cuando el accesorio aguas arriba es un codo de 90°. Se presenta una tabla de resultados para este caso, considerando que las pruebas se realizaron en tubos de 8 pulgadas de diámetro.

Ya se mencionó que los medidores de velocidad calculan el gasto multiplicando la velocidad del flujo por el área hidráulica. Dicha área hidráulica se define como la sección transversal al flujo, ocupada por el agua. El medidor está diseñado para que invariablemente considere el área hidráulica como el área de la circunferencia definida por el tubo. Esto quiere decir que si el agua escurre sin llenar totalmente el tubo, el medidor funcionará incorrectamente. El escurrimiento del agua sin llenar el tubo se debe a que la descarga es libre y a una inadecuada selección del diámetro del tubo al diseñar el pozo; o bien, a una disminución del gasto a través del tiempo de



operación, ya sea por deficiente desempeño del equipo de bombeo o por descenso del nivel del agua en el acuífero.

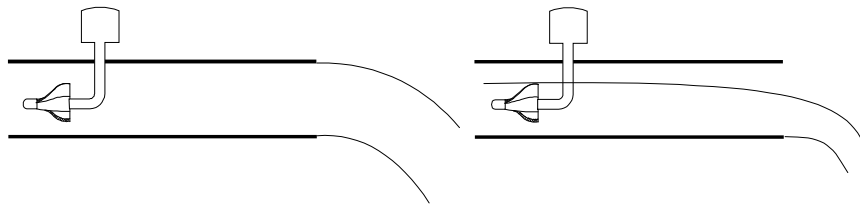


Figura 17-13. Funcionamiento correcto y funcionamiento incorrecto de un medidor.

La solución más frecuente ante este inconveniente es la instalación de un “cuello de ganso”. Dicho elemento es un arreglo en la tubería, que eleva la salida para que en la parte del tubo donde se coloca el medidor se asegure el tubo lleno, independientemente de la magnitud del gasto (ver Figura 17-14). Para asegurar el funcionamiento pretendido en el cuello de ganso, la parte baja del tubo en la salida debe estar por lo menos al nivel de la parte alta del tubo en la sección del medidor.

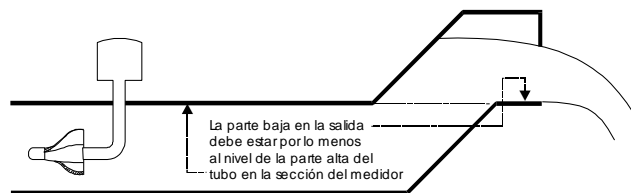


Figura 17-14. Cuello de ganso cuando para asegurar el tubo lleno en la sección del medidor

En general se recomienda que siempre se instale un cuello de ganso en las descargas libres; no importa si en el momento de colocación del medidor el tubo se ve aparentemente lleno. Esta recomendación se hace por la probabilidad que existe de que eventualmente el tubo no se llene por disminución del gasto de operación del pozo.

Si el pozo está conectado a un sistema de riego presurizado esta recomendación no se aplica ya que el tubo está lleno en la sección del medidor.

El tren de descarga es el conjunto de tuberías y accesorios que reciben el agua de la bomba y la entregan a la línea de conducción. Entre otras, las funciones que se cumplen en el tren de descarga son (a) constitución; (b) protección; (c) regulación y (d) medición. El tren de descarga comienza al terminar la bomba, cuando ésta es vertical o en el primer codo cuando es sumergible, y termina antes de cualquier elemento cuya única función sea la de conducir o descargar el agua. En forma práctica el medidor solamente requiere de aquellos accesorios que le sean útiles para cumplir los dos requisitos de la medición: flujo paralelo y tubo lleno. Para el primer



caso, se requieren dos carretes, uno antes y otro después con las longitudes suficientes. Para asegurar el tubo lleno se requiere el cuello de ganso. Las figuras siguientes muestran los accesorios que podrían constituir el tren de descarga.

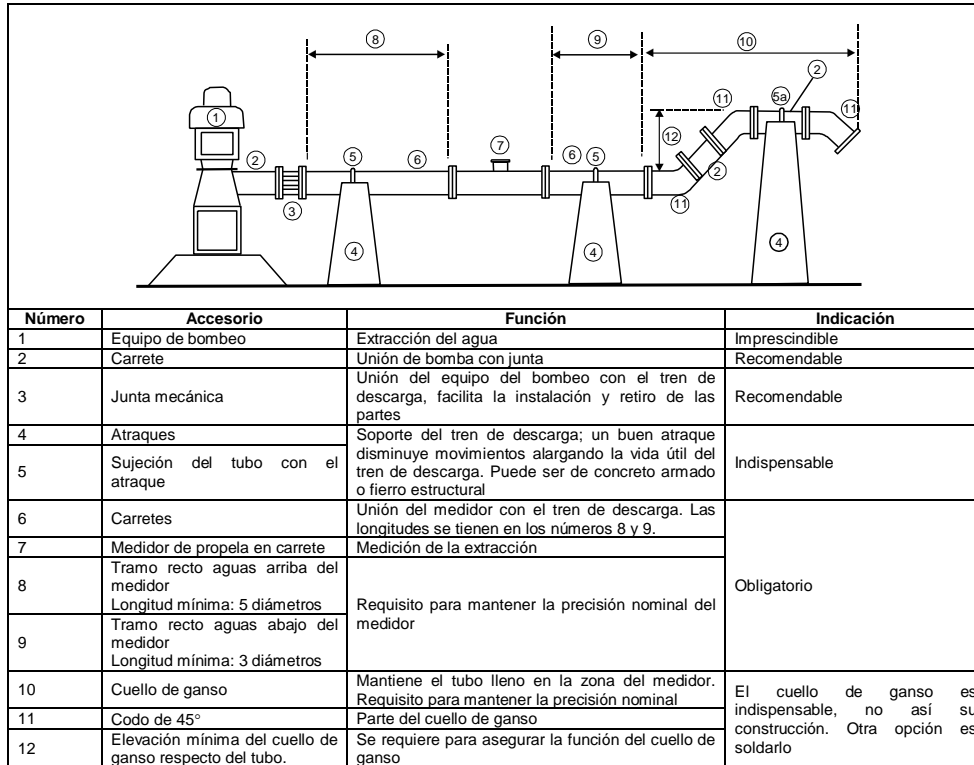


Figura 17-15. Accesorios de un tren con descarga libre y medidor de propela o turbina

Algunos fabricantes e instaladores recomiendan el uso de la válvula check y de alivio de presión para protección de todo el tren de descarga incluyendo al medidor. En principio no se debe decidir a priori por la colocación de estos accesorios. Obviamente si la descarga es libre tales accesorios no se necesitan. Si la descarga es presurizada se requiere protección contra el golpe de ariete y el regreso de agua, solamente si la conducción es muy larga y descarga a un nivel más elevado que el del tren de descarga. Aún si es larga la conducción, conviene estimar la magnitud de la sobrepresión originada por el golpe de ariete y comparar dicho valor con la máxima presión que soporta el medidor. En general no se han registrado desperfectos en los medidores por esta causa. La inclusión de una válvula de admisión-expulsión también requiere de un análisis para determinar su uso. Al igual que las válvulas check y de alivio de presión, la de admisión-expulsión, no se requiere si la descarga es libre y probablemente sea útil si la descarga es larga. La medición de gasto falso por escurrimiento del aire atrapado en la columna de succión no representa un problema mayor.

En cuanto a los accesorios del tren de descarga y la medición, se concluye diciendo que para realizar correctamente la medición solamente se requieren los tramos rectos y el cuello de ganso. Se debe tener cuidado en el equipamiento de los trenes de



descarga sin análisis de los accesorios estrictamente necesarios, ya que los vendedores siempre recomendarán, naturalmente, equipar los trenes con todos lo posible. Si el tren de descarga ya cuenta con válvulas check y de alivio, el medidor debe colocarse aguas arriba de éstos. Y si se tienen bifurcaciones igualmente debe colocarse el medidor antes de dicha bifurcación.

Los factores que afectan a los medidores primero se reflejarán en un incremento del error de medición y si el desperfecto no se corrige finalmente el desperfecto acortará la vida útil del medidor. Se tienen tres factores que podrían resultar perjudiciales para los medidores: la arena, las sales y minerales y la calidad de fabricación. Cada factor tiene diferente influencia y por lo tanto, importancia.

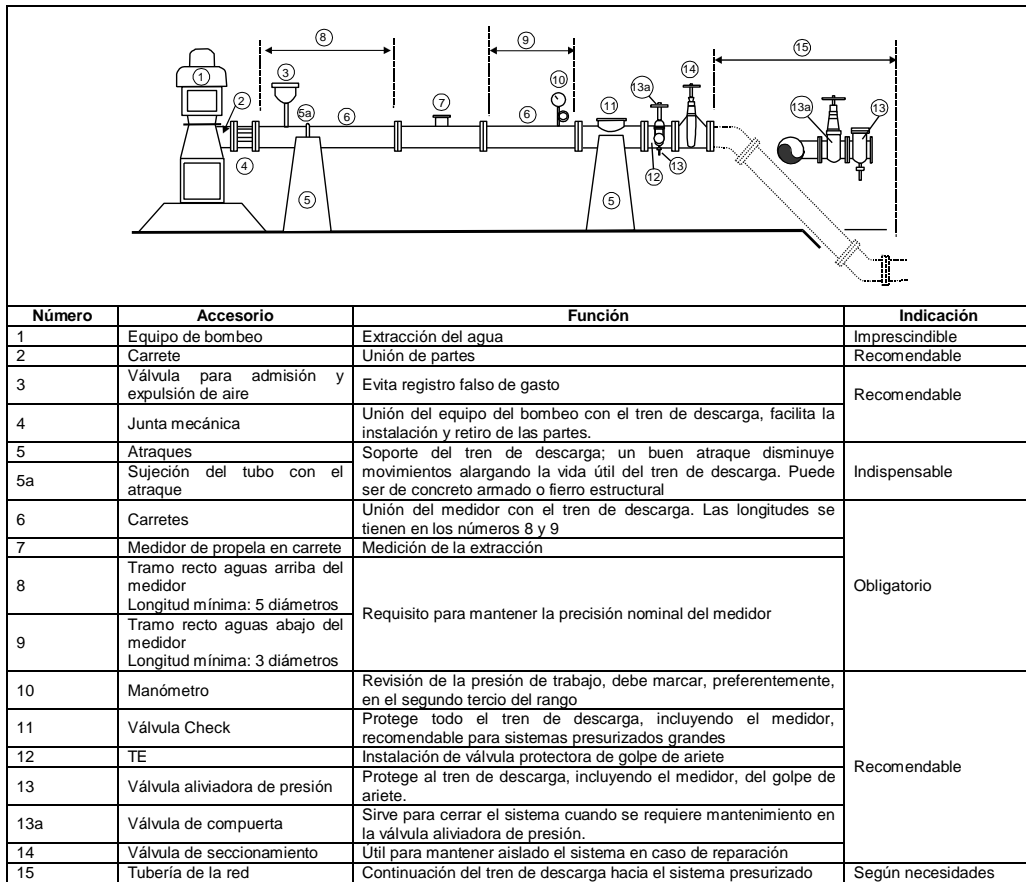


Figura 17-16. Accesorios de un tren con descarga presurizada y medidor de propela

En seguida se presentan algunos ejemplos del formato de supervisión, herramienta mediante la cual se verificó la correcta colocación de los medidores, así como su adecuado funcionamiento.



Fecha: 15-11-2007 Hora: 16:20 Número de visita: 1 Número de ficha: 31

A. IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN		B. DATOS DEL MEDIDOR	
Clave del pozo	32	Marca	MC CROMETER
Localización	COL. BUENOS AIRES	Modelo	PROPELA
Municipio	COMONDU	Diámetro	8 Pulgadas
Módulo	UNICO	Tipo	VELOCIDAD
Longitud	Latitud	No. de serie	06-10674

C. VERIFICACIÓN					
Aspecto	Cumple		Aspecto	Cumple	
	SÍ	NO		SÍ	NO
Medidor instalado antes de bifurcación	/		Medidor con soportes a no más de 2 m.	/	
Válvulas aguas abajo del medidor	/		Tubería de acero al carbón cédula 40.	/	
Bridas tipo "slip on" o de placa de 3/8" o mayor	/		Materiales y accesorios nuevos.	/	
Longitud aguas arriba y abajo del medidor	/		Rótulos de la clave o nombre del pozo	/	
Protección metálica del medidor	/		Tren de descarga pintado	/	
Medidor operando a tubo lleno	/		La descarga no está en voladizo	/	
Medidor funcionando correctamente	/		Espacios entre apoyos menores a 4 m	/	
Tren de descarga sin fugas	/		Apoyos de acuerdo a especificación	/	
Altura de la carátula no mayor de 1.0 m	/		Limpieza del sitio	/	

D. CROQUIS DEL TREN DE DESCARGA	E. FOTO DEL TREN DE DESCARGA
<p>Acotación : cm</p>	

Observaciones
 CUMPLE CON TODAS LAS ESPECIFICACIONES.

F. FIRMAS DE CONFORMIDAD	
Por la Asociación de Usuarios de Riego _____ C. Silvestre Saldaña Vázquez Rex Irrigación BCS S.A de C.V.	Por el Distrito de Riego _____ Ing. Rubén Covarrubias Guillén Por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
_____ Ing. José C. Quiñones Solís	_____ Edmundo Pedroza González



Fecha: 24-11-2007 Hora: 09:10 Número de visita: 1 Número de ficha: 34

A. IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN		B. DATOS DEL MEDIDOR	
Clave del pozo	2-3	Marca	MC CROMETER
Localización	COL. EMILIANO ZAPATA	Modelo	PROPELA
Municipio	COMONDU	Diámetro	8 Pulgadas
Módulo	UNICO	Tipo	VELOCIDAD
Longitud	Latitud	No. de serie	10391

C. VERIFICACIÓN					
Aspecto	Cumple		Aspecto	Cumple	
	SÍ	NO		SÍ	NO
Medidor instalado antes de bifurcación	/		Medidor con soportes a no más de 2 m.	/	
Válvulas aguas abajo del medidor	/		Tubería de acero al carbón cédula 40.	/	
Bridas tipo "slip on" o de placa de 3/8" o mayor	/		Materiales y accesorios nuevos.	/	
Longitud aguas arriba y abajo del medidor	/		Rótulos de la clave o nombre del pozo	/	
Protección metálica del medidor	/		Tren de descarga pintado	/	
Medidor operando a tubo lleno	/		La descarga no está en voladizo	/	
Medidor funcionando correctamente	/		Espacios entre apoyos menores a 4 m	/	
Tren de descarga sin fugas	/		Apoyos de acuerdo a especificación	/	
Altura de la carátula no mayor de 1.0 m	/		Limpieza del sitio	/	

D. CROQUIS DEL TREN DE DESCARGA	E. FOTO DEL TREN DE DESCARGA
<p>Acotación : cm</p>	

Observaciones
CUMPLE CON TODAS LAS ESPECIFICACIONES.

F. FIRMAS DE CONFORMIDAD	
Por la Asociación de Usuarios de Riego _____ C. Silvestre Saldaña Vázquez Rex Irrigación BCS S.A de C.V.	Por el Distrito de Riego _____ Ing. Rubén Covarrubias Guillén Por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
_____ Ing. José C. Quiñones Solís	_____ Edmundo Pedroza González



Fecha: 15-10-2007 Hora: 11:50 Número de visita: 1 Número de ficha: 7

A. IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN		B. DATOS DEL MEDIDOR	
Clave del pozo	A	Marca	MC CROMETER
Localización	COL. SANTA FE 1	Modelo	PROPELA
Municipio	COMONDU	Diámetro	8 Pulgadas
Módulo	UNICO	Tipo	VELOCIDAD
Longitud	Latitud	No. de serie	

C. VERIFICACIÓN					
Aspecto	Cumple		Aspecto	Cumple	
	SÍ	NO		SÍ	NO
Medidor instalado antes de bifurcación	/		Medidor con soportes a no más de 2 m.	/	
Válvulas aguas abajo del medidor	/		Tubería de acero al carbón cédula 40.	/	
Bridas tipo "slip on" o de placa de 3/8" o mayor	/		Materiales y accesorios nuevos.	/	
Longitud aguas arriba y abajo del medidor		/	Rótulos de la clave o nombre del pozo	/	
Protección metálica del medidor	/		Tren de descarga pintado	/	
Medidor operando a tubo lleno	/		La descarga no está en voladizo	/	
Medidor funcionando correctamente	/		Espacios entre apoyos menores a 4 m	/	
Tren de descarga sin fugas	/		Apoyos de acuerdo a especificación	/	
Altura de la carátula no mayor de 1.0 m	/		Limpieza del sitio	/	

D. CROQUIS DEL TREN DE DESCARGA	E. FOTO DEL TREN DE DESCARGA
<p>Acotación : cm</p>	

Observaciones
NO CUMPLE CON TODAS LAS ESPECIFICACIONES.

F. FIRMAS DE CONFORMIDAD	
Por la Asociación de Usuarios de Riego _____ C. Silvestre Saldaña Vázquez Rex Irrigación BCS S.A de C.V.	Por el Distrito de Riego _____ Ing. Rubén Covarrubias Guillén Por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
_____ Ing. José C. Quiñones Solís	_____ Edmundo Pedroza González





18. Información de ECCACIV

ECCACIV, es la Empresa para el Control de la Contaminación del Agua ubicada en el municipio de Jiutepec; la cual inició operaciones en el año de 1979, siendo el primer distrito de tipo colectivo que hubo en el país. Hasta mediados de los 90's funcionó mediante un proceso biológico apto para la época, sin embargo, a fin de satisfacer las nuevas necesidades en materia de tratamiento de aguas residuales y de cumplimiento regulatorio, en 1993 se inició la construcción del proyecto denominado TORRES BIOLÓGICAS-DAF siendo el proceso más adecuado de acuerdo al agua que se recibe en la planta (mezcla de industrial y residencial).



Figura 18 Instalaciones del ECCACIV

La Empresa para el Control de la Contaminación de Aguas de Civac (ECCACIV) es la planta tratadora de aguas residuales que genera la industria establecida en el parque fabril más grande e importante del estado de Morelos, la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC).



Dicho núcleo industrial concentra alrededor de 150 empresas, a las que da servicio de muestreo, análisis y tratamiento.

Con una capacidad para recibir y tratar hasta 210 lts. por segundo de agua de orígenes tan diferentes como las que provienen de este tipo de factorías, ECCACIV trata así mismo, descargas de origen doméstico procedentes del municipio de Jiutepec.

ECCACIV opera mediante un sistema denominado Torres Biológicas / KROFTA, que es la tecnología más avanzada del mundo aplicable al tipo de aguas que capta la planta y que tras cinco años de funcionamiento, le permite cumplir no sólo con la norma ecológica (NOM-ECOL 001) sino estar muy por debajo de los límites establecidos en los 29 parámetros señalados en dicha reglamentación. Por lo anterior, el agua tratada en nuestra planta, puede ser utilizada en el riego de cultivos, incluso de hortaliza





El agua residual proveniente de todas las empresas de CIVAC y de algunas áreas habitacionales y empresas de Jiutepec; es conducida a ECCACIV por medio de una red de 12 KM. de colectores de polietileno de alta densidad, lo que garantiza que no haya infiltraciones al subsuelo; una vez que llega a ECCACIV se efectúa el cribado y una sedimentación primaria para la separación de sólidos; la eliminación de materia orgánica se lleva a cabo en las torres biológicas mediante microorganismos, el agua separada en los clarificadores pasa a la etapa de cloración para ser usada posteriormente en el riego agrícola, los biosólidos generados son filtrados y utilizados como composta que es un sustrato rico en nutrientes.

La etapa de pulimento por la presencia de sólidos finos, se realiza mediante un sistema de flotación por aire disuelto, denominado DAF (Disolved Air Flotation, por sus siglas en inglés)

La etapa final es la desinfección del agua, para eliminar todas las bacterias que normalmente sobreviven al paso por las plantas de tratamiento. Esta desinfección se realiza a través de un sistema de gas-cloro.

ECCACIV cuenta con un laboratorio acreditado por la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación) y aprobado por CONAGUA, el cual realiza el monitoreo y análisis del agua residual, necesario para la evaluación del cumplimiento del tratamiento; además de dar servicio a clientes externos.

Los biosólidos (residuos no peligrosos de acuerdo al análisis CRIT), son filtrados y centrifugados, para eliminar la mayor cantidad de agua para ser utilizados como mejorador de suelos para mediante composteo.

La producción de composta, logrará sustituir el uso de fertilizantes químicos y reducir en gran medida el saqueo de tierra de monte de y por lo tanto, estaremos contribuyendo con el cuidado de otro recurso natural.

El compromiso y los objetivos de ECCACIV se corroboran con la obtención en el año 2003 del certificado "Calidad ambiental" que otorga la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); y en el año 2006 del certificado ISO 9001:2000 para el sistema de gestión de calidad. Como una empresa que forma parte de la organización PROCIVAC (Asociación de Propietarios de CIVAC)

Más que una obligación para ECCACIV es una satisfacción ser partícipe del cuidado de nuestro ambiente, como industriales, en todos nuestros proyectos consideramos siempre el óptimo consumo del agua y su tratamiento a través de un concepto urbanista y ecológico



n digestor de desechos químicos o biodigestor es, en su forma más simple, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales-no se incluyen cítricos ya que acidifican-, etc) en determinada dilución de agua para que a través de la fermentación anaerobia se produzca gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, y además, se disminuya el potencial contaminante de los excrementos.

Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidrogenación y pos tratamiento (filtro y piedras, de algas, secado, entre otros) a la salida del reactor.

El fenómeno de indigestible ocurre porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el material fecal que, al actuar sobre los desechos orgánicos de origen vegetal y animal, producen una mezcla de gases con alto contenido de metano (CH_4) llamada biogás, que es utilizado como combustible. Como resultado de este proceso se generan residuos con un alto grado de concentración de nutrientes y materia orgánica (ideales como fertilizantes) que pueden ser aplicados frescos, pues el tratamiento anaerobio elimina los malos olores y la proliferación de moscas.

Una de las características más importantes de la biodigestión es que disminuye el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, disminuyendo la Demanda Química de Oxígeno DQO y la Demanda Biológica de Oxígeno DBO hasta en un 90% (dependiendo de las condiciones de diseño y operación).

Se deben controlar ciertas condiciones, como son: el pH, la presión y temperatura a fin de que se pueda obtener un óptimo rendimiento.

El biodigestor es un sistema sencillo de implementar con materiales económicos y se está introduciendo en comunidades rurales aisladas y de países subdesarrollados para obtener el doble beneficio de conseguir solventar la problemática energética-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales.

Desarenador:

es una estructura diseñada para retener la arena que traen las aguas servidas o las aguas superficiales a fin de evitar que ingresen al canal de aducción, a la central hidroeléctrica o al proceso de tratamiento y lo obstaculicen creando serios problemas.

Clarificadores:

Los clarificadores son máquinas que se utilizan para separar sólidos de un líquido por medio del fenómeno físico de la gravedad y los movimientos del agua haciendo que los sólidos floen o se hundan según su densidad.



Tanque de aeración: Estructura donde el desagüe y los microorganismos (incluyendo retorno de los lodos activados) son mezclados.



Figura 18 Instalaciones de ECCACIV

Actualmente ECCACIV cuenta con 32 trabajadores en toda la planta, los cuales tienen diferentes cargos, como lo es el Lic. Alfredo Boy Viesca, gerente de ECCACIV.

El agua tratada en esta planta es de aproximadamente 110 l/s y realiza su descarga en la barranca Puente Blanco.

18.1 Descripción del medidor de caudal de ECCACIV (Parshall)

El aforador Parshall es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal. Consta de cuatro partes principales: una



transición de entrada, un tramo que se va estrechando (sección convergente), otro tramo recto llamado garganta, y un tramo que se vuelve a abrir en la salida (sección divergente). En la transición de entrada, el piso se eleva sobre el fondo original del canal, con una pendiente suave y las paredes se van cerrando, ya sea en línea recta o circular. En la sección convergente, el fondo es horizontal y las paredes son paralelas. En la garganta el piso vuelve a bajar para terminar con otra pendiente ascendente en la sección divergente. En cualquier parte del aforador, desde el inicio de la transición de entrada hasta la salida, el aforador tiene una sección rectangular. Junto a la estructura del aforador se pueden tener dos pozos laterales o tanques con la misma profundidad, o mayor, que la parte más baja del aforador. El agua que escurre por el aforador pasa a estos tanques por medio de unas perforaciones colocadas en la pared de la sección convergente y en la garganta, Fundamentalmente el aforador es una reducción de la sección que obliga al agua a elevarse o a “remansarse”, y volver a caer hasta la elevación que se tenía sin la presencia del aforador. En este proceso se presenta una aceleración del flujo que permite establecer una relación matemática entre la elevación del agua y el gasto.

Por medio de muchos experimentos en los que se colocaron diferentes tamaños de aforadores y se midió el gasto y la profundidad (a la que también puede llamarse elevación, nivel, tirante o carga) se observó que todos los aforadores tienen un comportamiento similar en la relación tirante contra gasto, para condiciones de descarga libre (esto se explicará más adelante); es decir, todos los gastos se pueden calcular con la siguiente ecuación.

$$Q= C (Ha)^n$$

Donde Q es el gasto, para condiciones de descarga libre; H_a es la profundidad del agua en una ubicación determinada del aforador; y C y n son valores diferentes para cada tamaño de aforador. En función del tamaño del aforador las unidades pueden estar en litros o metros cúbicos para el gasto y en milímetros, centímetros o metros para la profundidad. Los aforadores que se probaron tienen medidas ya establecidas y cualquier aforador que se construya debe apegarse a dichas medidas ya que los errores de construcción generarán mediciones erróneas

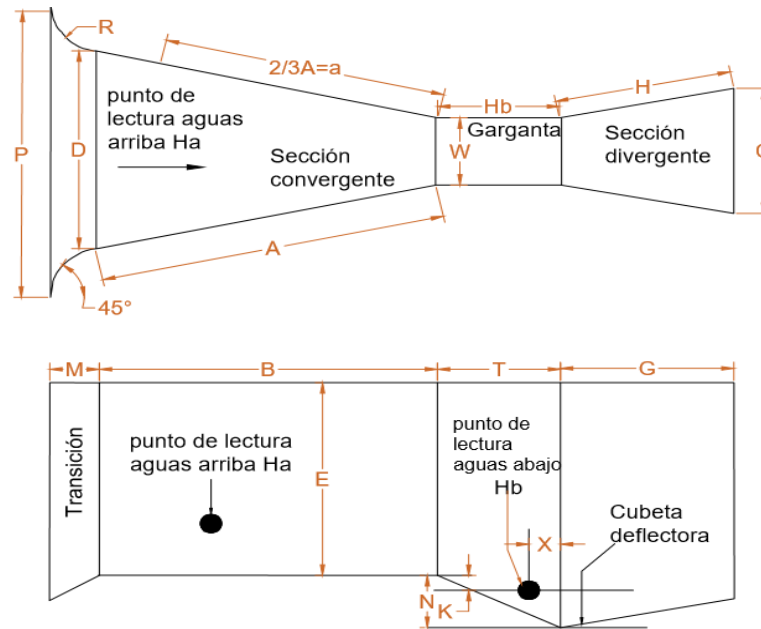


Figura 18-18 Nomenclatura de las partes del aforador parshall



Tabla 18-1 Medidas estándar de los aforadores Parshall

w	A	a	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R	X	Y
Dimensiones en mm															
25.4	363	242	356	93	167	229	76	203	19	-	29	-	-	8	13
50.8	414	276	406	135	214	254	114	254	22	-	43	-	-	16	25
76.2	46.7	311	457	178	259	457	152	305	25	-	57	-	-	25	38
152.4	621	414	610	394	397	610	76	305	76	305	114	902	406	51	76
228.6	879	587	864	381	575	762	305	457	76	305	114	1080	406	51	76
Dimensiones en mm															
0.3048	1.372	0.914	1.343	0.610	0.845	0.914	0.61	0.914	0.076	0.381	0.229	1.492	0.508	0.051	0.076
0.4572	1.448	0.965	1.419	0.762	1.026	0.914	0.061	0.914	0.076	0.381	0.229	1.676	0.508	0.051	0.076
0.6096	1.524	1.016	1.495	0.914	1.206	0.914	0.61	0.914	0.076	0.381	0.229	1.854	0.508	0.051	0.076
0.9144	1.676	1.118	1.645	1.219	1.572	0.914	0.61	0.914	0.076	0.381	0.229	2.222	0.508	0.051	0.076
1.2192	1.829	1.219	1.794	1.524	1.937	0.914	0.61	0.914	0.076	0.457	0.229	2.711	0.61	0.051	0.076
1.524	1.981	1.321	1.943	1.829	2.302	0.914	0.61	0.914	0.076	0.457	0.229	3.08	0.61	0.051	0.076
1.8288	2.134	1.422	2.092	2.134	2.667	0.914	0.61	0.914	0.076	0.457	0.229	3.442	0.61	0.051	0.076
2.1336	2.286	1.524	2.242	2.438	3.032	0.914	0.61	0.914	0.076	0.457	0.229	4.172	0.61	0.051	0.076
2.4384	2.438	1.626	2.391	2.743	3.397	0.914	0.61	0.914	0.076	0.457	0.229	4.172	0.61	0.051	0.076
3.048	2.7432	1.829	4.267	3.658	4.756	1.219	0.914	1.829	0.152	-	0.343	-	-	0.305	0.229
3.658	3.048	2.032	4.877	4.47	5.607	1.524	0.914	2.438	0.152	-	0.343	-	-	0.305	0.229
4.572	3.5052	2.337	7.62	5.588	7.62	1.8929	1.21	3.048	0.229	-	0.457	-	-	0.305	0.229
6.096	4.2672	2.845	7.62	7.31	9.144	2.134	1.829	3.658	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229
7.62	5.0292	3.353	7.62	8.94	10.668	2.134	1.829	3.962	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229
9.14	5.7912	3.861	7.925	10.566	12.313	2.134	1.829	4.267	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229
12.192	7.3155	4.877	8.23	13.818	15.481	2.134	1.829	4.877	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229
15.24	8.83	5.89	8.23	17.27	18.529	2.134	1.829	6.096	0.305	-	0.686	-	-	0.305	0.229

Los valores de M, P y R no se reportan en algunos casos ya que es posible que se realice una transición entre el canal y el aforador con una pared vertical a 45° respecto del eje horizontal del aforador, tal como se observa en la tabla 35

Requerimientos físicos para la instalación:

Una de las principales restricciones que debe tener un sitio donde se va a colocar el aforador es la uniformidad de la corriente. Esto significa que antes del medidor se debe tener un tramo recto y sin obstáculos de una longitud mínima. Los obstáculos pueden ser, inclusive, bancos de arena o de grava asentados en el fondo del canal como producto del azolve. Por lo menos se debe tener un tramo recto de diez veces el ancho del fondo del canal. El fondo del canal es diferente para cada tipo de sección transversal. Si el canal es rectangular, el fondo será igual al ancho de la superficie del agua. Si es irregular el fondo será, aproximadamente, la parte más horizontal del fondo. Por otro lado, la corriente antes del vertedor deber estar tranquila, es decir, el tramo recto debe ser largo y la pendiente del fondo suave, sin curvas ni oleaje.



- **Medidor: Ultrasónico de nivel**

Los sensores ultrasónicos de nivel se colocan por arriba de la superficie del agua y determinan la posición de la superficie libre por la medición del tiempo de tránsito de un pulso acústico que viaja desde el sensor la superficie del agua y es reflejada de regreso hacia el sensor. Para alcanzar una precisión útil, el sensor debe estar a una temperatura compensada, ya que la velocidad del sonido en el aire varía con la temperatura. Los sensores ultrasónicos de nivel pueden ser instalados con o sin un tanque tranquilizador; un tanque tranquilizador es preferible porque reduce el oleaje en la superficie del agua lo que puede mejorar la precisión en la medida. Los detalles particulares del sensor deberían ser considerados cuando se tenga el diseño de un tanque tranquilizador, como la señal acústica transmitida por el sensor viaja hacia los lados con un patrón cónico, la señal puede reflejarse al sensor desde las paredes del tanque tranquilizador (especialmente si las paredes son rugosas), causando que el sensor mida esta distancia en vez de la distancia a la superficie del agua.

La calibración periódica de los sensores de nivel es una tarea tediosa pero necesaria para el éxito de la medición del gasto. Los sensores pueden ser calibrados en una oficina o laboratorio antes de la primera instalación, pero una vez instalados, una rápida calibración de campo es muy conveniente, después de colocado en el sitio. Comúnmente solo se calibra el sensor, y ello no asegura que el sensor esté apropiadamente colocado con respecto al nivel de referencia de la estructura.