



hidrogénesis

REVISTA DEL INSTITUTO COSTARRICENSE
DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS





**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____



Esta publicación puede ser reproducida parcial o totalmente para uso en actividades de capacitación u otros fines no lucrativos, previa autorización del autor y del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

El contenido de los artículos es responsabilidad del autor (es).

333.1 Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
R Revista Hidrogénesis / Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. – Vol. 1 No. 1 (jul.-dic. 2003). San José, Costa Rica. : AyA, 2011

Semestral
Resúmenes en inglés y español
ISSN. 1659-1968
Título Original: Revista Evolución

1. Tratamiento de agua - ASADAS
2. Acueductos
3. Arsénico
4. Contaminación de aguas
5. Calidad del agua
6. Sector de Agua Potable
7. Alcantarillado Sanitario
8. Inversiones
9. Sistema Integrado Financiero Suministros
10. Publicaciones Periódicas

Consejo Editorial

Aprobado mediante acuerdo Junta Directiva N° 2008-150
consejo.editorial@aya.go.cr

De izquierda a derecha:

(Sentados)

Sonia Guevara R. Directora

Maximiliano Pérez M.

Elvira Guevara R.

(De pie)

Héctor Feoli B.

Sonia Murillo H.

ISSN 1659-1968

Filóloga

Bach. Bernardita Vindas Solís

Traducción de resúmenes

Allan Sánchez Barquero

Diseño y Diagramación



Impresión Litográfica

Publicaciones AyA

Fotografía de portada

Monumento del Acueducto Punta Islita, Nandayure, Guanacaste.

Fotografía Ing. Héctor Feoli

Correspondencia, canje o solicitud

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Consejo Editorial, Apartado postal N. 1097-1200 San José, C.R.

INDICE

Editorial	7
El Colaborador de AyA, en el camino hacia la excelencia	7
<i>Ing. Yesenia Calderón Solano</i>	
Sección Agua Potable	9
Desinfección de aguas de 34 acueductos en la Zona Norte de Costa Rica	11
<i>Lic. Oscar Izquierdo Sandí</i>	
Arsénico en el agua potable: Casos y remoción.....	23
<i>Ing. Jorge Andrés Hidalgo Madriz</i>	
<i>Ing. Hernán Villalobos Slon</i>	
Accesorios domésticos en los grifos y su impacto sobre la calidad del agua para consumo humano	39
<i>Dr. Darner Adrián Mora Alvarado</i>	
<i>Sr. Moisés Coto Cervantes</i>	
<i>Lic. Carlos Felipe Portuguez Barquero</i>	
Sección Gestión Administrativa	45
Costa Rica: necesidades de inversión del sector de agua potable y alcantarillado sanitario	47
<i>Ing. German G. Mora Rodríguez</i>	
Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS): evolución y retos a futuro	63
<i>Licda. Ana Milena Núñez Rivera</i>	

Editorial



¹ Yesenia Calderón S.

EL COLABORADOR DE AyA, EN EL CAMINO HACIA LA EXCELENCIA

La Presidencia Ejecutiva se ha propuesto realizar una serie de proyectos de mejora de la gestión institucional, que contribuyan a un mayor desarrollo del país con el correspondiente impacto en la calidad de vida de todos los costarricenses. Para ello, en un lugar privilegiado está el desarrollo del capital humano, en el camino hacia la excelencia.

La evolución hacia una nueva cultura organizacional orientada a la excelencia institucional, debe tener claro que un mejor AyA, renovado y sinónimo de excelencia, solo se logra si el personal que lo sustenta también lo es.

Desde esta óptica, las personas que conforman la fuerza laboral de la Institución son el elemento vital en el camino del mejoramiento hacia la calidad, que nos llevará a un encuentro con la excelencia que demanda el Instituto, su personal y más aún, la sociedad costarricense, en torno a los servicios públicos

El colaborador y la colaboradora de AyA debe reunir un perfil específico, que va más allá de meros requisitos académicos y técnicos como parte de formalismos procedimentales. Se deben observar con lupa y detenimiento algunas características

que pueden ser más relevantes en el logro del éxito en el desempeño, de manera que su trabajo se convierta en un verdadero valor agregado, en el cumplimiento de la misión del Instituto.

El funcionario y la funcionaria que AyA necesita para afrontar los retos que se nos plantean, deben ser:

- Una persona que vive la lealtad para con la Institución, siente amor por su trabajo, se compromete con el logro de objetivos, asume retos y en su trabajo mantiene una actitud positiva, proactiva y solidaria que parte del bien común.
- Una persona transparente en el trabajo, reflejo de buenos principios, valores éticos y morales, que cumple su deber responsablemente, con la certeza de que la labor realizada está bien hecha, que los recursos se han utilizado de la mejor manera y que quien recibe el producto de su trabajo, es un cliente satisfecho.
- Una persona capaz de ser diferente, distinguida y orgullosa de ser parte del AyA, con vocación de servicio que le hace trascender sus propias metas laborales y le inspiran en la construcción de un legado para las nuevas generaciones.

¹ Presidenta Ejecutiva AyA. calderony@aya.go.cr

- Un persona comprometida con el ambiente, que trata en lo posible de reciclar, reusar y reducir, conciente de que solo tenemos un lugar para vivir.
- Una persona conciente de que el mejor activo en el camino hacia la excelencia es él mismo, quien siente amor por la institución y es capaz de hacer que llegue a ser amada por nuestros clientes en todo el país y por la sociedad costarricense en general.
- Una persona transparente que pueda trabajar en equipo, capaz de rendir cuentas sobre la acción desarrollada tanto que la que desarrolla individualmente como la que desarrolla para que otros alcances los objetivos propuestos a nivel institucional.

Sin lugar a dudas, el colaborador que necesitamos es personal idóneo, que genera un claro valor agregado y que contribuye esté donde esté, con el logro de la misión de AyA. Es vital garantizar su vinculación con el Instituto.

Estoy segura de que la mayor parte del personal actual del AyA cumple ya muchos de los requisitos de excelencia o están muy cerca de lograrlos; por eso, la Presidencia Ejecutiva está impulsando también algunos proyectos de mejora en distintas áreas del quehacer institucional: el mejoramiento de la gestión operativa, mejoramiento en la ejecutoria de las inversiones, propuesta para una Ley de Fortalecimiento Institucional, mejora en la gestión tarifaria y en la organización funcional, que motive e impulse al personal hacia la excelencia y compromiso con AyA.



Río Potrero, Toma Acueducto de Nicoya. Fotografía Ing. Héctor Feoli

AGUA POTABLE

Desinfección de las aguas de 34 acueductos en la Zona Norte de Costa Rica



¹ Oscar Izquierdo S.

RESUMEN

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, por medio de la cooperación financiera de la Embajada de Japón desarrolló el Proyecto de Desinfección de las Aguas de 34 acueductos ubicados en la Zona Norte del país, esto con el objetivo de mejorar la calidad del agua que consumen esas comunidades; dicho proyecto benefició cerca de 61.676 usuarios y tuvo un costo de US\$94.552,30.

Las poblaciones de esta zona viven en situación de pobreza y extrema pobreza, de ahí la importancia de contar con agua potable y continua. Con la ejecución de dicho proyecto se contribuyó a mejorar los niveles y la calidad de vida de esos pobladores y se está evitando problemas de salud pública.

El AyA además de asumir el compromiso de la supervisión técnica, también coordinó la realización de dos ciclos de charlas en temas inherentes al recurso hídrico, siendo este dirigido a los miembros de las 34 ASADAS beneficiadas del proyecto.

Palabras Claves: Acueductos - Zona Norte - C.R. Tratamiento de Agua - ASADAS

ABSTRACT

The Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewer Authority, through the financial cooperation of the Embassy of Japan developed the Draft Water Disinfection 34 aqueducts located in the Northern Zone, this in order to improve the quality of their water these communities, the project benefited about 61,676 users at a cost of U.S. \$ 94,552.30.

The populations of this area live in poverty and extreme poverty, hence the importance of drinking water and continuously. With the implementation of this project contributed to improved levels and quality of life of these people and is preventing public health problems.

The AyA well as committing technical oversight, also assumed the coordination of the implementation of two rounds of talks on subjects related to water resources and this led to members of the 34 ASADAS benefit of the project.

¹ Licenciado en Asuntos Internacionales. Director de Cooperación y Asuntos Internacionales. oizquierdo@aya.go.cr

Keywords: Acueducts - North Zone - C.R. - water processing - ASADAS.

ANTECEDENTES

La Dirección de Cooperación y Asuntos Internacionales tiene entre sus principales funciones, la búsqueda de fondos con diferentes entes y naciones internacionales para el desarrollo de importantes proyectos que mejoren la calidad del servicio que brinda la Institución. En el presente artículo se describe el trabajo realizado con fondos de la Embajada de Japón.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados propuso a la Fundación del Servicio Exterior para la Paz y la Democracia -FUNPADEM- ser un aliado en el proyecto: Desinfección de las aguas de 34 acueductos ubicados en la Zona Norte del país, esto con el fin de presentarlo de forma conjunta a la Embajada de Japón para ser financiado mediante el Programa de Asistencia para Proyectos Comunitarios y de Seguridad Humana.

Dicho proyecto tuvo una cobertura en los cantones de Guatuso, Los Chiles, Upala, San Carlos y Sarapiquí de la Zona Norte, siendo estos cantones declarados por la Administración de la Señora Presidenta Laura Chinchilla como prioritarios, donde la población es más vulnerable por los altos índices de pobreza y la carencia de servicios básicos, entre otras condiciones. Los pobladores de los acueductos de esta zona viven en condiciones de pobreza o pobreza extrema, y uno de los problemas es que ellos no cuentan con el servicio de agua potable en forma continua, razón por la cual, el agua contiene contaminación

microbiológica (coliformes fecales y E coli); esto según los resultados de los análisis que realizó el Laboratorio Nacional de Aguas del Instituto, entre otras condiciones.

El Instituto seleccionó las comunidades beneficiadas con base en varios criterios, tales como:

Criterio técnico: acceso al agua, cuentan con sistemas de acueductos que no son potables y carecen

de un sistema de desinfección.

Criterio legal: ASADA con Convenio de Delegación vigente.

Criterio de salud: mayor incidencia de enfermedades por transmisión hídrica como la diarrea, entre otras.

Es así como la Embajada de Japón en Costa Rica, la Fundación para la Paz y la Democracia -FUNPADEM-, y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados -AyA-, celebraron la firma del Contrato de Donación del Proyecto “**Desinfección de las aguas de 34 acueductos en la Zona Norte de Costa Rica**”; el cual es financiado por el Gobierno de Japón, mediante una donación de \$94.552,30 dólares norteamericanos del Programa de Asistencia para Proyectos Comunitarios y de Seguridad Humana.

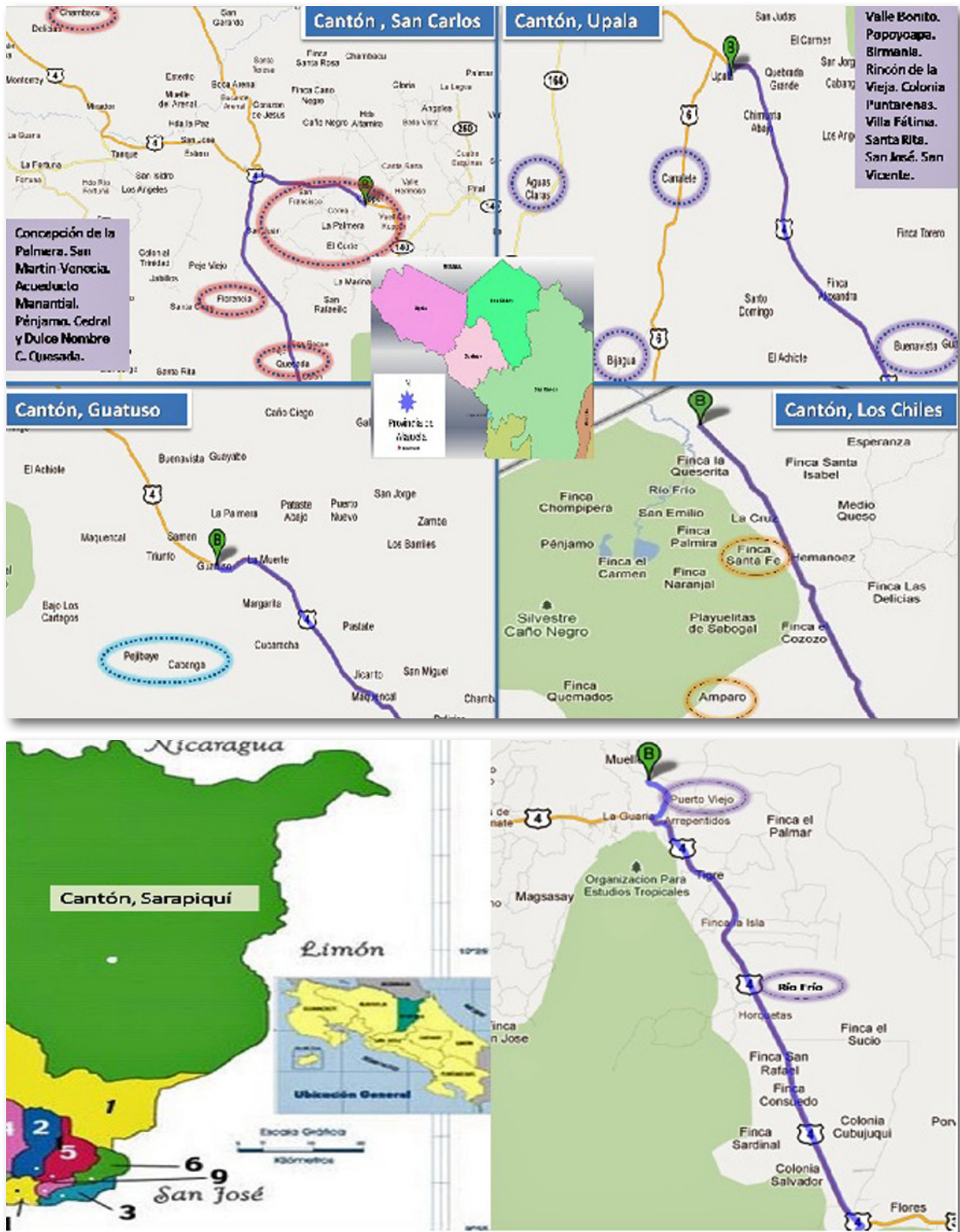
Dicho proyecto tiene como fin mejorar la condición de la calidad del agua que brindan 34 ASADAS; lo cual beneficiará cerca de 61.676 usuarios, y por ende mejorará las condiciones de salud de las comunidades involucradas en el Proyecto.

FICHA DEL PROYECTO

Ficha Técnica del Proyecto	
Nombre del Proyecto	“Desinfección de las Aguas de 34 Acueductos en Zona Fronteriza Norte de Costa Rica”
Descripción del proyecto	El proyecto consiste en la instalación de 34 sistemas de desinfección de agua, con el propósito de que los acueductos beneficiados brinden agua de calidad potable y segura
Fecha de Inicio	Junio de 2010
Fecha de Conclusión	Febrero de 2011
Ubicación Geográfica	34 ASADAS, de los cantones de Guatuso, Los Chiles, Upala, San Carlos y Sarapiquí
Instituciones Involucradas en el Proyecto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Institución a cargo del aval técnico, capacitación en temas inherentes al recurso hídrico, seguimiento y monitoreo del Proyecto 2. Embajada de Japón en Costa Rica. Institución que aportó los fondos 3. Fundación del Servicio Exterior para la Paz y la Democracia – FUNPADEM- Fundación a cargo de la administración de los recursos 4. Empresa CONTINEX, Empresa a cargo de la instalación y capacitación de los equipos
Componentes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dispensador de tabletas de cloro 2. Medidor de caudal 3. Comparador de cloro 4- Set de accesorios 5- Rotómetro 6- Tubería y válvula para la instalación
Población Beneficiada 61.676 habitantes	61.676 habitantes
ASADAS Beneficiadas	La Abundancia de Quesada, San Luis de Guadalupe de Alfaro Ruíz, Laguna de Alfaro, Concepción de la Palmera San Carlos, San Martín de Venecia, Los Chiles de Aguas Zarcas, San José Altamira de Aguas Zarcas, Acueducto Manantial de Aguas Zarcas, San Francisco de la Palmera, Pénjamo de Florencia, Cedral y Dulce Nombre de Ciudad Quesada y Puerto Viejo Centro, El Progreso y San Bosco de San José, Valle Bonito, Popoyoapa de San José, Birmania de Upala, Rincón de la Vieja, Rio Negro de Aguas Claras, Valle Verde en la Colonia Blanca de Aguas Claras, San Isidro de Aguas Claras, Buenas Vista de Upala, Canalete de Upala, Colonia Puntarenas, Villa Fátima de San José -Parte Alta, Santa Rita, San José de Upala, San Vicente, San José de Amparo de Los Chiles, Bijagua de Upala, Santa Fe de Los Chiles, Chambacú de Monterrey, Finca 2 Río Frío, Pejibaye de Cote- San Rafael, Cabanga de Guatuso
Costo del Proyecto	US\$ 94.552,30

Fuente: Elaboración propia. Dirección de Cooperación y Asuntos Internacionales. Información enviada por la jefatura de la Región Huetar Norte. Subgerencia Gestión de Sistemas Comunes. 2009.

UBICACION DE LAS ASADAS



Fuente: www.googleearth.com

ASADAS BENEFICIADAS

Cuadro No. 1
Instalación de equipos por grupo. Oficina Regional Huetar Norte - Unidad de Ingeniería

Primer Grupo							
No	Nombre de la ASADA	Previstas instaladas	Construcción de Casetas	Pastillas y Calibración	Capacitación	Población	Aceptan Cloración
1	La Abundancia de Quesada	Si	Si	Si	Si	2.500	SI
2	San Luis de Guadalupe de Alfredo Ruíz	Si	Si	Si	Si	1.254	SI
3	Laguna de Alfaro Ruíz	Si	Si	Si	Si	3.180	SI
4	Concepción de la Palmera de San Carlos	Si	Si	Si	Si	105	SI
5	San Martín de Venecia de San Carlos	Si	Si	Si	Si	410	SI
6	Los Chiles de Aguas Zarcas	Si	Si	Si	Si	4.700	SI
7	San José, Altamira, Santa Fe y La Gloria de Aguas Zarcas	Si	Si	Si	Si	6.000	SI
8	Manantial de Aguas Zarcas	Si	Si	Si	Si	1.060	SI
9	San Francisco de la Palmera	Si	Si	Si	Si	4.500	SI
10	Penjamo de Florencia: Sistema Jorge Maroto	Si	Si	Si	Si	1.800	SI
11	Cedral y Dulce Nombre de Ciudad Quesada	Si	Si	Si	Si	1.200	SI
12	Puerto Viejo Centro	Si	Si	Si	Si	6.000	SI
					Total	32.709	habitantes
Segundo Grupo							
No	Nombre de la ASADA	Previstas instaladas	Construcción de Casetas	Pastillas y Calibración	Capacitación	Población	Aceptan Cloración
13	El Progreso y San Bosco de San José	Si	Si	Si	Si	660	SI
14	Valle Bonito	Si	Si	Si	Si	202	SI
15	Popoyoapa de San José	Si	Si	Si	Si	1.080	SI
16	Birmania de Upala	Si	Si	Si	Si	450	SI
17	Rincón de la Vieja	Si	Si	Si	Si	3.480	SI
18	Río Negro de Aguas Claras	Si	Si	Si	Si	540	SI
19	Valle Verde en la Colonia Blanca de Aguas Claras	Si	Si	Si	Si	660	SI
20	San Isidro de Aguas Claras	Si	Si	Si	Si	2.250	SI
					Total	9.322	habitantes

Tercer Grupo							
No	Nombre de la ASADA	Previstas instaladas	Construcción de Casetas	Pastillas y Calibración	Capacitación	Población	Aceptan Cloración
21	Buena Vista de Upala	Si	Si	Si	Si	420	SI
22	Canalete de Upala	Si	Si	Si	Si	3.174	SI
23	Colonia Puntarenas	Si	Si	Si	Si	2.700	SI
24	Villa Fátima de San José	Si	Si	Si	Si	420	SI
25	Santa Rita	Si	Si	Si	Si	1.223	SI
26	San José de Upala	Si	Si	Si	Si	4.700	SI
27	San Vicente	Si	Si	Si	Si	521	SI
					Total	13.158	habitantes
Cuarto Grupo							
No	Nombre de la ASADA	Previstas instaladas	Construcción de Casetas	Pastillas y Calibración	Capacitación	Población	Aceptan Cloración
28	San José de Amparo de los Chiles	Si	Si	Si	Si	145	SI
29	Bijagua de Upala	Si	Si	Si	Si	600	SI
30	Santa Fe de los Chiles	Si	Si	Si	Si	800	SI
31	Chambacu de Monterrey	Si	Si	Si	Si	2.430	SI
32	Finca 2 Río Frío	Si	Si	Si	Si	912	SI
33	Pejibaye de Cote de San Rafael	Si	Si	Si	Si	400	SI
34	Cabanga de Guatuso	Si	Si	Si	Si	1.200	SI
					Total	6.487	habitantes
Población Total Beneficiada: 61.676							

Fuente: Datos suministrados por la Oficina Regional Huetar Norte. Subgerencia de Gestión Sistemas Comunes.

COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE DESINFECCIÓN

Los equipos de desinfección que se instalaron en las 34 ASADAS tienen los siguientes componentes:

Dispensador de tabletas de cloro: es la cámara que contiene las tabletas de ACL 90 (ácido tricloroisocianúrico), con cámara húmeda, que contiene las tabletas sumergidas en agua y con flujo ascendente a través de ésta.



Comparador de cloro: es un medidor por comparación de color de la concentración de cloro libre en ppm, del agua ya clorada.



Medidor de caudal: es un contador del volumen total de agua que pasa a través de la tubería madre. Sólo contabiliza los metros cúbicos totales, pero no el flujo. Sirve para totalizar mensualmente el gasto de agua y verificar con el gasto de cloro si éste es correcto.



Set de accesorios: corresponde a la válvula reguladora y de cierre que se coloca en la tubería que pasa el agua al dispensador de tabletas.



Pastilla de Cloro



Rotómetro: es un medidor de flujo en litros por minuto y se coloca en la línea de agua que va hacia el dispensador de tabletas, para calibrar éste, definiendo un flujo con la válvula reguladora de los accesorios.

Tubería y válvula para la instalación: se refiere a los tubos, accesorios de la línea madre y válvulas adicionales requeridas para la instalación del sistema de cloración.

INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

La instalación de los equipos de desinfección se llevó a cabo en cuatro grupos, con base en la ubicación geográfica y coordinación logística por parte del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Primer grupo: Conformado por 12 ASADAS ubicadas en los cantones de San Carlos, Upala y Sarapiquí, lo que benefició a 32.709 habitantes de las ASADAS de La Abundancia de Quesada, San Luis de Guadalupe de Alfaro Ruiz, Laguna de Alfaro Ruiz, Concepción de la Palmera de San Carlos, San Martín de Venecia de San Carlos, Los Chiles de Aguas Zarcas, San José – Altamira - Santa Fe y La Gloria de Aguas Zarcas, Manantial de Aguas Zarcas, San Francisco de la Palmera, Pénjamo de Florencia: Sistema Jorge Maroto, Cedral y Dulce Nombre de Ciudad Quesada y Puerto Viejo.

Segundo grupo: compuesto por 8 ASADAS que benefician a 9.322 habitantes de las comunidades del Progreso y San Bosco de San José, Valle Bonito, Popoyoapa de San José, Birmania de Upala, Rincón de la Vieja, Río Negro de Aguas Claras, Valle Verde en la Colonia Blanca de Aguas Claras y San Isidro de Aguas Claras.



Tercer grupo: lo conforman 7 ASADAS, beneficiando a 13.158 habitantes de las comunidades de Buena Vista de Upala, Canalete de Upala, Colonia Puntarenas, Villa Fátima de San José - Parte Alta, Santa Rita, San José de Upala y San Vicente.



Cuarto grupo: compuesto por siete ASADAS, las cuales son: San José de Amparo de Los Chiles, Bijagua de Upala, Santa Fe de Los Chiles, Chambacú de Monterrey, Finca 2 Río Frío, Pejibaye de Cote de San Rafael y Cambanga de Guatuso, beneficiando a 6.487 habitantes.



ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, además de asumir el compromiso de la supervisión técnica, también asumió la coordinación de la realización de dos ciclos de charlas con temas inherentes al recurso hídrico, siendo éste dirigido a los miembros de las 34 ASADAS beneficiadas con el Proyecto.

La realización de los ciclos de charlas se llevó a cabo con la colaboración de la Subgerencia Gestión de Sistemas Comunales – jefatura de Región Huetar Norte, la Oficina de Comunicación Institucional y la coordinación de la Dirección de Cooperación y Asuntos Internacionales.



Temas del primer ciclo de charlas

1. Sensibilización sobre la atención de situaciones de emergencia y desastre.
2. Papel del servicio 911 en la atención de situaciones de emergencias y desastres.
3. Práctica para la recolección y traslado de muestras de agua potable.
4. Asesoría Jurídica a las ASADAS.
5. Protección, conservación y manejo del recurso hídrico.
6. Uso de los sistemas de cloración para la desinfección de agua.
7. Sensibilización de planes de seguridad del agua -PSA-

Temas del segundo ciclo de charlas

1. Control operativo de la calidad del agua.
2. El Programa de Sello de Calidad del Agua del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
3. Ley de Salud para las ASADAS.
4. Operación y mantenimiento del sistema de desinfección.
5. Protección, conservación y manejo del recurso hídrico.

6. Charla introductoria: sistema de comando de incidentes.
7. Comunicando éxitos comunales.
8. Sensibilización planes de seguridad del agua.

Distribución de pastillas que realizó el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en las 34 Comunidades beneficiadas, siendo esto parte de los compromisos adquiridos para la operación y el mantenimiento de los sistemas de desinfección, por un periodo de un mes, siendo después responsabilidad del ente operador.



Cuadro No. 2
Distribución de pastillas a las ASADAS. Oficina Regional Huetar Norte - Unidad de Ingeniería

Primer Grupo					
No	Nombre de la ASADA	Calibración	Población	Aceptan Cloración	Cantidad de pastillas entregadas
1	La Abundancia de Quesada	Si	2.500	SI	60
2	San Luis de Guadalupe de Alfredo Ruíz	Si	1.254	SI	150
3	Laguna de Alfaro Ruíz	Si	3.180	SI	75
4	Concepción de la Palmera de San Carlos	Si	105	SI	40
5	San Martín de Venecia de San Carlos	Si	410	SI	50
6	Los Chiles de Aguas Zarcas	Si	4.700	SI	120
7	San José, Altamira, Santa Fe y La Gloria de Aguas Zarcas	Si	6.000	SI	230
8	Manantial de Aguas Zarcas	Si	1.060	SI	80
9	San Francisco de la Palmera	Si	4.500	SI	150
10	Penjamo de Florencia: Sistema Jorge Maroto	Si	1.800	SI	25
11	Cedral y Dulce Nombre de Ciudad Quesada	Si	1.200	SI	70
12	Puerto Viejo Centro	Si	6.000	SI	130
		TOTAL	32.709		1.180

Segundo Grupo					
No	Nombre de la ASADA	Calibración	Población	Aceptan Cloración	Cantidad de pastillas entregadas
13	El Progreso y San Bosco de San José	Si	660	SI	45
14	Valle Bonito	Si	202	SI	75
15	Popoyoapa de San José	Si	1.080	SI	25
16	Birmania de Upala	Si	450	SI	15
17	Rincón de la Vieja	Si	3.480	SI	410
18	Río Negro de Aguas Claras	Si	540	SI	15
19	Valle Verde en la Colonia Blanca de Aguas Claras	Si	660	SI	100
20	San Isidro de Aguas Claras	Si	2.250	SI	65
			TOTAL		750
Tercer Grupo					
No	Nombre de la ASADA	Calibración	Población	Aceptan Cloración	Cantidad de pastillas entregadas
21	Buena Vista de Upala	Si	420	SI	15
22	Canalete de Upala	Si	3.174	SI	135
23	Colonia Puntarenas	Si	2.700	SI	140
24	Villa Fátima de San José	Si	420	SI	20
25	Santa Rita	Si	1.223	SI	230
26	San José de Upala	Si	4.700	SI	130
27	San Vicente	Si	521	SI	225
			TOTAL		895
Cuarto Grupo					
No	Nombre de la ASADA	Calibración	Población	Aceptan Cloración	Cantidad de pastillas entregadas
28	San José de Amparo de los Chiles	Si	145	SI	100
29	Bijagua de Upala	Si	600	SI	75
30	Santa Fe de los Chiles	Si	800	SI	110
31	Chambacu de Monterrey	Si	2.430	SI	45
32	Finca 2 Río Frío	Si	912	SI	60
33	Pejibaye de Cote de San Rafael	Si	400	SI	20
34	Cabanga de Guatuso	Si	1.200	SI	75
			TOTAL		485
Población Total Beneficiada:		61.676			
Población Total Beneficiada:		3.310			

Fuente: Oficina Regional Huetar Norte. Subgerencia Gestión de Sistemas Comunes -AyA

CONCLUSIÓN

Sin duda alguna, la calidad del agua es fundamental para la vida humana. Con este Proyecto que se enmarca dentro de los tres pilares que le dan razón de ser a nuestra Institución, misión, visión y nuestros valores, se ha logrado mejorar sustancialmente la salud de las poblaciones beneficiadas. Queda en evidencia la trascendencia de la cooperación internacional que en este caso en concreto alcanzó US \$94.552,30 y benefició a 61.676 habitantes de todas las zonas inmersas en el Proyecto.

Es importante recalcar el agradecimiento por la colaboración que siempre ha brindado la Embajada de Japón, sin ésta el proyecto no hubiese sido posible y por supuesto a FUPADEM quien en esta

ocasión se convirtió en un aliado muy importante para el logro del Proyecto, demostrando así, su capacidad en la administración de estos fondos.

La Dirección de Cooperación y Asuntos Internacionales, seguirá trabajando arduamente en la búsqueda de recursos para la ejecución de importantes proyectos que beneficien significativamente diferentes zonas del país. Todos nuestros bríos están enfocados en la colaboración con los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario de nuestra Institución. Por medio de la cooperación internacional podremos seguir colaborando como una pieza más del engranaje institucional, ayudando así al cumplimiento de los objetivos de nuestra Administración Superior.

Arsénico en el agua potable: casos y remoción



¹ Jorge Andrés Hidalgo M.



² Hernán Villalobos S.

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo brindar información sobre las propiedades del arsénico, las formas en las que se encuentra presente en el agua, sus consecuencias; así como ilustrar con ejemplos de casos de contaminación con arsénico que han ocurrido en el mundo. Por último, se presentan los métodos de remoción existentes, se indican ventajas y desventajas de los diferentes métodos y se indica cuales son los factores a tomar en cuenta en el proceso de selección de la tecnología de remoción a emplear.

Palabras Claves: Agua Potable, Contaminación del Agua, Remoción de Arsénico, Arsénico.

ABSTRACT

This article aims to provide information on the properties of arsenic, the ways in which it is present in the water, its consequences and illustrate with examples of cases of arsenic contamination that occurred in the world. Finally, we present the removal methods exist, listed advantages and disadvantages of different methods and indicates which are the factors to consider in the selection process of removal technology to use.

Keywords: Drinking Water, Water Contamination, Arsenic Removal, Arsenic.

¹ Ingeniero Civil. UEN Gestión Ambiental. jhidalgom@aya.go.cr

² Ingeniero Civil. UEN Gestión Ambiental. hvillalobos@aya.go.cr

ARSÉNICO

El arsénico es el elemento 33 (número atómico) de la tabla periódica de elementos. Pertenece al grupo de los semimetales, ubicándose sobre la línea de la clasificación general que divide

los elementos en metales y no metales, como se muestra en la figura 1. Su comportamiento químico, así como sus propiedades físicas se asemejan más a las de un metal, que a las de un no metal.

Figura 1. Ubicación del arsénico en la tabla periódica de elementos



De forma natural, el arsénico existe en estados de Oxidación -3, 0, 3 y 5, distribuido a través de toda la corteza terrestre. Se encuentra como mineral de cobalto, y por lo general, en la superficie de rocas combinado con azufre o metales como manganeso (Mn), hierro (Fe), níquel (Ni), plata (Ag) o estaño (Sn). La principal forma en que se encuentra el arsénico en la naturaleza es como mineral arsenopirita (FeAsS), en sedimentos de depósitos aluviales. Otros arseniuros metálicos encontrados de forma natural son los minerales

FeAs₂ (loelingita), NiAs (nicolita), CoAsS (cobalto brillante) y CoAs₂ (esmalta).

El arsénico es uno de los pocos elementos que se pueden obtener con un 99.99% de pureza, sin embargo, en su estado elemental tiene pocos usos; en combinación con otros elementos, se utiliza mayormente en procesos de manufactura (vidrio y aleaciones no metálicas), en la industria médica, fuegos artificiales, curado de maderas y en la elaboración de agroquímicos; de éstos, los

agroquímicos y el curado de maderas representan una fuente potencial directa de contaminación de acuíferos, los demás, tanto en su uso como en su disposición, tienen poca o ninguna conexión con el agua subterránea o mantos acuíferos. Se estima que del total de la producción mundial de arsénico, el 70% se utiliza en el curado de maderas, el 22% en la industria agroquímica y el restante 8% en los otros procesos.

EL ARSÉNICO EN EL AGUA

En aguas superficiales y subterráneas, el arsénico se encuentra en estado de oxidación +5 (arsenato, As+5) y +3 (arsenito, As+3), siendo el primero de éstos el más común en aguas superficiales altamente oxigenadas. El segundo se encuentra en aguas subterráneas bajo condiciones de reducción (ganancia de electrones). La tabla 1 resume la solubilidad de estas tres formas de arsénico en el agua.

Cuadro No. 1
Densidad y solubilidad de las tres formas más comunes de arsénico en el agua

Compuesto	Densidad (g/cm ³)	Solubilidad en agua (g/L)
As	5.73 (a 14 °C)	Insoluble
As ₂ O ₃	3.74	37 a 20 °C
As ₂ O ₅	4.32	1500 a 16 °C

ENFERMEDADES ASOCIADAS CON EL ARSÉNICO EN EL AGUA POTABLE

El arsénico llega hasta el agua de consumo humano a través de mecanismos naturales o inducidos. Se encuentra mayormente en agua tomada de fuentes subterráneas. Existen una serie de efectos adversos en la salud, asociados al contacto prolongado con las formas más comunes de arsénico, los cuales difieren del

envenenamiento con arsénico por una fuente puntual de concentración; este tipo de efectos se presentan en países en donde se han encontrado altas concentraciones de arsénico en aguas subterráneas para consumo humano y se le conoce como "arsenicismo".

Arsenicismo

Los efectos del Arsenicismo se manifiestan normalmente después de periodos prolongados de exposición (5 a 20 años). Entre éstos se han identificado problemas de la piel (cambios del color, cayos en las palmas de las manos y los pies), cáncer de piel, vejiga, riñones y pulmones, así como enfermedades de los vasos sanguíneos, de las piernas y los pies. Además se especula que podría estar asociado con aumentos en la frecuencia de casos de diabetes, presión alta y problemas de fertilidad.

Se ha determinado que la piel prácticamente no absorbe el arsénico, por lo que el lavado de manos o baños con agua con altos contenidos de arsénico no representa un riesgo para la salud, ni es causante de arsenicismo.

El arsénico se encuentra presente en prácticamente todas las fuentes de agua subterránea del mundo, aunque en concentraciones que no representan un riesgo para la salud. Dado lo prolongado de los efectos del arsénico en la salud y el bajo control que ha existido en todo el mundo, la extensión total de los efectos adversos del arsénico en la salud es desconocida.

LÍMITES PERMISIBLES

Dado el desconocimiento que existe acerca de los males asociados al consumo de arsénico en el agua y a lo prolongado que debe ser su consumo

para que se manifiesten síntomas en la población, no existe un consenso global respecto a cuál debe ser el nivel máximo permitido. Empero, un gran número de países establece el límite superior en 50 µg/l. Los países europeos y los Estados Unidos en cambio, establecen un máximo de 10 µg/l, mismo valor que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS). La tabla 2 muestra los límites permitidos en algunos de los países mencionados en este informe.

Cuadro No. 2
Límites permitidos de arsénico en agua potable

País	Máximo valor permitido (µg/l)
Estados Unidos (EPA)	10
Comunidad Económica Europea (CEE)	10
Argentina	50
México	50
Taiwán	50
Bangladesh	50
Australia	7
Organización mundial de la Salud (OMS)	10

CASOS REPORTADOS MUNDIALMENTE

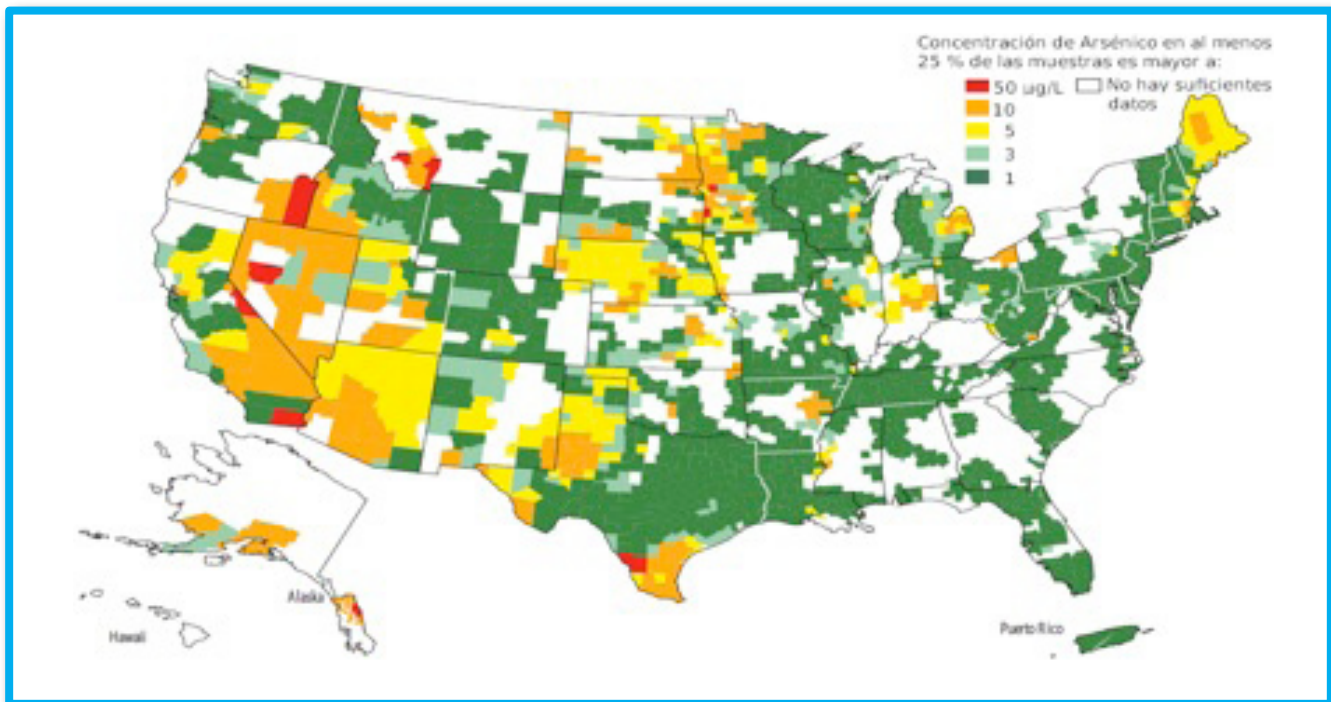
Estados Unidos de América

En los Estados Unidos de América el problema de la contaminación del agua subterránea con arsénico se encuentra ampliamente documentada y desde hace casi 70 años existen regulaciones en cuanto al nivel de arsénico permitido en el agua para consumo humano. A continuación se resume el historial de estos límites:

- **1942:** el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos (USPHS, por sus siglas en inglés), fija un límite de tolerancia al arsénico de 50 µg/l.
- **1962:** USPHS mantiene el límite en 50 µg/l y emite una recomendación de un nivel máximo de 10 µg/l; este mismo año la Asociación American de Obras Hidráulicas (AWWA, por sus siglas en inglés) adopta este límite como norma mínima para toda agua de suministro público.
- **1970:** se crea la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en Inglés).
- **1974:** la USEPA promulga los estándares mínimos para agua potable, incluyendo los 50 µg/l para arsénico y éstos aplican para todo el país.
- **1999:** el Consejo Nacional de Investigación determina que 50 µg/l es un valor muy alto de MCL (Nivel máximo de contaminante, por sus siglas en inglés). Se estima que este límite lleva a una probabilidad de cáncer de vejiga de 1 en 1000 hombres.
- **2001:** se fija un límite de 10 µg/l y se da un periodo de 5 años para acatar esta normativa en todo el país.

En la parte media y sur oeste del país es donde se presentan las mayores concentraciones de arsénico en el agua, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Mapa de los niveles de arsénico encontrados en aguas subterráneas en los Estados Unidos de América.



Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés)

Se ha hallado que la mayoría de los pozos contaminados con arsénico en los Estados Unidos, encuentran el origen de su contaminación en las formaciones geológicas, siendo los de formación glacial los que más frecuentemente se encuentran contaminados con niveles superiores a los 10 µg/l (30% de los pozos).

Taiwán

En la República de China (Taiwán) la exposición a arsénico proveniente del agua potable según se ha demostrado es la causa de diversas enfermedades de los vasos sanguíneos, las cuales producen gangrenas en las extremidades inferiores. A este padecimiento se le conoce como “la enfermedad de los pies negros”. En otros países del mundo se han observado males similares asociados al arsénico, sin embargo no se han presentado casos tan severos como los encontrados en Taiwán.

También se han encontrado altas concentraciones de arsénico en tres pueblos al sur de la isla (BuDai, YiZhu, XueYia) y uno al norte (BeiMen); en el caso de BeiMen, el 90% de los pozos muestreados presentan concentraciones superiores al límite de la normativa local (50 µg/l), y el 13% presentan concentraciones superiores a los 1.000 µg/l.

México

En México, se han encontrado altas concentraciones de arsénico en el agua subterránea de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Nuevo León y Puebla. Destaca entre éstos el caso de Zimapán en el Estado de Hidalgo, en donde el 84% de las muestras de agua de pozos excede el límite de 50 µg/l fijado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Se han encontrado concentraciones de hasta 1.097 µg/l (más de 20 veces del límite permitido). La fuente

de la contaminación proviene de una mezcla de factores naturales (estratos de arsenopirita) y contaminación por residuos de sustancias utilizadas en minería a mediados del siglo XX.

Argentina y Chile

La Planicie del Chaco, las provincias de Jujuy y Salta en Argentina, así como el área de Antofagasta en Chile, son las zonas en las que se han encontrado altos niveles de arsénico en Sur América (superior a 50 µg/l). Se estima que en un área cercana a 1.7 millones de kilómetros cuadrados, se encuentran altos niveles de arsénico, en zonas donde habitan cerca de 2 millones de personas que se encuentran en riesgo de padecer de arsenicismo; el origen de la contaminación se ha asociado con depósitos aluviales de limos y arcillas del periodo cuaternario, mezcladas con cenizas volcánicas de origen riolítico.

Bangladesh

La contaminación con arsénico en Bangladesh se ha documentado ampliamente, no sólo por los altos niveles de concentración encontrados, sino por el considerable número de la población que se encuentra expuesta a ella; se estima que entre 35 y 77 millones de Bangladesíes, se encuentran en riesgo de padecer arsenicismo, lo cual representa casi la mitad de la población del país. De acuerdo con algunas estimaciones, entre 200.000 y 270.000 personas morirán en los próximos años, por padecimientos asociados al arsenicismo. En Bangladesh, el 35% de los pozos presentan niveles de arsénico superiores a 50 µg/l y un 8% presenta niveles superiores a 300 µg/l. Siete de los distritos del oeste de Bengal han reportado contaminación con arsénico en el agua subterránea. En Bangladesh al igual que en muchas otras naciones, el nivel permitido es de 50 µg/l.

El origen de la contaminación en Bangladesh es geológico, proviene de depósitos aluviales y deltaicos del Holoceno, en la parte oeste de Bengal.

Arsénico en el mundo

Adicionalmente a los casos anteriormente mencionados, se han encontrado concentraciones altas de arsénico de origen geológico en Camboya, China, India, Mongolia, Pakistán, Filipinas, Tailandia, Vietnam, Rumania, Suecia, Hungría. Mientras que en Rusia, Bélgica, Inglaterra, Grecia, Holanda, Canadá, Perú y Australia, la contaminación se asocia mayormente a residuos de minería.

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA REMOCIÓN DEL ARSÉNICO EN EL AGUA

Las tecnologías para la remoción de arsénico en el agua se pueden separar en: los métodos comunes utilizados para sistemas medianos y grandes de remoción, y los métodos emergentes utilizados principalmente como soluciones domiciliarias.

Métodos comunes

Los procesos para la remoción de arsénico son muy variados y entre los más comunes y ampliamente utilizados tanto en países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo, se pueden citar varios que se agrupan por los procesos en los cuales se basan para la remoción:

a) Oxidación:

- Aireación Simple
- Agentes Oxidantes
- Radiación

b) Precipitación:

- Coagulación/Filtración
- Filtración Directa
- Coagulación Asistida con Microfiltración
- Coagulación Mejorada
- Ablandamiento con Cal
- Ablandamiento con Cal Mejorada

c) Adsorción:

- Alúmina Activa
- Carbón Activado
- Fe/Mn

d) Intercambio iónico:

- Intercambio Aniónico

e) Membrana:

- Microfiltración
- Ultrafiltración
- Nanofiltración
- Osmosis Inversa
- Electrodialisis Inversa

A continuación se explican algunos procesos de los estados anteriormente mencionados:

Oxidación

Consiste en la conversión de arsenito (As^{+3}) en arsenato (As^{+5}), debido a que las tecnologías de remoción de arsénico son más eficientes para el arsenato, ya que el arsenito no carga por debajo de un pH de 9,2.

Puede llevarse a cabo mediante:

- Aireación Simple
- Agentes oxidantes
- Radiación

Precipitación

Los procesos basados en la precipitación son los más utilizados comúnmente alrededor del mundo para la remoción de arsénico en el agua para consumo humano.

Coagulación / Flocculación

Es el proceso en que la adición de productos químicos (coagulantes) genera que las cargas eléctricas del material disuelto, suspendido o en forma coloidal sean neutralizadas, lo que permite la formación de partículas mayores o aglomerados (flocs) que pueden ser eliminados por sedimentación o filtración.

El tipo y la dosis del coagulante y el pH influyen en la eficiencia del proceso.

Los coagulantes más comunes son las sales metálicas:

- Sulfato de aluminio, hidróxido de aluminio o de cobre
- Sales de hierro, cloruro férrico, sulfato férrico, hidróxido férrico
- Cal o cal hidratada (ablandamiento con cal)

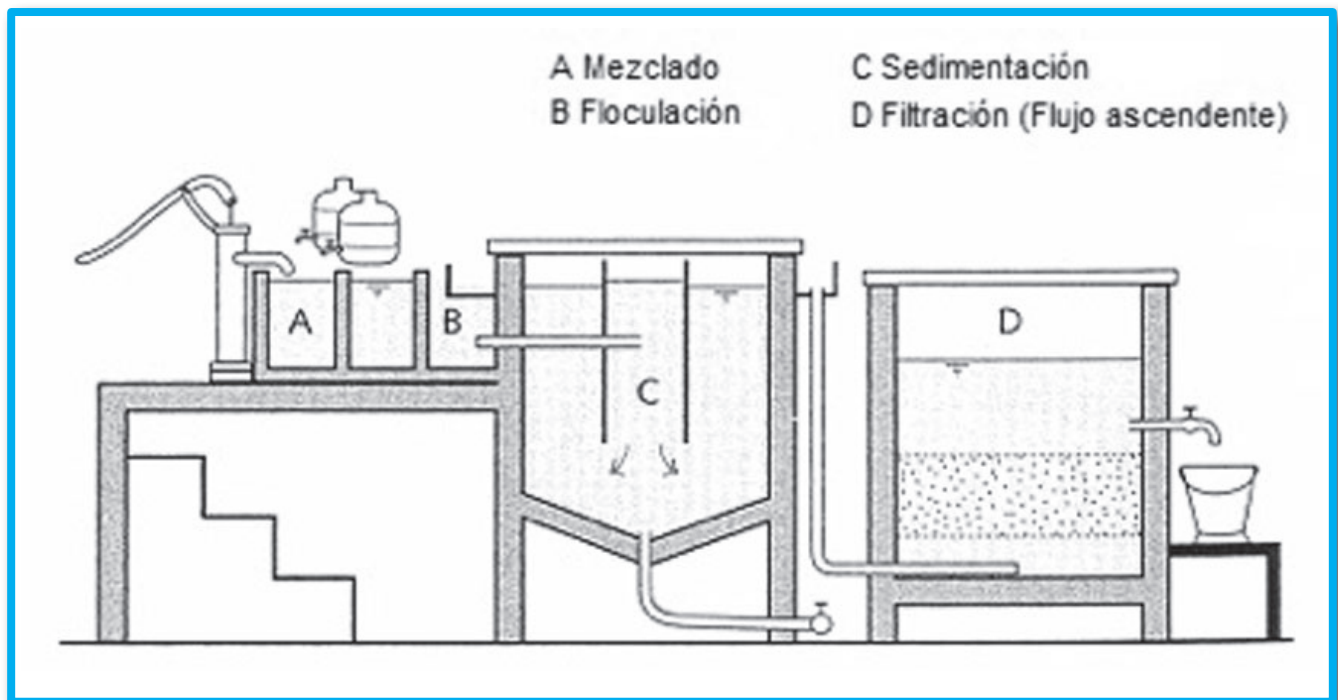
Filtración

Consiste en la separación de partículas sólidas al atravesar un medio que las retiene.

Los medios filtrantes más utilizados son: arena, antracita, granate, carbón activado y telas filtrantes.

La eficiencia depende de: el tipo de medio, la tasa de filtración, el tiempo de contacto y el contralavado.

Figura 3. Sistema típico de remoción de arsénico basado en la precipitación



Adsorción

Proceso de transferencia de masa, donde una sustancia en su fase líquida queda atrapada por fuerzas físicas o químicas en la superficie de un sólido, cuanto mayor sea la superficie del medio, mayor es la capacidad de acumular material.

El arsénico puede ser adsorbido en distintas superficies:

- Medios basados en Alúmina Activada
- Medios basados en adsorbentes con hierro
- Otros medios: bauxita, hematita, feldespato, laterita, minerales arcillosos, entre otros.

Intercambio iónico

Es un proceso físico y químico, en el cual los iones de una especie dada son desplazados de

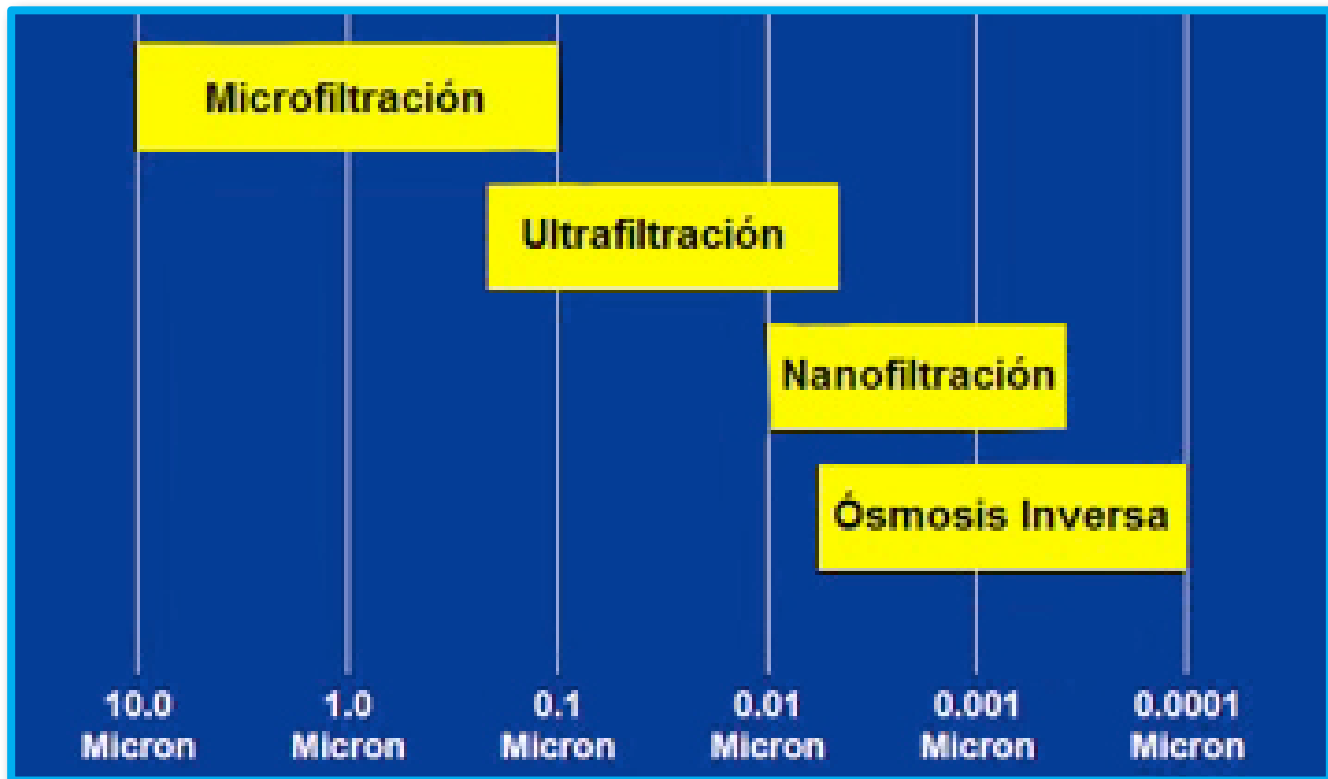
un material insoluble de intercambio (resina) por otros iones que se encuentran en solución.

Las resinas de intercambio iónico utilizan una matriz polimérica de enlace cruzado; las resinas de sulfato selectivas convencionales son las más utilizadas para la remoción de arsenatos.

Membrana

Los procesos basados en utilización de membranas permiten el paso de agua y separan ciertos solutos presentes en ellas. Las membranas se clasifican de acuerdo con el tamaño de los elementos a separar:

Figura 4. Rango de aplicación de las tecnologías de membranas



Una descripción detallada de los métodos para la remoción de arsénico en agua para consumo humano se puede encontrar en Petrusovski et al. (2007).

MÉTODOS EMERGENTES

Debido a la gran problemática existente en muchos países del mundo por el consumo de aguas con arsénico, y en especial en países en los cuales gran parte de la población tiene bajo poder adquisitivo, se han diseñado tecnologías emergentes de solución domiciliar:

- Oxidación Fe-Mn
- Filtración con Arena Verde de Manganeseo
- Coagulación / Microfiltración
- Inmovilización de Arsénico In Situ (Subsuperficial)
- Coagulación Mejorada (Electrocoagulación, Electroflotación)
- Remoción Biológica de Arsénico:
 - Carbón Biológicamente Activado (BAC - Biological Activated Carbon)
 - Oxidación Solar y Remoción de Arsénico (SORAS - Solar Oxidation and Removal of Arsenic)
- Fitorremediación
- Barrera Reactiva Permeable
- Tratamiento Electro-Cinético
- Arena Recubierta de Oxido de Hierro (IOCS - Iron Oxide Coated Sand)
- Memstill®
- Pirámide de Agua
- Colector Solar de Rocío

COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS (FEENSTRA, VAN ERKEL & VASAK, 2007)

En el proceso de evaluación de las tecnologías para la remoción de arsénico se deben comparar las diferentes tecnologías disponibles, para poder seleccionar la tecnología que presente la mayor cantidad de beneficios y que se adapte a las necesidades de remoción:

Cuadro No. 3
Eficiencia de las diferentes tecnologías para la remoción de arsénico en el agua potable

Tecnología	Eficiencia de Remoción		Ph	Habilidades del Operador	Costos Relativos
	As (III)	As (V)			
Oxidación / Precipitación					
Oxidación con aire	<30%	<30%			
Oxidación química	<30%	30 - 60%			
Coagulación / Coprecipitación	<30%	<90%			Bajo
Coagulación con aluminio	<30%	<90%	6.0 - 8.0	mediano	bajo
Coagulación con hierro	60 - 90%	<90%	<8.0	mediano	bajo
Ablandamiento con cal	30 - 60%	<90%	>11.5	mediano	bajo - mediano
Coagulación mejorada	60 - 90%	<90%	5.0 - 9.0	mediano	bajo - mediano
Sendimentación	<30%	<30%		bajo	bajo
Oxidación / Filtración	<30%	60 - 90%	5.5 - 8.5	mediano	mediano
Adsorción	30 - 60%	<90%			
Alúmina activa	60 - 90%	<90%	5.5 - 6.0	bajo	mediana
Sobrentes a base de hierro (IBS)	30 - 60%	<90%	6.0 - 8.5	bajo	bajo - mediano

Inercambio iónico					
Resina aniónica	<30%	<90%	6.5 - 9.0	alto	mediano
Membrana / Osmosis inversa					alto
Osmosis inversa	<30% / 60 - 90%	60 - 90%		mediano	alto
Electrodialisis	<30% / 60 - 90%	30 - 60% / 60 - 90%		mediano	alto
Nanofiltración	<30% / 60 - 90%	60 - 90%		mediano	alto
CAMP	<30% / <90%	<90%			alto
Otros					
Oxidación In-situ/ Inmovilización	60 - 90%	<90%			mediano

Comparación de ventajas y desventajas entre las distintas tecnologías (D'Ambrosio, 2004)

Cuadro No. 4
Ventajas y desventajas de las tecnologías para la remoción de Arsénico

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Coagulación Filtración	Baja inversión de capital Hasta 90% de remoción de As+5 Especial para aguas con alto contenido de Fe-Mn	Operación costosa y complicada Requiere operadores entrenados Tipo y dosis de productos químicos afectan la eficiencia Problemas en la disposición de los efluentes Puede necesitar etapa de prueba Remoción limitada de As+3
Ablandamiento con Cal	Alta remoción de As+5 con pH>10.5 químico, fácilmente disponible	Operación costosa y complicada Requiere operadores entrenados Ajuste continuo de pH Problemas en la disposición de los efluentes
Tratamiento Fe-Mn	Remueve también otros contaminantes	Problemas en la disposición de los efluentes por toxicidad del residuo Requiere operadores entrenados para evitar problemas aguas abajo

Alúmina Activada	Alta remoción de As+5 aun con altos TDS. Eficiencia del 95%. Tecnología comercialmente disponible	Competencia con sulfatos y cloruros. Ajuste de pH Problemas de regeneración: 5-10% pérdida por carrera Problema con manejo de químicos Ensuciamiento con sólidos suspendidos Problemas de efluentes potencialmente peligrosos
Intercambio Iónico	Eficiencia de 95%. Tecnología sólo apropiada para sistemas con sulfatos < 25 mg/l y TDS < 500 mg/l. No requiere ajuste de pH. Bueno para aguas con alto As y pH; bajos sulfatos y bicarbonatos. Buena remoción de nitratos y cromatos	Alto costo de inversión y operación Problemas de efluentes potencialmente peligrosos: Los sulfatos, TDS, selenio, fluoruros y nitratos Sólidos suspendidos y precipitados de hierro tapan el medio No remueve As+3
Osmosis Inversa - Nanofiltración	Puede llegar a remoción > 95%. Calidad consistente, equipamiento compacto y automatizado; efectivo si se desea remover otros compuestos y TDS total	Mayor inversión de capital y cuidado en pretratamiento Mayormente no remueve As+3 Baja recuperación de agua lleva a aumentar el caudal de agua cruda Efluente puede ser problema
Electrodiálisis Reversible	Puede llegar a remoción > 80%	Mayor inversión de capital y cuidado en pretratamiento No competitivo en costo con Ósmosis Inversa y Nanofiltración Baja recuperación de agua lleva a aumentar el caudal de agua cruda
Medios filtrantes especiales	Diseño compacto. Operación con atención mínima. Bajo volumen de efluentes. Cambios bruscos en la calidad de entrada no afectan rendimiento.	Mayores costos operativos

FACTORES A TOMAR EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS (D'AMBROSIO, 2004)

En la etapa de selección de la tecnología de remoción de arsénico se deben tomar en cuenta diversos aspectos, entre los que se encuentran:

Técnicos

i. Calidad agua cruda y tratada: caracterización completa del agua a tratar de manera que se identifiquen todos los iones o elementos que puedan afectar el funcionamiento o eficiencia para cada tecnología. Ejemplo el hierro; para altas concentraciones se puede usar Adsorción, para medias concentraciones puede ser Coagulación/ Filtración y para bajas Membranas, Medios

Especiales o Intercambio Iónico.

ii. Caudal de diseño: caudal horario, diario y pico, así como evaluar la posibilidad de mezcla con agua cruda.

iii. Factibilidad de utilización de tecnologías: aplicabilidad de la tecnología para el caso del agua cruda a tratar. Evaluar posibilidad de combinación de tecnologías. Utilizar estudios piloto o de laboratorio para confirmar factibilidad técnica.

Ambientales

i. Disposición y generación de efluentes: considerar tratamientos, transporte, adecuación y disposición final de corrientes líquidas, barros y sólidos.

ii. Estudio de Impacto Ambiental: considerar todos los posibles impactos ambientales producto de la tecnología de remoción analizada.

iii. Selección de productos químicos: evaluar las fichas de los productos, así como riesgos de transporte y manipuleo que puedan generar accidentes.

Económicos

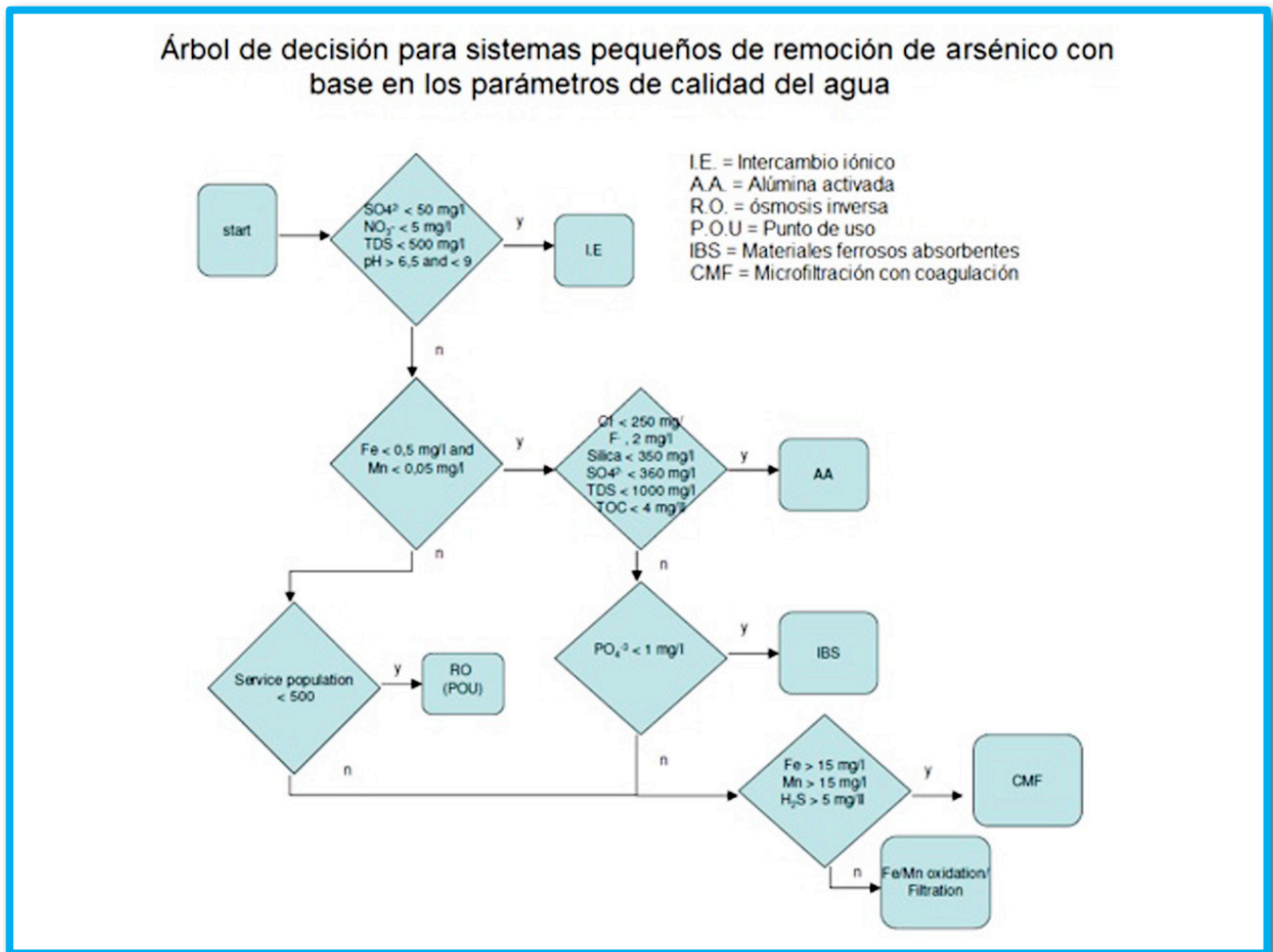
i. Inversión de capital: costos de obras civiles, terreno, montaje, permisos, costo de equipamiento, entre otros. Tomar en cuenta el costo de equipamiento

ii. Costos operativos:

- a. Productos químicos: evaluar la seguridad en el abastecimiento
 - Oxidante: ejemplo Hipoclorito de sodio
 - Coagulante: realizar estudios de prueba de jarras
 - Antiescalantes y reductores: como los usados en osmosis inversa
 - Regenerantes: como los usados en intercambio iónico o alúmina activa
- b. Energía: tomar en cuenta costos de bombeo de las distintas etapas
- c. Mano de obra de operación: salarios del personal de operación, supervisión e ingeniería que estarán a cargo de los sistemas
- d. Materiales consumibles: evaluar durabilidad de los materiales como medios filtrantes, membranas de osmosis inversa, resinas de intercambio iónico, entre otros
- e. Lavado y limpiezas eventuales: considerar los insumos químicos y mano de obra
- f. Agua cruda: pérdidas de agua y rendimiento del sistema
- g. Tratamientos de efluentes y disposición final: costos de productos, transporte y disposición

Petrusevski y otros, proponen la utilización de un diagrama de flujo para la selección del sistema de remoción de arsénico basado en los parámetros de calidad del agua, esta metodología de selección es aplicable sólo a sistemas de remoción pequeños.

Figura 5. Proceso de selección basado en parámetros para sistemas de remoción de arsénico (Petruševski, Sharma, Schippers, & Shordt, 2007)



La gran mayoría de autores coinciden en que:

- Para la decisión final sobre la tecnología a emplear, si bien la variable económica es determinante, no deben olvidarse los factores de cuidado del ambiente y la seguridad del personal.
- Cualquier tecnología para la remoción de arsénico que se seleccione debe someterse a pruebas utilizando el agua que va a ser tratada, antes de la implementación de los sistemas remoción en la escala de campo. (Johnston & Heijnen, 2001)
- Una vez seleccionada la tecnología debe realizarse un cuidadoso diseño de ingeniería (básica y de detalle) que asegure confiabilidad operativa, mínimo mantenimiento y vida útil especificada.

AGRADECIMIENTOS

Consejo Editorial de la Revista Hidrogénesis en especial a Maximiliano Pérez y a Elvira Guevara.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armienta, M.A.; Rodríguez, R.; Aguayo, A. 1997 **Arsenic contamination of groundwater at Zimapán, México.** Journal of Hydrogeology. Vol. No.5. pp. 39-46
- Brunt, R.; Grifioen, J.; Vasak, L. 2004 **Arsenic in groundwater: probability of occurrence of excessive concentration on global scale.** Centro Internacional de Supervisión de Aguas Subterráneas: UNESCO
- Chen, Y.-C.; Cheng, H.-H.; Liao, C.-M.; Lin, H.-Y.; Lin, M.-C.; Shao, K.-T, Risk 2005 **Assessment of arsenic exposure from consumption of cultured milkfish, from the arsenic-contaminated Area in Southwestern Taiwan.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 75, pp. 637-644.
- D'Ambrosio, M.C 2004 **Evaluación y selección de tecnologías disponibles para remoción de Arsénico, Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento.** Memoria del segundo Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea. pp. 123-136.
- Environmental Protection Agency. **Arsenic in Drinking Water** 2010 (En línea) Consultado el 29-12-2010. Disponible en: <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/index.cfm>.
- Erickson, M.; Barnes, R. 2005 **Arsenic in Ground Water in the Upper Midwest, USA.** Groundwater 43. No. 6, pp 796-805.
- Feenstra, L., Van Erkel, J., Vasak, L. 2007 **Arsenic in Groundwater: Overview and Evaluation of Removal Methods,** Utrecht, Holanda: IGRAC.
- Fernández, J. L.; Galindo, G.; Parada M. A.; Gimeno, D.; García, M.; Saavedra, J. 2005 **Estado Actual del Conocimiento sobre el Arsénico en el Agua de Argentina y Chile: origen, movilidad y tratamiento, arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento.** Memoria del segundo Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea. pp. 1-22.
- Gomez, A.; Howe, P.; Hughes, M.; Kenyon, E.; Lewis, D.R.; Moore, M.; Ng, J. 2001 **Arsenic and Arsenic compounds.** (En línea) Consultado el 29-12-2010. Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc224.htm#1.2>
- Johnston, R., & Heijnen, H. 2001 **Safe Water Technology for Arsenic Removal. Technologies for Arsenic Removal from Drinking Water.** UNICEF: Estados Unidos. pp.1-22
- Lin, M. Z 1996 **Contaminación por Arsénico en Comunidades Pesqueras en la Costa Suroeste de Taiwán = 台灣西南沿海養殖環境之砷污染.** Vol 37. pp 17-21.
- Organización Mundial de la Salud(2003) **Arsenic in Drinking-water Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality.** World Health Organization, WHO/SDE/WSH/03.04/75.
- Organización Mundial de la Salud 2003, Arsenic in Drinking Water, WHO, **Fact Sheet No. 210.** (En línea) Consultado el 29-12-2010. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs210/en/>.
- Organización Mundial de la Salud, **Water Sanitation and Health (WSH), WHO.** (En línea) Consultado el 29-12-2010. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/arsenicosis/en/.
- Petrusevski, B., Sharma, S., Schippers, J. C., & Shordt, K 2007 **Arsenic in Drinking Water.** Thematic

Overview Papers of IRC. Holanda: Elsever.

Ryker, S.J. **Mapping arsenic in groundwater.** Geotimes v.46 no.11, p.34-36. (En línea) Consultado el 29-12-2010. Disponible en: http://www.agiweb.org/geotimes/nov01/feature_Asmap.html.

Smith, A.H.; Lingas, E.O.; Rahman, M 2000 **Contamination of Drinking-Water by Arsenic in Bangladesh: a public health emergency.** Bulletin of the World Health Organization. Vol. 78, pp. 1093-1103.

USEPA 2003 **Arsenic Treatment Technology Evaluation Handbook for Small Systems.** Estados Unidos.

USEPA 2000 **Technologies and Costs for Removal of Arsenic from Drinking Water.** Estados Unidos.

Vazquez, H.; Ortolani, V.; Rizzo, G.; Bachur, J.;Pidustwa, V 1999 **Arsénico en Aguas Subterráneas. Criterios para la Adopción de Límites Tolerables.** Rosario, Argentina: ENRESS.

Accesorios domésticos en los grifos y su impacto sobre la calidad del agua para consumo humano



¹ Darner Adrián Mora A.



² Moisés Coto C.



³ Carlos Felipe Portuguez B.

RESUMEN

El presente estudio pretende determinar mediante una encuesta sanitaria, el porcentaje de la población que usa Accesorios Domésticos (AD) en los grifos, y evaluar su impacto en la Calidad del Agua para Consumo Humano (ACH). Para cumplir con el objetivo del estudio se establecieron 3 etapas; la primera es la realización de una encuesta a nivel nacional en 598 viviendas y comercios, para estimar el porcentaje de presencia de AD en los grifos; la segunda es la evaluación de la calidad microbiológica del agua con y sin dispositivo en 70 muestras duplicadas; la tercera es el aislamiento e identificación de bacterias existentes en el interior de los accesorios. Los datos de la encuesta indican que de las 598 viviendas y comercios visitados, un total de 98 tenían algún tipo de AD, para un 16%, dichos accesorios eran el 58% de plástico, el 22,5% de tela y el 23% de otros materiales.

Los análisis de agua en grifos con y sin dispositivos, demuestran que el 29% de las muestras de agua se vieron afectadas por el

uso del accesorio, provocando contaminación microbiológica. Por último, el análisis de los hisopados en el interior de los AD, demostró la presencia de bacterias Gram positivas en un 41% y Gram negativas en un 96%. Se concluye que el uso tradicional de AD en los grifos, impacta en la calidad microbiológica del ACH, por lo que se recomienda educar a la población en general, para evitar el uso de este tipo de dispositivos promoviendo los “Planes de Seguridad del Agua en el Hogar”.

Palabras clave: accesorios, accesorios de plomería, calidad de agua, grifos.

ABSTRACT

This work aims to determine, by means of a sanitary survey, the percentage of population that uses household accessories (HA) in taps, and to evaluate the impact of them on the quality of water for human consumption (WHC). In order to

¹ Director. Laboratorio Nacional de Aguas. dmora@aya.go.cr

² Asistente. Laboratorio Nacional de Aguas. mcoto@aya.go.cr

³ Licenciado en Gestión Ambiental. Laboratorio Nacional de Aguas. fportuguez@aya.go.cr

reach this objective 3 phases were established: the first was a survey at the national level in 598 households and commercial establishments in order to estimate the presence of HA in taps; the second was the evaluation of the microbiological quality of water with and without accessories in 70 duplicate samples; the third was the culture and identification of the bacteria existing within the accessories. Survey data indicates that 16% (98) had some sort of HA. These accessories were 58% plastic, 22,5% cloth and 23% other materials. Analysis of tap water with and without accessories show that 29% of the water samples were affected by use of the accessory, causing microbiological contamination. Analysis of wipes within the accessories showed the presence of Gram positive bacteria in 41% of the cases and Gram negative in 96%. It is concluded that the traditional use of household accessories in taps impacts microbiological quality of water for human consumption, and it is recommended that general population education is implemented to avoid use of these types of accessories, promoting Water Safety Plans at a household level.

Keywords: accessories, accessories planería, water quality, taps

INTRODUCCIÓN

La República de Costa Rica contaba, para el 31 de diciembre del 2009, con 4.509.392 habitantes. Esta población se suplía de "Agua para consumo humano (ACH)" mediante 2.302 acueductos, operados por sistemas municipales en un 16,7%, de los Comités y las Asociaciones de Acueductos Rurales (CAAR's/ASADAS) en un 27,5%, por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia en un 3,6% y por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados en un 50%. El restante 2% se abastece de nacientes y pozos propios. En general, de la población total el 98% recibe agua por cañería, lo cual ubica a Costa Rica entre los

primeros lugares en cuanto a abastecimiento con ACH en el mundo. No obstante estos logros, una parte de la población tiene la mala costumbre de usar accesorios domésticos (plásticos, hules, mangueras, filtros, tela, entre otros) en las tuberías o grifos, para evitar la salpicadura del chorro de agua. Lógicamente, el periodo de contacto del agua con el accesorio provoca el crecimiento bacteriano en este último, afectando la calidad microbiológica del ACH en la vivienda, el comercio y los centros educativos, lo cual podría causar daños en la salud de los usuarios.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar, mediante una encuesta sanitaria, el porcentaje de la población que usa accesorios domésticos en los grifos, y evaluar el posible impacto en la calidad del agua para consumo humano y en la salud.

Objetivos específicos

- Realizar una encuesta en el ámbito nacional para estimar el porcentaje de viviendas o usuarios que utilizan accesorios en los grifos de agua.
- Determinar el tipo más común de accesorios utilizados en los grifos.
- Evaluar el impacto del uso de dichos accesorios en la calidad del agua para consumo humano.



MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con los objetivos del estudio se estableció una investigación de tipo descriptivo-analítica en 3 etapas:

Encuesta sanitaria

Aprovechando las visitas de los funcionarios encargados de inspecciones sanitarias y recolección de muestras del Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), se realizó una encuesta a nivel nacional, para estimar el número y el porcentaje de la población que usa los mencionados accesorios domésticos en los grifos.

A continuación se presenta la estructura de la encuesta:

Tipos de material de los accesorios

Con los datos de la encuesta se cuantificó el número de accesorios, el porcentaje y el tipo de material de los accesorios domésticos.

Evaluación de impacto sobre la calidad del agua

Para evaluar el impacto del uso de los accesorios en la calidad microbiológica del agua, se realizaron análisis de laboratorio del agua con y sin accesorio; además, se realizó un hisopado del área interna del accesorio, el cual se trasladó al Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) en un medio de agua peptonada en un tubo de ensayo.

Análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio se realizaron siguiendo las directrices del "Standard Methods".

RESULTADOS

Resultados de las encuestas

En el periodo de enero a junio del 2010 se realizaron 598 encuestas. Los resultados se presentan en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1 Resultados de las encuestas para la determinación de los accesorios domésticos en los grifos en Costa Rica				
Viviendas y comercios visitados	Presencia de accesorio	Tipo de accesorio		
		Plástico	Tela	Otro
598 (100%)	93 (16%)	49 (53%)	21 (22,5%)	23 (25%)

Fuente: Elaboración propia de los autores

Impacto sobre la calidad microbiológica del agua

• Análisis de aguas

En el cuadro No. 2 se resumen los datos del total de muestras de agua analizadas con y sin dispositivo, según desinfección o no del agua y la positividad o presencia de bacterias en el agua.

Cuadro No. 2 Calidad microbiológica de las muestras de agua con o sin accesorio doméstico en los grifos				
Número de muestras de agua	Con dispositivos positivos por bacterias	Sin dispositivos positivos por bacterias	Muestras de agua con cloro	Muestras de agua sin cloro
70	20 (29%)	7 (10%)	53 (76%)	17 (24%)

Fuente: Elaboración propia de los autores

• **Análisis microbiológicos de los accesorios domésticos**

El cultivo del hisopado del interior de 47 accesorios domésticos permitió aislar e identificar la presencia de géneros de bacterias como Staphylococcus, Enterococcus, Pseudomonas,

Burkholderia y del Grupo Coliforme fecal. En el cuadro No. 3 se resume el número y el porcentaje de aislamientos positivos por estos tipos de bacterias.

Cuadro No. 3
Porcentaje de aislamientos positivos según género de bacterias en 47 accesorios analizados

Género bacteriano	Número de muestras		Totales
	Positivas	Negativas	
GRAM POSITIVAS	11 (41%)	16 (59%)	27 (100%)
Staphylococcus	6 (22,2%)	21 (77,8%)	27 (100%)
Enterococcus	5 (18%)	22 (82%)	27 (100%)
GRAM NEGATIVAS	45 (96%)	2 (9%)	47 (100%)
Klebsiella	13 (28%)	34 (72%)	47 (100%)
Enterobacter	10 (21%)	37 (79%)	47 (100%)
Aeromonas *	6 (13%)	41 (87%)	47 (100%)
Proteus	4 (8,5%)	43 (91,5%)	47 (100%)
Burkholderia	3 (6,4%)	44 (93%)	47 (100%)
Escherichia	2 (4,2%)	45 (95,8%)	47 (100%)
Pseudomonas	1 (2%)	46 (98%)	47 (100%)

Nota: Género con potencial de producir diarreas

Fuente: Elaboración propia de los autores

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De las 598 encuestas realizadas del Área Metropolitana y otras regiones del país; para estimar el porcentaje de la población que utiliza accesorios domésticos en los grifos, el total de los resultados indica que el 16% de los encuestados utilizan este tipo de accesorios; dicha encuesta también logró determinar que los tipos de materiales usados como accesorios, para evitar la salpicadura del chorro de agua son: plásticos, mangueras, trozos de tela, otros.

Por otro lado, el análisis microbiológico de las aguas recolectadas con y sin accesorio, indica que

de 70 muestras estudiadas 20 (29%) y 7 (10%) dieron positivo y negativo, respectivamente, por coliformes fecales/100 mL, mientras que 56 (76%) presentaron cloro residual.

Por último, los hisopados de los 47 accesorios permitieron aislar un gran “zoológico” de bacterias; en las Gram positivas 22,2% dieron positivas por Staphylococcus y 18% por Enterococcus; En cuanto a las Gram negativas, el 28% dio positivo por Klebsiella, 21% por Enterobacter, 18% por Aeromonas, 8,5% por Proteus, 6,4 por Burkholderia, 4,2 por Escherichia y 2% por Pseudomonas.

CONCLUSIONES

El análisis de este sencillo pero importante estudio, demostró que al menos el 16% de la población costarricense utiliza accesorios domésticos en los grifos, el uso de estos accesorios domésticos causa un gran impacto en la calidad del ACH, causando una alta contaminación bacteriana en el 29% de las muestras de accesorios.

Los géneros de bacterias aisladas en los dispositivos demuestran contaminación por coliformes fecales, Staphylococcus, Enterococcus y el grupo Aeromonas, este último causante directo de diarreas.

En resumen, el uso de estos dispositivos se contraponen al esfuerzo realizado por los entes operadores de acueductos para suministrar agua de calidad potable, debido a que esta tradicional práctica deteriora la calidad del agua dentro de los hogares, los centros educativos y los comercios.

RECOMENDACIONES

Para evitar y eliminar la mala costumbre de usar accesorios domésticos en los grifos de agua, es necesario capacitar a la población mediante el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados como entidad rectora en el suministro de agua potable en el país, e implementar la filosofía de los Planes de Seguridad del Agua en los sistemas de abastecimiento y dentro de los hogares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Clesceri, Lenore; Greenberg, Arnold; Gatan, Andrew. 1998. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. Washington D.C. : APAA, AWWA, WEF.

Costa Rica, Leyes, etc. 2002. **Ley Constitutiva del AyA**. San José, Costa Rica.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2005. **Estimaciones de población en Costa Rica 2005-2015**. San José : INEC.

Laboratorio Nacional de Aguas. 2010. **Programa de vigilancia y control de calidad del agua**. Cartago: Laboratorio Nacional de Aguas.

Mora, D; Portuguez, F. 2010. **Evolución de las coberturas y calidad del agua para consumo humano y disposición de aguas residuales domésticas en Costa Rica al año 2009**. Cartago: Laboratorio Nacional de Aguas.

Mora, Darner. **Planes de seguridad del agua en el hogar**. 2010. Cartago: Laboratorio Nacional de Aguas.

OMS/IWA. 2009. **Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo**. Ginebra, Suiza: OMS.

UNICEF/OMS. 2010. **Join Monitoring programme for water supply and sanitation**. Disponible en: <http://www.wssinfo-onglen/24/watdeuregions.html>



Oficina Cantonal de Nicoya. Fotografía Ing. Héctor Feoli

GESTION ADMINISTRATIVA

Costa Rica: necesidades de inversión del Sector Agua Potable y Alcantarillado Sanitario



¹ German Mora Rodríguez

RESUMEN

Surgida de una severa crisis por falta de agua en la ciudad capital, sumada a condicionantes para el financiamiento externo por parte del Gobierno de los Estados Unidos y a criterios de la Organización Panamericana de la Salud y de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria (AIIS), el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) ha trazado su historia, durante medio siglo, aportando invaluable beneficios a la sociedad costarricense, camino en el cual la construcción de las obras requeridas para la prestación de los servicios que le han sido asignados por ley representan las coordenadas que delimitan su rumbo; es así como el artículo primero de su Ley Constitutiva define, con total claridad, los objetivos de su creación: *“...dirigir, fijar políticas, establecer y aplicar normas, realizar y promover el planeamiento, financiamiento y desarrollo y resolver todo lo relacionado con el suministro de agua potable y recolección y evacuación de aguas negras y residuos industriales líquidos, lo mismo que el aspecto normativo de los sistemas de alcantarillado pluvial en áreas urbanas, para todo el territorio nacional se crea el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados...”*.

Seguir por esta senda de desarrollo y satisfacer así las aspiraciones de la Costa Rica contemporánea, demandará de nuestra querida Institución lo mejor de sus capacidades.

Como parte de este trascendental ejercicio para el futuro de los servicios de agua potable, recolección y tratamiento de las aguas residuales en nuestro país, la Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo (SAID), a instancias del ex Presidente Ejecutivo, Lic. Oscar Núñez, se dio a la tarea de identificar, ordenar, clasificar y elaborar una propuesta de programación de las inversiones requeridas por estos servicios para los próximos 20 años, no sólo en las áreas cubiertas por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), sino también en las zonas atendidas por organizaciones comunales (ASADAS, CAARS, las municipalidades y otros).

Producto de este esfuerzo, que ha involucrado a muchos funcionarios de las Subgerencias GAM (SGGAM) y Sistemas Periféricos (SGGSP), Sistemas Comunales (SGGSC), la Dirección de Planificación así como la colaboración de la empresa EPYPSA,

¹ Ingeniero Civil. Máster en Gerencia de Proyectos de Desarrollo. Subgerencia Ambiente Investigación y Desarrollo. gemora@aya.go.cr

la Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo elaboró dos documentos: Diagnóstico Plan de Inversiones (octubre del 2010) y el Informe Plan de Inversiones (Agosto del 2011); cuyos resultados fueron en su oportunidad puestos en conocimiento de la Administración Superior del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), y del Gobierno de la República. Por su parte la actual Presidenta Ejecutiva, Ingeniera Yesenia Calderón, no sólo ha dado su respaldo a esta iniciativa, sino que además ha liderado el proceso para concretar una propuesta tarifaria que incluye el financiamiento de los proyectos identificados, gracias a esta iniciativa de SAID.

Palabras claves: Inversiones, Alcantarillado Sanitario, Sector de Agua Potable

ABSTRACT

Emerging from a severe water shortage crisis in the capital city, together with conditions for external financing by the Government of the United States and criteria of the Pan American Health Organization and the American Association of Sanitary Engineering (AIIS) AyA has traced its history for half a century providing valuable benefits to Costa Rican society, the way in which the construction of the works required for the provision of services that have been assigned by law to represent the coordinates that define its course. Thus, the first article of its Constitutive Act defines very clearly the objectives of its creation: *"... direct, fixed policies, establishing and implementing standards, conduct and promote the planning, financing and development and to resolve all matters relating to potable water supply and collection and disposal of sewage and liquid industrial waste, as well as the normative aspect of storm sewer systems in urban areas throughout the country for creating the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewer ..."*. Follow this path

of development and satisfy the aspirations of contemporary Costa Rica, will demand of our beloved institution the best of their abilities.

As part of this important exercise for the future of drinking water, collection and treatment of waste water in our country, the Deputy for Environment, Research and Development (SAID), at the request of former CEO, Oscar Nunez, was given the task of identifying, sorting, sort and prepare a draft program of investment required for these services for the next 20 years, not only in areas covered by the same AyA, but also in the areas served by community organizations (GRILLED, CAARS, etc.) and the municipalities.

Product of this effort, which has involved many officials of the sub directorates GAM (SGGAM) and peripheral systems (SGGSP), Communal Systems (SGGSC), the Planning and collaboration Epypsa company, the Deputy for Environment, Research and Development produced two documents: Diagnosis Investment Plan (October 2010) and Report Investment Plan (August 2011). Results were in due time made known to the Senior Management AyA and the Government of the Republic. In turn, the current chief executive, engineer Yesenia Calderon has not only given its supported this initiative, but has also led the process to realize a rate proposal that includes funding for projects identified through this initiative SAID.

Keywords: Investments, Sanitary Sewage system, Potable Water Sector

INTRODUCCIÓN

Este artículo pretende ofrecer a la comunidad institucional y a otros interesados, los principales resultados de este esfuerzo; en el cual se resumen los principales resultados recopilados en el Diagnóstico Plan de Inversiones, donde además se

muestran los datos del inventario sobre el estado de los Sistemas que opera el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), así como las cifras más significativas sobre las inversiones, y su nivel de urgencia para los próximos 20 años, tanto para los Sistemas operados por el mismo Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), como para los Sistemas Comunales y Municipales; sin embargo, estas cifras se muestran debidamente actualizadas con los datos recopilados en el segundo documento: Informe Plan de Inversiones (Agosto del 2011). Por razones de espacio en este artículo la información que se obtuvo sobre los Sistemas Comunales y Municipales se abordará en forma muy general.

El segundo documento, denominado Informe Plan de Inversiones, recoge básicamente, los resultados de un detallado proceso de filtración, validación, categorización, ordenamiento en “paquetes” de los proyectos, así como una propuesta de programación para los próximos años, que se estima necesaria para honrar la obligación Institucional de ofrecer al país servicios de calidad. Esto, además de una actualización de las cifras sobre necesidades de inversión plasmadas en el primer documento: Diagnóstico Plan de Inversiones (octubre 2010), contiene información que se incorpora en este artículo, en un próximo artículo se abordarán los principales resultados del Informe (agosto 2011).

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), tal y como lo ha hecho históricamente, está haciendo un enorme esfuerzo por seguir atendiendo adecuadamente las exigencias de la sociedad costarricense, para lo cual, cuenta con la energía, la convicción y la capacidad necesarias para afrontar este enorme reto; sirva este artículo como faro para indicar el camino y sobre todo como elemento motivador de los esfuerzos, tanto Institucionales como nacionales, necesarios para llevar a buen puerto

todas las iniciativas recopiladas en los documentos aludidos.

Si algo caracterizó este esfuerzo, fue la sinergia institucional, no se contó con el apoyo de las dependencias señalas algunos párrafos atrás, pero en su defecto se contó con el apoyo de muchas personas, quienes además aportaron ideas y comentarios. A todas ellas nuestro más sincero agradecimiento. No se puede dejar de destacar la dedicación, el entusiasmo, la excelente calidad del trabajo profesional y el empeño aportados por el Ingeniero José Pablo Bonilla, la Ingeniera Sofía Sánchez y por el Geógrafo Esteban González, todos funcionarios del Departamento de Desarrollo Físico de la UEN Programación y Control de SAID.

DIAGNÓSTICO PLAN DE INVERSIONES PRINCIPALES RESULTADOS

En una primera etapa, se pretendió elaborar un diagnóstico de la realidad de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados, así como de las inversiones requeridas por éstos para atender adecuadamente a la población servida, tanto a corto como a largo plazo, conforme se fue consolidando la información institucional, la Presidencia Ejecutiva solicitó a la Subgerencia de Sistemas Delegados realizar un ejercicio similar que permitiera cuantificar las necesidades de inversión en el sector rural. Aprovechando los resultados de una consultoría promovida por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) financiada mediante fondos no reembolsables, con el apoyo del Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM) y del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), esto permitió incluir en este diagnóstico valiosa información sobre el estado y las necesidades de inversión en Sistemas, tanto de acueductos como de alcantarillados, operados por municipalidades en áreas urbanas; la cual fue elaborada por la firma EPYPSA. No se logró, en esta oportunidad, recopilar

la información correspondiente a las zonas atendidas por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), la cual representa alrededor de un 4,8% del total de la población costarricense, servida con abastecimiento de agua potable.

Este primer documento resume las necesidades que tiene el sector, lo cual es fundamental para el replanteamiento y el ordenamiento de la planificación de las inversiones que requiere el país en los próximos 20 años, y que debe ser congruente con las perspectivas de desarrollo del resto de los sectores en el marco de las políticas públicas del país.

Tal y como se consigna en el cuadro No. 1, se requiere una inversión, a partir de las necesidades

identificadas para las tres figuras de operación señaladas: (Instituto Costarricense Acueductos y Alcantarillados AyA, Sistemas de Administración Delegada o Comunales y Municipalidades) de aproximadamente 2.594,42 millones de US\$ (octubre 2010) para el periodo 2010-2030 en agua potable, tratamiento y recolección de aguas residuales. De éstos, el 70,16%, o sea 1.820,36 millones de US\$, corresponden a los requerimientos de inversión de los Sistemas administrados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para los próximos dos decenios, que se consideran necesarios para asegurar la continuidad, la cantidad y la calidad de los servicios en forma sostenible.

Cuadro No. 1
Costa Rica. Necesidades de inversión en sistemas de abastecimiento de agua potable y recolección y tratamiento de aguas residuales. Por escenario de inversión y según tipo de operador
 En millones de US\$

Ente Administrador	Rezago	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Total
AyA	598,74	371,12	800,51	49,99	1.820,36
Comunales	424,83	0.00	0.00	0.00	424.83
Municipales	53,31	246,13	49,79	0.00	349.24
TOTAL	1.076,88	617,25	850,3	49,99	2.594,42

Fuente: Informe Plan de Inversiones. SAID, agosto 2011.

Así mismo se estima que los Sistemas de Administración Delegada (Comunales) requieren una inversión de alrededor de 425 millones de US\$ y el estudio de EPYPSA (2010) determina que las Municipalidades requieren una inversión cercana a los 350 millones de US\$ dólares.

Tal y como puede apreciarse el país presenta un rezago importante en el tema de inversiones en sistemas de abastecimiento de agua potable y de recolección y tratamiento de las aguas

residuales, requiriéndose una inversión total de 2.594,42 millones de US\$ para poder atender adecuadamente la demanda actual y futura (2030) de estos servicios; en definitiva se trata de una cifra que supera con creces los montos que el país ha asignado históricamente a este sector, por lo que será necesario romper en muchos casos, con los paradigmas imperantes en cuanto a la gestión y al financiamiento de las inversiones requeridas por estos servicios.

Situación de los Sistemas Administrados por Acueductos y Alcantarillados (AyA)

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) administra actualmente Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y de Alcantarillado Sanitario de manera directa en gran parte del territorio nacional; la gestión de estos Sistemas es dirigida por la Subgerencia Gestión de Sistemas GAM (SGSGAM), la cual brinda el servicio en gran parte del Gran Área Metropolitana y la Subgerencia Gestión de Sistemas Periféricos (SGSP), con presencia en cinco regiones (Brunca, Central Oeste-Norte, Chorotega, Huetar Atlántica y Pacífico Central).

Según las estimaciones disponibles al momento de generarse el Informe al que se refiere este artículo, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) brinda el servicio de abastecimiento de agua potable al 51,5% de la población del país, tiene una cobertura del 25% de la población en recolección de aguas servidas y 3.5 % de la población con tratamiento de éstas. Esto significa 2,32 millones de personas

con abastecimiento de agua potable, 717 mil habitantes con recolección de aguas servidas y solamente cerca de 101 mil personas se benefician con el servicio de tratamiento de las aguas residuales.

El cuadro No. 2 contiene un resumen por región de esta información.

Esta población es atendida por 105 Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en todas las regiones, sin considerar el Sistema Metropolitano. Por sistema se entiende el conjunto de fuentes de producción (nacientes, pozos y plantas potabilizadoras), tanques de almacenamiento y redes de distribución que se encuentran conectadas hidráulicamente entre sí; de estos Sistemas, seis cuentan con más de diez mil servicios, a saber: Alajuela, Guápiles, Liberia, Limón, Pérez Zeledón y Puntarenas.

El Sistema Metropolitano, es un mega-sistema, con más de trescientos mil servicios, conformado por alrededor de 29 sistemas de producción.

Cuadro No. 2
Costa Rica. Población atendida por sistemas administrados directamente por AyA, según tipo de servicio y región administrativa

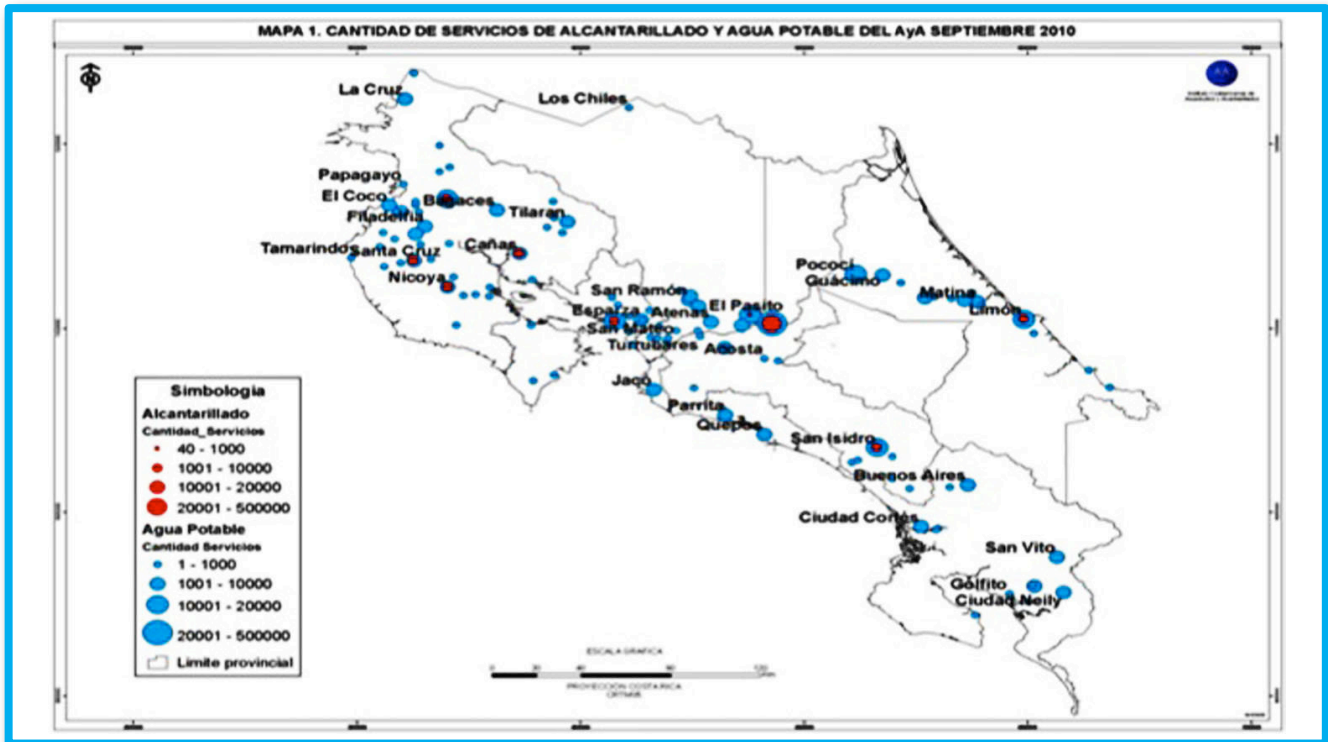
Regiones	Acueducto	Alcantarillado	Tratamiento
Brunca	188 790	8 537	8 537
Central Oeste-Norte	146 359	1 436	1 436
Chorotega	206 939	24 496	24 496
Huetar Atlántica	215 672	26 196	26 196
Metropolitana	1 325 975	619 070	2 870
Pacífico Central	240 423	37 312	37 312
TOTAL	2 324 158	717 048	100 847

Fuente: Sistema Comercial Integrado, abril 2010. Diagnóstico Plan de Inversiones. SAID, octubre 2010. Pág. 7

En la figura No. 1 se presenta la distribución espacial de la cobertura de estos sistemas en el país. Se puede apreciar el bajo nivel de cobertura

que tiene Costa Rica en materia de alcantarillado sanitario, con respecto a la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Figura 1. Costa Rica. Ubicación de los sistemas de agua potable y de alcantarillado, administrados por el AyA



Fuente : SAID, 2010

Estado de la disponibilidad

Se considera que un sistema alcanza su máxima capacidad cuando no puede ofrecer “disponibilidad” de servicios de agua potable o de alcantarillado para el desarrollo de infraestructura en el área geográfica que cubre el sistema, ante esta situación el marco regulatorio costarricense, ofrece la opción de esperar a que el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) ejecute las obras requeridas para aumentar la capacidad del sistema, para que el desarrollador construya la infraestructura requerida para el proyecto, y si lo prefiere, trasladarlo al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para su gestión.

La incapacidad de un sistema para brindar nuevos servicios obedece a una o varias de las siguientes condiciones:

- Fuentes de producción que alcanzaron su máxima capacidad
- Falta de capacidad de la infraestructura de almacenamiento (tanques)
- Poca capacidad de las tuberías de distribución (diámetros insuficiente)

Según la Subgerencia de Gestión de Sistemas Periféricos (SGSP), de las 36 oficinas cantonales ubicadas en las cinco regiones que administra, 23 de éstas no tienen capacidad para brindar más servicios (63.9 %). La mayor parte de éstas se concentran en las zonas de mayor demanda,

Necesidades de inversión de los sistemas administrados por el el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)

Los datos de inversión requeridos para los Sistemas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) surgen de las necesidades identificadas por las Subgerencias de Gestión de Sistemas Periféricos, Sistemas GAM y de la Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo. En este acápite se presentan los resultados por tipo de Sistema (acueducto o

alcantarillado), por región y por plazo o escenario de tiempo en el que se requiere esa inversión, a partir del criterio de “urgencia operativa”.

La inversión total requerida por los Sistemas administrados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) se presenta en el cuadro No. 3, incluye tanto lo que se encuentra actualmente financiado, así como los proyectos que se han identificado como necesidades al mes de junio del año 2010, y que aún no cuentan con financiamiento.

Cuadro No. 3

AyA. Necesidades de Inversión total requerida en los sistemas administrados por AyA, por región y según plazo de inversión. En millones US\$

Regiones	Rezago (inmediato)	Corto Plazo	Mediano plazo	Largo Plazo	Total General
Brunca	39,81	20,02	22,41	0,56	82,81
Central Oeste-Norte	36,41	26,18	19,56		82,15
Chorotega	87,13	53,23	249,59		389,94
Huetar Atlántica	29,44	19,24	37,80		86,48
Institucional	56,74	5,06		12,40	74,20
Metropolitana	196,84	241,82	457,63		896,30
Pacífico Central	152,36	5,56	13,53	37,04	208,48
TOTAL	598,74	371,12	800,51	49,99	1.820,36

Fuente: Informe Plan de Inversiones. SAID, agosto 2010. Pág. 64.

Del total de la inversión requerida para los Sistemas administrados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) por 1.820,36 millones de US\$, solamente cuentan con financiamiento externo actualmente, los siguientes Programas:

- **Programa de Abastecimiento de Agua Potable del Área Metropolitana de San José, Acueductos Urbanos y Alcantarillado Sanitario de Puerto Viejo de Limón:** está siendo financiado por el Banco

Centroamericano de Integración Económica (BCIE) mediante un crédito por 114,8 millones de US\$. Este Proyecto beneficiará a cerca de 180 mil habitantes y comprende diversas obras en las zonas noreste y oeste de San José; sustitución de redes y un Sistema de Control del Acueducto Metropolitano, así como ampliaciones y mejoras a los acueductos de Pérez Zeledón, Quepos, San Ramón – Palmares, Nicoya, Liberia, San Mateo, Jacó, Esparza, Pasito de Alajuela, Atenas, Ciudad Cortés, Buenos Aires y la

construcción del alcantarillado sanitario para Puerto Viejo y Cocles de Limón. Actualmente se gestiona la ampliación de este Programa en 58,5 millones de US\$: 35 millones mediante crédito público y 23,5 millones de una contrapartida por parte del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Esta ampliación tiene como objetivo garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los Sistemas construidos, mejorados o ampliados con el Programa original (AyA – BCIE 1725).

- **Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José (PAMAMSJ):** Cuenta con financiamiento de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA). 15 mil millones de Yenes (193,5 millones de US\$, según el tipo de cambio \$/¥ mostrado en www.Bloomberg.com el 13/02/2012). Con este Proyecto se beneficiará a más de un millón de habitantes del Área Metropolitana de San José, mediante la rehabilitación y las ampliaciones de 361 kilómetros de colectores y redes secundarias, así como la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales; a nivel nacional esto implicará un salto muy significativo en materia de tratamiento de las aguas residuales recolectadas mediante un alcantarillado sanitario, ya que se pasará de un 3,5% a un 26,8% de la población con el servicio de tratamiento. Para su ejecución se requiere, además del financiamiento ya mencionado, de una contrapartida por 122,5 millones de US\$ que se encontraba en negociaciones para su financiamiento al momento de presentarse este diagnóstico. Según la información suministrada por la Dirección de Planificación, este se

pretende obtener mediante cooperación reembolsable por parte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 53 millones de US\$, así como 69,5 millones de US\$ mediante un crédito que otorgaría el Banco Nacional de Costa Rica.

- **Proyecto Limón Ciudad Puerto:** Financiado mediante el convenio de préstamo No. 7498-CR, suscrito entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) por 72,5 US\$ destinados a la revitalización de la ciudad de Limón mediante el desarrollo de proyectos de infraestructura. Al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), le corresponde ejecutar 20 millones de US\$, además de lo que aportará la Institución como contrapartida por 1,79 millones de US\$.

A esto debe agregarse el conjunto de proyectos, tanto en agua potable como en alcantarillado sanitario, que se financian con recursos propios del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA); con el propósito de ilustrar los esfuerzos que en materia de inversiones hace la Institución, se reseña que para el 2012, se asignaron 1.818 millones de colones para acueductos, 660 millones para alcantarillados, 2.100 millones para la instalación de hidrantes y 550 millones para hidrómetros, a lo que deberían sumarse las contrapartidas para los Programas JBIC, BCIE, KfW y FODESAF, y las partidas asignadas para la compra de equipo y maquinaria, así como las obras menores que ejecuten con su propio presupuesto las subgerencias a cargo de los Sistemas. Siempre con este mismo propósito en el siguiente cuadro se resumen las inversiones (Programa 03) ejecutadas durante el ejercicio económico del 2011.

Cuadro No. 4
AyA. Resumen ejecución presupuestaria 2011. Proyectos del programa de inversiones (03)
En millones de colones

Gestor / beneficiario / proyecto	Número de proyectos	Monto
Regiones	13	392,37
UEN Administración de Proyectos	19	2.328,77
Asignaciones Familiares (FODESAF)	30	741,79
Contrapartida FODESAF	48	276,34
Comunidades en riesgo sanitario	40	135,56
Limón Ciudad Puerto	1	101,04
Mejoramiento Ambiental AMSJ (JBIC)	2	1.449,15
Contrapartida JBIC	1	106,47
KfW	18	923,02
Contrapartida KfW	16	180,24
BCIE - 1725	17	3.248,79
Contrapartida BCIE -1725	25	1.803,90
Total		11.687,34

Fuente: Elaboración propia con base en Liquidación Presupuestaria 2011. Dirección de Planificación.

Todos estos esfuerzos no son suficientes, por lo que además de lo indicado y siempre con fundamento en las necesidades de inversión identificadas, la Institución dedica importantes esfuerzos con el objetivo de obtener el financiamiento, mediante una combinación de crédito público, cooperación no reembolsable, fideicomisos y recursos propios para una serie de programas dirigidos a satisfacer estos requerimientos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y del país.

A continuación se resumen los principales Programas incluidos en el **Portafolio de Proyectos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)** documento elaborado por la Dirección de Planificación que contempla, a

partir del diagnóstico de SAID, las inversiones que deberían ejecutarse entre el 2012 y el 2016. Entre éstas destacan los Programas:

Agua potable:

- **BCIE II** por 148,17 millones de US\$.
- **BID – Rurales – Periurbanos** por 40,22 millones de US\$, del que cabe destacar la gestión de una cooperación no reembolsable por 18,46 millones de US\$ que aportaría el Fondo Español de Cooperación de Agua y Saneamiento para América Latina y el Caribe.
- **Proyectos de Desarrollo** por 79,76 millones de US\$, que incluyen los Proyectos Quinta Etapa del Acueducto Metropolitano: Orosi II (para este quinquenio, el resto de la

inversión en el que sigue) y Abastecimiento de Agua Potable de Guanacaste. Se gestiona financiar con recursos del MIDEPLAN (6 millones de US\$) para el proceso de preinversión, además de crédito público y/o participación del sector privado a través de un fideicomiso.

- **Rehabilitación y Mejoras**, con proyectos a desarrollar en Sistemas de la GAM, de la Subgerencia de Sistemas Periféricos y en acueductos rurales para un total de 148 millones de US\$.
- **Sistemas Comunales**, en este sector se pretende invertir en el plazo del portafolio (2012-2016) 88,74 millones de US\$ que combina aportes de FODESAF, el Fondo Español, además del Programa que está actualmente en ejecución, financiado a través de un crédito por el Grupo Bancario Alemán de Desarrollo KfW. Este tema debe ser negociado con el Gobierno Central y con FODESAF.

Saneamiento:

- **Alcantarillados Periurbanos**, por 3,34 millones de US\$ mediante el aporte no reembolsable del Fondo Español y un empréstito del BID.
- **Rehabilitación y Mejoras**, por 74,87 millones de US\$ y aún sin definir su posible fuente de financiamiento, aunque en principio se pensó que sería a través de fondos propios del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).
- **Proyectos de Desarrollo**, por un total de 350,92 millones de US\$, para los que se valoran las posibles fuentes de financiamiento, incluyendo la posibilidad de un fideicomiso y otro tipo de estructuración financiera., además del financiamiento por parte del MIDEPLAN para el proceso de preinversión.

Fortalecimiento:

- **Equipamiento**, incluye inversiones en maquinaria por 54,79 millones US\$) y terrenos por 20 millones US\$, para un total de 74,79 millones de US\$. Se analizan las posibles fuentes de financiamiento.
- **Formulación y Ejecución de Proyectos**, por un monto de 125,73 millones de US\$ e incluye la contratación, los diseños, la adquisición de software especializados y la contratación de estudios para proyectos estratégicos para el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), tales como la Quinta Etapa del Acueducto Metropolitano: Orosi II y Abastecimiento de Agua Potable de Guanacaste. Se espera contar con financiamiento por parte de MIDEPLAN por 11,76 millones de US\$ para la preinversión correspondiente a estos dos importantes Proyectos.

Mejora organizacional

Para cumplir este reto no es suficiente con resolver todo lo referente al financiamiento de los Proyectos, éste debe estar acompañado por un proceso de fortalecimiento organizacional que permita, entre otras cosas, ordenar toda la planificación de las inversiones, para así orientar una propuesta de desarrollo, que tome en consideración la capacidad instalada del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), así como sus limitaciones financieras. En este último sentido el diseño y la aprobación de tarifas acordes con estos requerimientos es un tema crítico. Otro reto de gran envergadura es agilizar los procesos internos de preinversión, así como lograr trámites más ágiles y eficientes en materia de contratación, para mejorar de forma integral la capacidad de desarrollo de infraestructura de la Institución; luego de pasar revista a estas cifras y requerimientos Institucionales es claramente

visible que la tarea a desarrollar por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) en los próximos años es enorme y demandará lo mejor de sus capacidades humanas y técnicas.

Costos por habitante

Aunque en el marco de las cifras revisadas esto podría resultar curioso o anecdótico, no deja de ser revelador que considerando una población atendida directamente por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) de 2,32 millones de habitantes y necesidades de inversión en el orden de los 1.820,36 millones de US\$ para todos los plazos considerados en este análisis (rezago, corto plazo, mediano plazo y largo plazo), esto representa una inversión promedio por habitante de 785 dólares. Esto considerando la hipótesis de que la inversión se requiriera en cada uno de esos plazos en los montos señalados en las tablas 1 y 3.

SISTEMAS COMUNALES Y MUNICIPALES

Sistemas Comunales

Tal y como se indicó al inicio, la información sobre el estado y las necesidades de inversión de los Sistemas Comunales y Municipales se tratará de forma muy resumida. Esperamos tener la oportunidad de publicar próximamente otro artículo en el que se pueda abordar con mayor detalle la situación de estos Sistemas; en todo caso en el Centro de Documentación e Información del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) se puede obtener una copia de los documentos aquí resumidos. Mayores detalles, derivados de la base de datos generada durante este proceso y en permanente actualización, se pueden obtener con el debido trámite a través del Ingeniero José Pablo Bonilla de la UEN de Programación y Control.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), además de administrar Sistemas de Abastecimiento y Saneamiento de manera directa, delega la administración de sistemas que por su ubicación o por su magnitud resulta más práctico que sean administrados por la misma comunidad a la que sirve; por las características propias de estos sistemas, históricamente la comunidad ha participado directamente en la construcción de éstos (financiamiento, mano de obra, terrenos, materiales), además de los miles de millones de colones que durante 35 años ha invertido el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), con el apoyo financiero de Asignaciones Familiares, en el sector rural para mejorar el acceso a agua potable en todo el país.

En materia rectora (normativa, asesoría, políticas, lineamientos, etc.) el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), cuenta con la Subgerencia de Sistemas Comunales. Esta dependencia aún brinda apoyo en la ejecución y gestión de proyectos importantes, principalmente de acueductos en sectores deprimidos socioeconómicamente y sectores rurales en todo el país.

Los Sistemas Comunales abastecen aproximadamente a 1.2 millones de habitantes en el país. Tres cuartas partes de los entes operadores atienden poblaciones menores a los mil habitantes, lo cual evidencia que se trata, en su mayoría, de Sistemas sencillos desde el punto de vista operacional, pero mucho más complejos desde un punto de vista de gestión centralizada o aún regionalizada con los recursos existentes, lo cual obedece, principalmente, a su alta dispersión geográfica y a su naturaleza administrativa.

Por lo complejo que resulta obtener e integrar información sobre estos Sistemas (por número y distribución) la Subgerencia de Sistemas Comunales no tiene identificado cuales Sistemas

han alcanzado su capacidad de producción máxima, ya que aún no existe una base de datos espacializada que permita visualizar la ubicación y el estado de todos los entes operadores.

Para estimar el monto de las inversiones los Sistemas con requerimientos se dividieron en dos grupos: comunidades sin sistema de abastecimiento de agua y sistemas que requieren mejoras o ampliaciones. Cabe aclarar que sólo se consideró el servicio de acueducto, asumiéndose el “corto plazo” como el más urgente, ya que es la información de mayor certeza, por lo que este diagnóstico de los Sistemas Comunales no contempla sistemas de recolección y tratamiento, ni necesidades en el mediano y largo plazo.

Las ASADAS corresponden a un 72.6 % de los entes operadores, los Comités Administradores representan un 24.3 % de los entes operadores, y el restante 3.1 %, lo conforman las Asociaciones de Desarrollo Comunal, Asociaciones de Desarrollo Indígena y otros.

Según la información aportada por la Subgerencia de Sistemas Comunales, las inversiones requeridas y sin financiamiento en las 8 regiones administrativas del país ascienden a más de 425 millones de US\$. De estos recursos, casi 150 millones de US\$ (35%) corresponden a la solución para comunidades que no cuentan con un sistema de acueducto y más de 165 millones de US\$ (39%) a mejoras o ampliaciones en sistemas existentes. Geográficamente estas necesidades se concentran en las regiones Brunca, Huetar Atlántica y Huetar Norte (238 millones de US\$).

Sistemas Municipales

Actualmente existen 28 Municipalidades y 2 Concejos de Distrito que administran los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de sus respectivas comunidades. Los cantones que

administran sus Sistemas de Abastecimiento son: Abangares, Alajuela, Alfaro Ruiz, Alvarado, Barva, Belén, Cartago, Carmona, Dota, Flores, Grecia, Jiménez, La Unión, León Cortes, Nandayure, Naranjo, Oreamuno, Orotina, Paraíso, Pacayas, Poás, San Carlos, Santa Bárbara, Santo Domingo, Tarrazú, Turrialba, Upala y Valverde Vega y los Concejos de Distrito de Cervantes y Miramar.

La información presentada en este apartado se obtuvo del informe “Planes Maestros de los Sistemas de Abastecimiento de Agua y de Saneamiento Municipales y Diseño de Cinco Sistemas de Acueducto Rural”, realizado por EPYPSA, en el marco del Programa de Agua Potable y Saneamiento para el Nivel Subnacional (CR-T1034) (EPYPSA, 2010).

Este informe estima que la población abastecida al año 2010 por los 28 Sistemas Municipales es de 473 mil habitantes, lo que equivale a un 11% de la población del país.

De los 30 Sistemas operados actualmente por las Municipalidades y Concejos de Distrito, solamente 9 (32,1%) no presentan actualmente déficit en cuanto a disponibilidad de agua potable y son los siguientes: Carmona, Cervantes, Flores, Juan Viñas, Miramar, Orotina, Pacayas, San Pedro y Zarcero; para el año 2030, se espera que los Sistemas de Miramar y Orotina agoten su capacidad de crecimiento.

El estudio de EPYPSA define la inversión necesaria en los Sistemas administrados por las Municipalidades para un periodo de veinte años (2010-2030), para todas las municipalidades se requieren aproximadamente 350 millones de US\$; de este monto 119 millones de US\$ corresponden a Sistemas de Acueductos y 229,72 millones de US\$ a Sistemas de Alcantarillado, en el caso del servicio de agua potable un alto porcentaje de estos requerimientos se concentra en los sistemas

“con déficit” y en el nivel de urgencia de “rezago”, ambas cifras confirman la necesidad de que el país atienda con prontitud las inversiones en este sector.

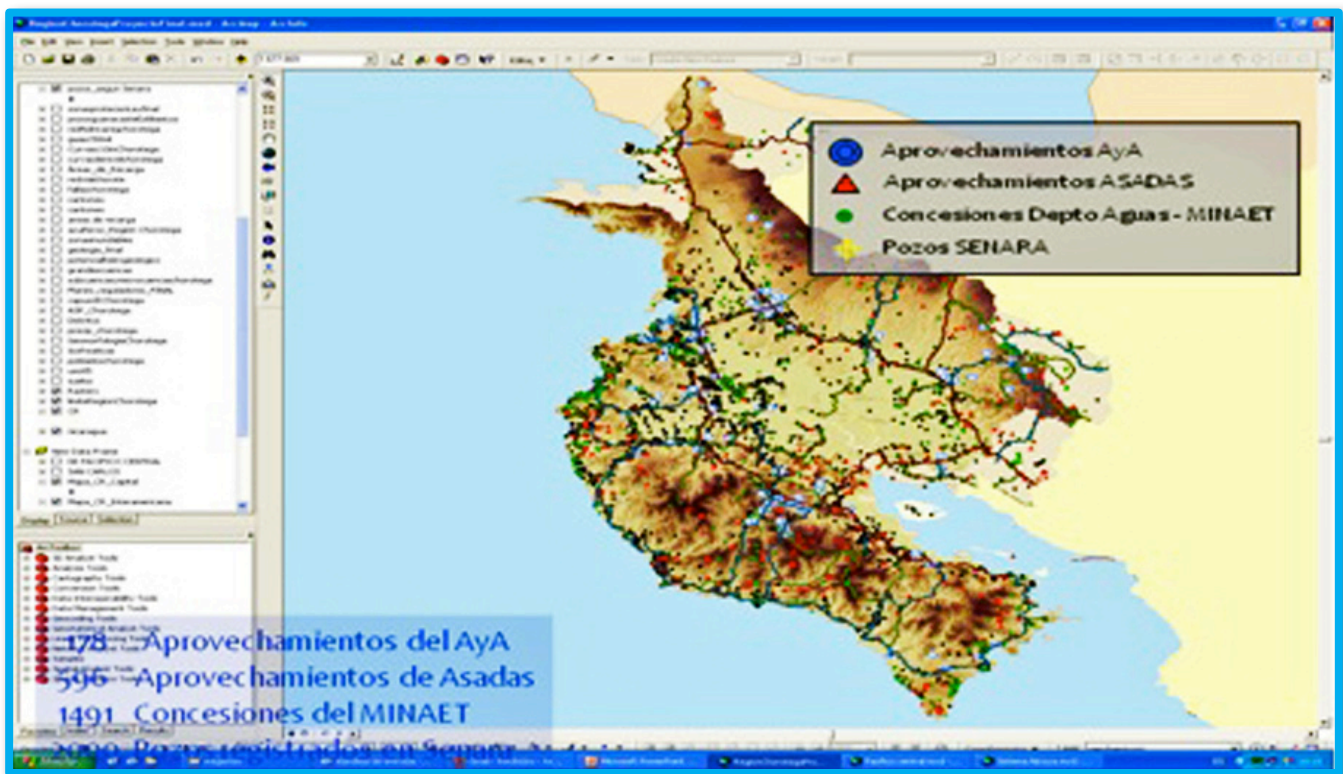
Por otra parte, y como solución al tema de resolver los estudios que permitan viabilizar los proyectos que requiere la Institución, SAID inició la elaboración de un diagnóstico de los Sistemas de Agua Potable, comenzando por una breve revisión de la documentación existente (DSAP, 2004). Con este diagnóstico, se pretende corroborar las necesidades de los principales Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el país, y así trazar el camino de las futuras inversiones que realizará el Instituto. Además, una vez concluido este primer análisis, se continuará con los Sistemas Secundarios y finalmente, en un tercer diagnóstico, se completará la totalidad de los Sistemas del Instituto Costarricense de

Acueductos y Alcantarillados (AyA) en el país.

RECURSO HÍDRICO

Todos los requerimientos de inversión identificados mediante esta iniciativa de SAID no podrían materializarse, aun contando con financiamiento, si primero no se garantiza el acceso y la conservación del recurso hídrico. Es por esta razón que resulta trascendental estudiar a profundidad y con detalle este recurso; esto es necesario para poder avanzar en el proceso de Planificación del Recurso Hídrico, tema aún pendiente en nuestro país. Tal situación se refleja en la Figuras 3, obtenida de un detallado estudio elaborado por el Área Funcional de Cuencas Hidrográficas (UEN Gestión Ambiental) de esta Subgerencia. Se observan claramente las diferencias de datos entre Instituciones.

Figura No. 3. Costa Rica. Aprovechamientos para consumo humanos y otros. Región Chorotega según registros MINAET, SENARA y AyA



Fuente. SAID. Cuencas Hidrográficas, UEN Gestión Ambiental. 2010

COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

- La primera reflexión que generan los resultados del “Diagnóstico Plan de Inversiones” (SAID, 2010), se relaciona con la urgente necesidad de que el país como un todo y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), como institución responsable de ofrecer y dirigir el suministro de agua potable, así como la recolección y tratamiento de las aguas residuales, tomen las decisiones necesarias para lograr integrar y encauzar los recursos técnicos, humanos y financieros requeridos para afrontar la carencia y el deterioro de estos vitales servicios públicos. De no ser así en un futuro no muy lejano muchas zonas en el país podrían ver frustradas las iniciativas para solventar el acceso a la vivienda, así como el desarrollo de nuevas y mejores oportunidades productivas y de empleo, debe recalcar que ya son muchas las comunidades que se enfrentan con esta realidad.
- Otra importante conclusión que generó este documento es que se requiere continuar con este esfuerzo. Es necesario generar un diagnóstico de cada Sistema para identificar el detalle de las diferentes alternativas ingenieriles para seleccionar la mejor opción, de ahí la necesidad de generar Planes Maestros u otras estrategias de diagnóstico a partir de una realidad operativa más clara, con mayor conocimiento y optimización de cada Sistema, que contemplen detallados y profundos estudios de la oferta del recurso hídrico en los territorios de interés.
- Las cifras aquí mostradas revelan que el tema de tarifario es prioritario, ya que el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) no cuenta con subsidios directos, ni siquiera para atender las necesidades más apremiantes. Por lo tanto, las inversiones que se requieren en el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) deben ser financiadas en su totalidad por medio de tarifas, por lo que el ente regulador (ARESEP) deberá estudiar el impacto, incluyendo la transversabilidad de los subsidios entre tipo de clientes, para equilibrar el modelo tarifario. Todo lo anterior a partir de la propuesta que está concretando, en lo que respecta al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), la Presidencia Ejecutiva.
- Para poder ejecutar los proyectos que permitan hacer realidad toda esta infraestructura es imprescindible fortalecer las Áreas de Planificación, Gestión Ambiental (Cuencas, Hidrogeología y Estudios Básicos), Gestión de Proyectos (Desarrollo Físico, Topografía y Diseño) y Ejecución de Proyectos, mientras esto sucede la Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo está preparando una estrategia para que el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), enfrente el rezago y el corto plazo, con los elementos internos (capital humano, recursos técnicos, conocimiento, experiencia, organización, mejora de procesos, etc.) y externos (mecanismos más ágiles de contratación, fideicomisos, participación de la empresa privada en los procesos de diseño final, construcción y operación) que tiene a su alcance.
- A partir de lo obtenido con este diagnóstico de necesidades, se requiere someter esta información a la metodología y criterios de gestión propias del ciclo de vida del proyecto; esto con el fin de generar al corto

plazo un banco de necesidades debidamente priorizado, considerando criterios de impacto y urgencia, así como la contribución de cada proyecto al cumplimiento de las metas institucionales, debidamente alineadas con su Visión y Misión.

- Actualmente, el gobierno realiza transferencias al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), a través del Fondo de Asignaciones Familiares. En el año 2010, fue de 2.000 millones de colones, representando, únicamente, menos del 1% anual de las necesidades identificadas. De ahí que se requiera de otras estrategias estatales que definan con prontitud el rumbo del financiamiento de las inversiones de este sector para asegurar la sostenibilidad de sus Sistemas.
- La sistematización de los proyectos de inversión es un elemento de gran peso para fomentar el ordenamiento en la gestión del recurso hídrico en el mediano y largo plazo
- Finalmente cabe recalcar que el país y la Institución en particular, requieren multiplicar sus sinergias, desarrollando al máximo el trabajo en equipo, a todo nivel, promoviendo una verdadera alineación de esfuerzos entre las diferentes dependencias del Instituto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 2010. Diagnóstico plan de inversiones. Disponible en: <http://www.aya.go.cr/Administracion/DocumentosBoletines/Docs/150711092849Diagnosticodeinversiones.pdf>

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 2011. Informe plan de inversiones. Disponible en: <http://www.aya.go.cr/Administracion/DocumentosBoletines/Docs/190112095359InformePlandelInversionesPeriodo2012-2021.pdf>

Real Academia Española. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. Disponible en: www.rae.es

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 1996. Agua para siempre: una historia costarricense. San José, C.R. AyA.

Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS): evolución y retos a futuro



¹ Ana Milena Núñez R.

RESUMEN

El Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS) constituye uno de los sistemas de información más importantes en operación en el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

El Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS) ha apoyado la gestión financiera y de proveeduría durante más de 11 años, facilitando el registro, la integración y la consolidación de la información financiera y de contratación de bienes y servicios y almacenamiento de materiales del AyA. El sistema cuenta con diferentes módulos para la gestión financiera, presupuestaria, de compras, almacenes, costos y activos fijos, los cuales están integrados entre sí, permitiendo el seguimiento y control de las diferentes operaciones. Durante sus años de funcionamiento ha permitido y facilitado la ejecución y control de importantes procesos, como son: el presupuesto Institucional, la contratación de bienes y servicios, la gestión de almacenes, los procesos de cierre contable y la generación de estados financieros, entre otros.

Uno de los principales logros del SIFS ha sido la implementación de la Contabilidad de Costos, que constituye una herramienta útil para el análisis y la evaluación de la gestión de las diferentes áreas y regiones de la Institución; sin embargo, aunque el sistema ha funcionado y sigue operando satisfactoriamente y se han logrado atender en gran medida las necesidades y los requerimientos de las diferentes áreas usuarias, el reto principal para garantizar la continuidad y sostenibilidad futura es actualizar su versión, proyecto que a la fecha no se ha podido realizar por limitaciones de orden presupuestario. Por lo anterior, es imprescindible ejecutar de la manera más pronta posible el proyecto de migración o de actualización de la versión del Sistema, el cual ha sido considerado como prioritario dentro del Plan de Implementación de las Normas Técnicas de la Gestión de Tecnologías de Información de la Contraloría General de la República y por lo tanto, se planea iniciar el proceso de contratación, en coordinación con la Dirección de Tecnologías de Información, a partir del año 2011.

Palabras claves: sistema Integrado Financiero - Suministros, Sistema R/3 SAP

¹ Máster en Administración de Empresas con énfasis en Finanzas. Administración SIFS. mnunez@aya.go.cr

ABSTRACT

The Integrated Financial-Supplies (SIFS) is one of the most important information systems operating in the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewers (AyA).

The Integrated Financial-Supplies (SIFS) has supported the financial management and for suppliers for over 11 years, facilitating registration, integration and consolidation of financial and procurement of goods and services and materials storage AyA. The system has different modules for financial management, budget, procurement, storage, costs and fixed assets, which are integrated with each other, allowing monitoring and control of various operations, during its years of operation has enabled and facilitated the execution and control of important processes, such as: the institutional budget, procurement of goods and services, warehouse management, accounting close processes and the generation of financial statements, among others.

One of the main achievements of the SIFS has been the implementation of cost accounting, which is a useful tool for analyzing and evaluating the management of different areas and regions of the Institution, however, although the system worked and continues to operate successfully and have managed to largely meet the needs and requirements of different user areas, the main challenge to ensure the continuity and future sustainability is to upgrade your project, which to date has not been possible due to limitations of budgetary constraints. Therefore, it is essential to run as soon as possible the migration project or upgrade version of the system, which has been considered a priority within the Plan of Implementation of Technical Standards for the Management of Information Technology the Comptroller General of the Republic and therefore, we plan to begin the hiring process, in

coordination with the Department of Information Technology, from 2011.

Keywords: Integrated Financial-Supply System, SAP System R / 3

INTRODUCCIÓN

Un Sistema Integrado de Información no es un fin en si mismo, sino es un medio o instrumento para apoyar y mejorar la gestión de las empresas, proporcionando información consistente, veraz y oportuna para la planificación, evaluación y control de las operaciones; así como la toma de decisiones.

Un sistema integrado de información no es sólo un software, una aplicación o un paquete informático con determinada funcionalidad, sino es según O'brien,J.;Marakas,G. 2006 ***“una combinación organizada de personas, hardware, software, redes de comunicación y recursos de información que almacene, recupere, transforme y disemine información en una organización”***. En otras palabras, es un conjunto de registros, procesos y personas que interactúan entre sí, y que deben armonizar adecuadamente para obtener los resultados deseados.

Por lo anterior, para que un sistema de información funcione adecuadamente se requiere un análisis profundo de la organización y de la cultura de la empresa, con el fin de analizar y rediseñar los procesos previo a que estos sean modelados en el sistema, para garantizar una gestión más eficiente.

Existen diferentes tipos de sistemas de información, sin embargo, a partir de la década de los 90, se empezaron a implementar los sistemas de planeación de recursos empresariales (ERP), bajo sus siglas en inglés. Para O'brien,J.;Marakas,G., 2006 la planeación de recursos empresariales

“es un sistema empresarial interfuncional dirigido por un paquete integrado de módulos de software que da soporte a los procesos internos básicos del negocio”

El sistema implementado en AyA para apoyar la gestión de las áreas administrativas y financieras es el Sistema R/3 de SAP, un sistema del tipo ERP de gran reconocimiento en el ámbito mundial, propiedad de la empresa Alemana SAP AG, la cual figura hoy como ***“la mayor desarrolladora de software para aplicaciones de negocios del mundo y el cuarto mayor proveedor independiente de software”*** según Marker,G, 2009. ¿Qué es SAP?. Consultado el 18-03-2011. Disponible en: <http://www.informatica-hoy.com.ar/sap/Que-es-SAP.php>.

Dentro de las características de estos sistemas está su capacidad para integrar y mejorar los procesos internos de una empresa, lo que incide en la calidad y la eficiencia del servicio, la reducción de los costos de procesamiento y la oportunidad en la generación de la información para la toma de decisiones.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) fue pionera en la implementación de este tipo de sistema, sin embargo actualmente en Costa Rica existen también otras empresas, tanto públicas como privadas, que lo han implementado. Dentro de las empresas públicas que en los últimos años han implementado el Sistema R/3 de SAP destacan el Instituto Nacional de Seguros (INS), el Ministerio de Hacienda, El Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y más recientemente la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE).

No obstante y pese a los beneficios que se pueden lograr con este tipo de sistema, el costo y los riesgos de implementación son muy altos, muchas de las empresas fracasan en el proceso, debido a aspectos como la falta de profundidad

en el análisis de los procesos de la empresa, la falta de capacitación de los usuarios, la falta de participación y compromiso de todos los niveles de la organización o débiles e inadecuados procesos de pruebas y conversión de datos, entre otros.

En el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) no sólo se logró la implementación exitosa de los siguientes módulos del Sistema R/3 de SAP: Finanzas (FI), Activos Fijos (AM), Costos (CO), Tesorería (TR), Presupuesto (FM) y Administración de Materiales (MM), sino su operación satisfactoria por más de 11 años. Lo anterior, producto del esfuerzo y dedicación del personal a cargo del proyecto y del apoyo de los directores y funcionarios de las direcciones involucradas, especialmente de la Dirección Financiera, Planificación, Proveeduría y Tecnologías de Información.

En el presente artículo se hará una descripción general de las funcionalidades y beneficios obtenidos con la implementación del sistema, así como los antecedentes, la situación actual y los retos a futuro.

ANTECEDENTES

El Sistema Integrado Financiero-Suministros se implementó a partir del año 1999. El proyecto se financio a través de un componente de Fortalecimiento Institucional del préstamo 3625-CR del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF).

Luego de un exhaustivo proceso de contratación, que incluyó la invitación de importantes empresas operadoras de servicios de agua a nivel mundial, como fueron: EMOS de Chile, SANEPAR de Brasil, Compañía General de Aguas de Francia, Aguas de Alicante de España y Aguas de Valencia de España, se adjudicó el contrato a esta última, quién en consorcio con la empresa Unión FENOSA Acex,

desarrollaron e implementaron el SIFS y en forma paralela el Sistema Comercial Integrado (SCI).

Todo este proceso fue coordinado con el Banco Mundial, organismo prestamista y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) que a través de un convenio de cooperación técnica con AyA asesoró el proceso de negociación y ejecución del contrato.

El Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS) fue implementado bajo el Sistema R/3 de SAP, software desarrollado por la empresa Alemana SAP AG, propietaria del software, con la cual AyA mantiene vigente hasta la fecha un

contrato de cesión de derechos de uso del sistema del software R/3 para usuario final y un contrato de mantenimiento.

Antes de la implementación del SIFS existían una serie de limitaciones para el registro, la integración y el control de la información financiera y de los procesos de proveeduría, los cuales fueron solventados y/o mejorados con la implementación del sistema.

En el siguiente cuadro se muestra la situación antes y después de la implementación del Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS):

Cuadro No. 1 Situación de AyA

Antes de la implementación del SIFS	Después de la implementación del SIFS
Sistemas aislados y desintegrados	Sustitución de sistemas aislados y desintegrados
Procesos desintegrados y manuales (redigitación)	Integración de procesos financieros y de suministros y otros sistemas
Falta de automatización y estandarización de procesos	Procesos automatizados y estandarizados
No existía Contabilidad de Costos	Implementación de la contabilidad de costos
Generación manual de reportes, formularios y cheques	Generación automática de reportes formularios y cheques
Desasociación entre la codificación contable, presupuestaria y de costos (códigos contables de 25 dígitos)	Asociación entre codificación contable, presupuestaria y de costos (códigos contables de ocho dígitos)
No existían bases de datos únicas y estandarizadas de proveedores, cuentas contables, presupuestarias, materiales y activos	Registros maestros únicos y estandarizados de proveedores, activos, cuentas contables, materiales, entre otros
Carencia herramientas para consolidación, seguimiento y control de la información financiera y de proveeduría	Control, seguimiento y consulta de las operaciones
Generación inoportuna de estados financieros (con retrasos de 4 meses o más)	Generación oportuna de estados financieros (actualmente los cierres contables se realizan en los primeros 8 días del mes siguiente y los Estados Financieros se tienen disponibles los días 21 o 22 del mes siguiente a excepción del mes de diciembre que se realiza el cierre anual y los Estados se editan aproximadamente el día 28 de enero)
Registro centralizado y desfasado de las operaciones	Registro de las operaciones desde su punto de origen y en tiempo real
No existía un sistema para el registro y control de los costos de los proyectos de inversión	Registro y control de los proyectos de inversión

Como parte del proceso de implementación y operación del sistema se debieron realizar cambios organizativos y culturales, especialmente relacionados con el rediseño de algunos procesos y la adaptación de los usuarios al nuevo sistema y la nueva tecnología.

Es importante considerar que hace 10 años o más el desarrollo tecnológico de la Institución era incipiente, ya que algunos usuarios no sabían utilizar equipo de cómputo, por lo que la capacitación debió iniciar en algunos casos con cursos de formación en el uso de computadoras, previo a la capacitación en el uso del sistema.

El principal cambio generado por el sistema fue la posibilidad de que los usuarios realizaran los registros desde su punto de origen, es decir ya no era necesario los procesos de redigitación o el procesamiento centralizado de las operaciones. Esto facilitó y agilizó en gran medida los procesos de desconcentración de las áreas financieras y de proveeduría.

El nuevo sistema propicio la adopción de nuevas formas de trabajo, donde el principal reto fue la integración y la estandarización de procesos. El cambio también demandó que los usuarios aprendieran nuevos conceptos financieros, de costos y de compras, tales como centros gestores, posiciones financieras, centros de costo, ordenes de costo, centros de almacén, divisiones o grupos de compras, entre otros.

Asimismo, con la implementación de la contabilidad de costos y la gestión de activos fijos, fue necesaria la creación de una nueva área dentro de la Dirección Financiera, para la administración de costos y activos y la creación de nuevos puestos de trabajo para los encargados de costos y activos de Sede y Regiones.

Un esfuerzo muy importante que se ha realizado en coordinación con la Dirección Financiera es la creación de una cultura de costos, proceso que sigue realizándose de manera continua, para lo cual se han realizado no sólo cursos de capacitación en el uso del módulo de costos, sino también y muy especialmente, cursos de análisis de la información de costos. De igual forma, hace algunos años, en coordinación con la Dirección de Gestión de Capital Humano se realizó en la Universidad de Costa Rica un programa de actualización profesional en Contabilidad y Finanzas, en el cual participaron usuarios del sistema de toda la Institución.

Posterior al desarrollo e implementación del Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS), el mismo equipo de trabajo responsable del proyecto conformó el área de Administración del SIFS que tiene como función principal según el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2008. Manual Institucional de Cargos ***“planificar, dirigir y controlar las actividades relacionadas con la administración funcional de la herramienta informática y tecnológica utilizada en la gestión financiera y de suministros, tales como: mantenimiento, optimización, configuración, parametrización, mantenimiento preventivo y correctivo, definición de procedimientos, monitoreo del rendimiento del sistema, así como la formulación y ejecución de propuestas de desarrollo para garantizar la funcionalidad y sostenibilidad del sistema y su plataforma tecnológica”***.

El área de Administración del SIFS ha desarrollado a partir de 1998 programas de capacitación en el uso de sistema, que incluyen entre otros los siguientes cursos:

- Introducción General a SAP
- Solicitud de Pedido
- Gestión de compras
- Hoja de entrada de servicios

- Entrada de materiales
- Reservas de materiales
- Gestión de stock
- Verificación de Facturas
- Gestión de costos
- Gestión de activos fijos
- Gestión de presupuesto
- Gestión de Finanzas

Estos cursos están dirigidos a los usuarios del sistema, según las funciones que desempeñen, ya sea como encargados de los fondos de trabajo de Sede y Regiones, de gestionar contrataciones y licitaciones, realizar entradas y verificaciones de facturas, encargados de caja chica, responsables de la creación de solicitudes de pedido, encargados de presupuesto, de costos o de activos, de almacenes, del registro de cuentas por cobrar o por pagar, los procesos de cierre contable, entre otros; y en general a los jefes administrativos y financieros de las Regiones, Directores, y en general todos los usuarios que utilizan el sistema. Estos cursos están avalados por la Dirección de Gestión de Capital Humano y en coordinación con esta Dirección se extienden los respectivos certificados de participación y aprovechamiento.

Asimismo, existen manuales de usuario para los diferentes módulos, los cuales están disponibles en la intranet institucional y pueden ser consultados en la siguiente dirección electrónica: http://andromeda/intranet/frames/TODO_EL_FRAME.htm.

Hoy día los usuarios del sistema manejan un lenguaje común y han ido desarrollando experticia en el uso del sistema producto de los programas de capacitación, pero muy especialmente de la experiencia que se obtiene con la práctica.

El personal que administra el sistema también ha recibido cursos de capacitación especializada en la parametrización o configuración de los módulos del Sistema y en la administración técnica de la

Aplicación, la base de datos y el sistema operativo por parte de la empresa SAP de México.

Algunos de los retos importantes enfrentados durante los últimos años han sido: la implementación del nuevo Clasificador de gastos e ingresos presupuestarios de la Contraloría General de la República, a partir del año 2006; y la adecuación de una nueva estructura de costos en el Sistema, en función de la nueva estructura organizativa de la Institución, implementada a partir del año 2008.

Sin embargo, el camino no ha terminado, pues el mantenimiento de un sistema mientras este en operación es permanente, día con día surgen nuevas necesidades, nuevos requerimientos de los usuarios. Las empresas son dinámicas, y sufren cambios y transformaciones, que deben ser incorporados dentro del sistema para mantener su vigencia y mejorar su funcionamiento.

Actualmente la principal limitación que enfrenta el sistema es que su versión está desactualizada doce niveles por debajo de la última versión liberada por la empresa SAP, dueña del software, en el año 2007, la versión 6.0 y el mantenimiento ofrecido por la empresa SAP se discontinuó desde el año 2000; por lo anterior, es necesario ejecutar de la manera más pronta posible el proyecto de migración o de actualización de la versión del Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS).

DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema Integrado Financiero Suministros (SIFS) es un sistema integrado de información que apoya la gestión de las áreas financieras, de planeamiento operativo y de proveeduría del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

El sistema SAP R/3 según Marker, G., 2009. Las ventajas de SAP R/3. Consultado el 18-03-

2011. Disponible en: <http://www.informatica-hoy.com.ar/sap/Las-ventajas-de-SAP-R3.php>. **“es un sistema de tipo ERP (Enterprise Resource Planning) que ha sido diseñado en base a una plataforma que ofrece una gran versatilidad de programación, facilidad de uso, y precisión en el manejo total de los datos recolectados. Además, este sistema permite un control de todos los procesos y operaciones que se realizan dentro de una compañía, almacenando la información que puede ser utilizada por cualquier sector de la organización.”**

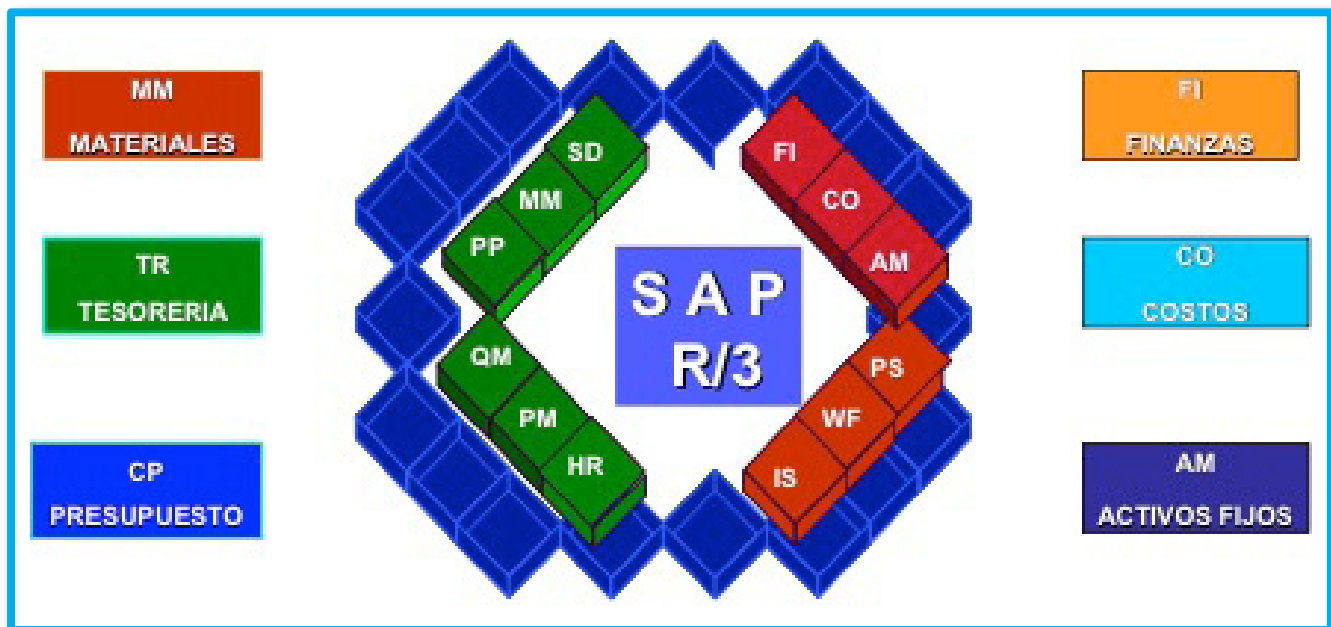
Su nombre R/3 tiene dos significados, la R se refiere al procesamiento en tiempo real, y el número 3 a los tres niveles de la arquitectura de procesos con los que trabaja: bases de datos, servidor de aplicaciones y cliente.

El sistema R/3 está diseñado en módulos y submódulos con funcionalidades específicas, que responden a las necesidades propias de cada una de las áreas de una empresa, los cuales interactúan entre sí, permitiendo el registro y seguimiento de todas las operaciones, desde la recepción de las materias primas, pasando por la manufactura y empaque de los artículos, hasta los procesos de distribución y venta de bienes o servicios.

En el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) se implementaron los siguientes módulos del Sistema R/3 de SAP:

- Finanzas (FI)
- Activos Fijos (AM)
- Costos (CO)
- Tesorería (TR)
- Presupuesto (FM)
- Administración de Materiales (MM)

Figura No. 1 Módulos del SIFS



Actualmente están registrados en el sistema 342 usuarios de las diferentes áreas y Regiones.

PLATAFORMA TECNOLÓGICA

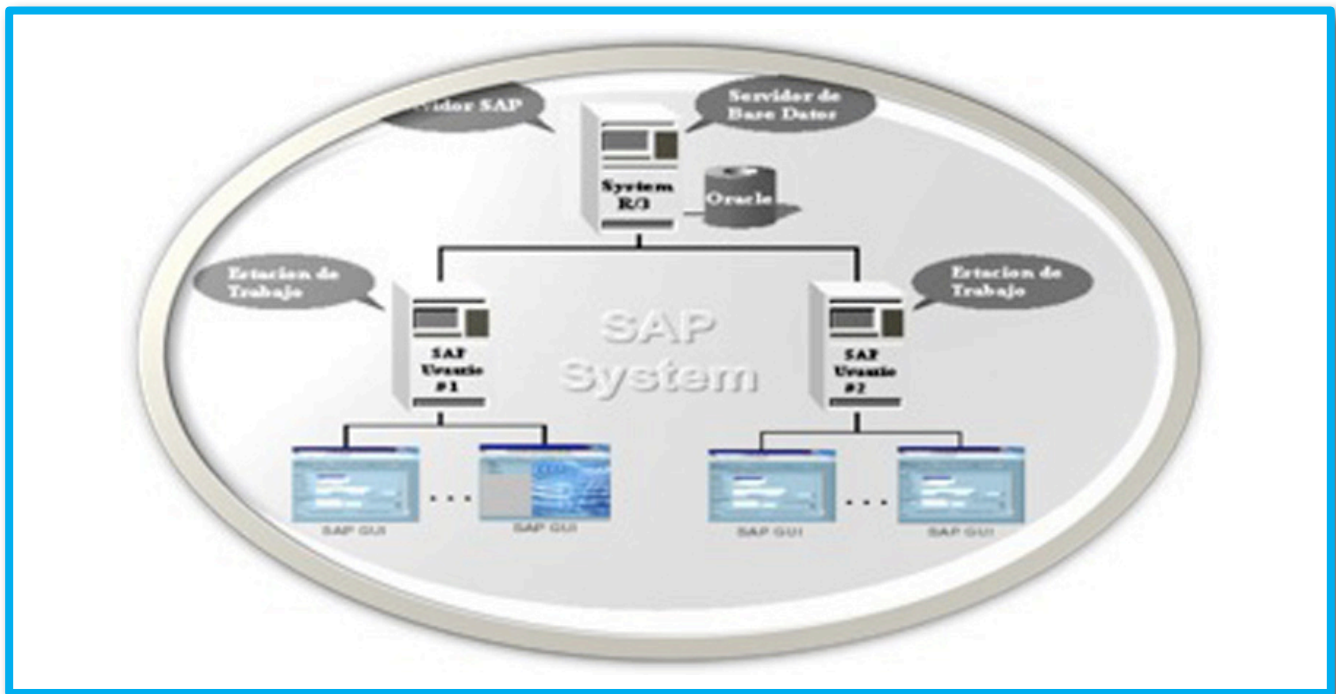
La plataforma tecnológica del sistema esta conformada de la siguiente forma:

Aplicación: Sistema R/3 de SAP, versión 3.1.H

Sistema Operativo: TRU64 UNIX 5.1B (pk 6)

Base de Datos: ORACLE 9.2.0.8

Figura No.2 Plataforma Tecnológica



CARACTERÍSTICAS

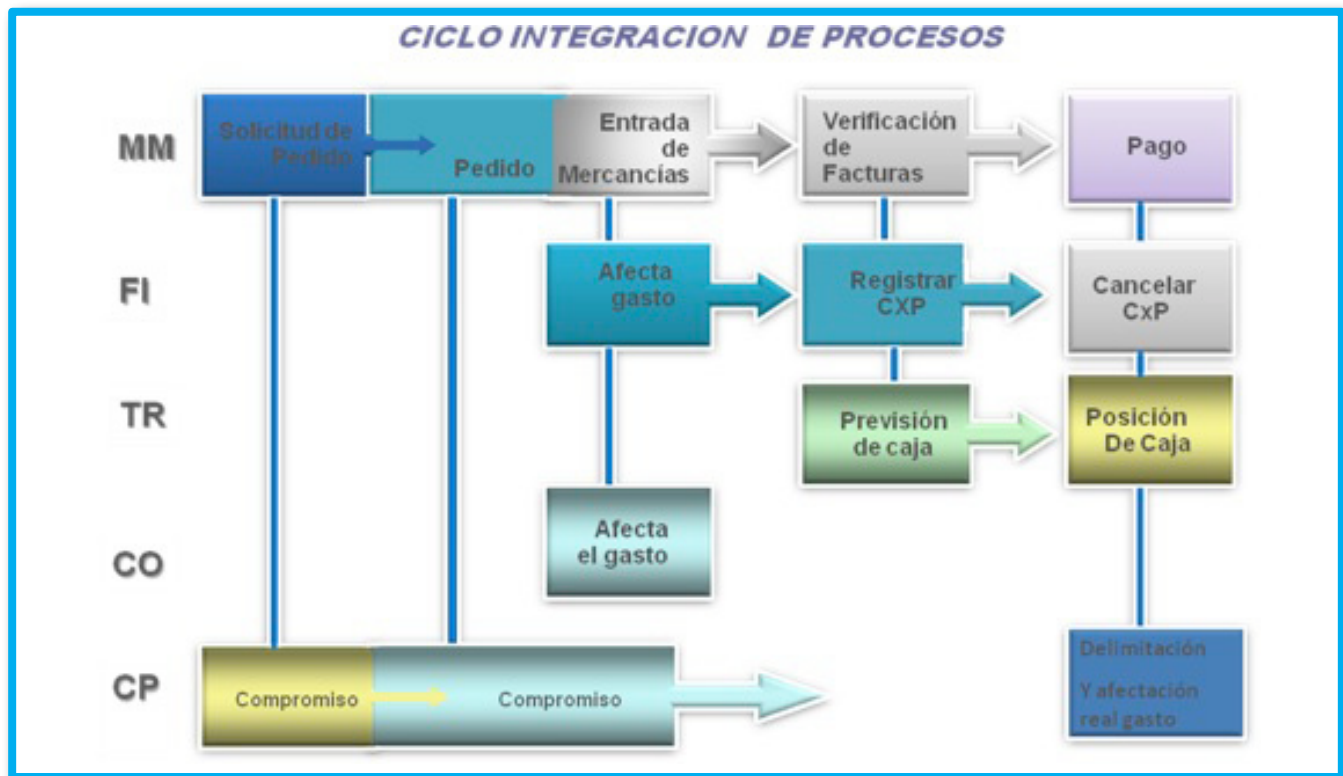
Dentro de las características más importantes del Sistema destacan las siguientes:

Arquitectura cliente/servidor: el sistema está basado en una arquitectura cliente/servidor, es decir existe un servidor central que consolida la información y estaciones de trabajo ubicadas en todos los centros de trabajo de la Institución. Es altamente modular y se aplica fundamentalmente por medio del software, de forma que los modos de interacción entre los diversos clientes y servidores puedan ser controlados.

Registro de la información en línea (on line): el registro de las operaciones se realiza desde cualquier oficina del país y es actualizada en tiempo real en una base de datos central.

Integración: todos los módulos del sistema están integrados entre si, de forma que al realizar una transacción ésta afecta de manera simultánea y automática el resto de módulos, facilitando el seguimiento de las operaciones.

Figura 3. Ciclo de integración de procesos del SIFS



Registros maestros únicos: existen diferentes datos maestros para gestionar las diferentes operaciones financieras y de contratación de bienes y servicios. Los datos maestros son únicos y son administrados de manera centralizada por las áreas responsables, dentro de estos destacan los siguientes: el Plan de Cuentas, el Registro Nacional de Proveedores, de Materiales y de Servicios, el Registro de Usuarios y el de Activos Fijos.

Sistema abierto: El sistema R/3 trabaja en base a una serie de plataformas establecidas, que se encuentran incluidas en las normas internacionales, por esta razón tiene posibilidad de comunicarse con otros sistemas Institucionales a través de interfaces. Sobre este particular Marker, G.,2009. SAP R/3: Uno de los mejores ERP del mercado. Recuperado en: <http://www.informatica-hoy.com.ar/sap/SAP-R3-Uno-de-los-mejores-ERP-del-mercado.php>. Consultado el 18/03/2011. indica:

“SAP R/3 funciona con el protocolo TCP/IP para comunicaciones en red, soporta redes del tipo SQL, utiliza interfaz de comunicación CPI-C para las comunicaciones realizadas entre diferentes programas por intermedio de sistemas múltiples, trabaja bajo las normas ODBC para la conectividad de la base de datos abierta, incluye la arquitectura RPC, dentro del lenguaje ABAP/4 como interfaz de programación abierta, funciona a través del estándar denominado OLE/DDE para llevar a cabo las integraciones de las aplicaciones de las computadoras con el sistema, y responde a las normas de comunicaciones externas X.400/X.500, MAPI.”

En la actualidad el SIFS mantiene interfaces con otros sistemas institucionales como son: el Sistema Comercial (SCI), Sistema de Planillas, el Sistema de Gestión de Transportes (GETRANS), Sistema de Producción de Agua Potable (SISPROAP) y se están en proceso de desarrollo interfaces con el

Sistema de Información para la Gestión Operativa de Sistemas (SIGOS) y el Sistema de Control de Ingresos y Salidas (SCIS).

Sistema compatible: El sistema SAP R/3 es compatible con los siguientes sistemas operativos y bases de datos:

Sistemas operativos compatibles con el sistema R/3:

- HP-UX
- AIX
- Citrix
- Linux - Sólo la versión comercial de Red Hat
- Open VMS
- MPE/iX
- Windows Server
- Windows 95
- Windows 98
- Windows NT
- IBM OS/400
- IBM S/390
- MACINTOSH
- OS/2

Bases de datos compatibles con el sistema R/3:

- Informix
- Oracle
- Adabas
- Sybase ASE
- IBM DB/2
- Microsoft SQL Server

Control de acceso y autorizaciones: El sistema cuenta con un Registro Maestro de usuarios que permite la administración de cuentas de usuario, claves de acceso y la asignación de roles o grupos de autorizaciones para uso del sistema.

Correo electrónico: Permite el envío de correspondencia para todos los usuarios o para grupos de usuarios a sus cuentas de usuario.

Descripción de los módulos del SIFS:

Módulo de Finanzas (FI)

El Módulo de Finanzas está conformado por tres submódulos: Libro Mayor, Cuentas por Cobrar y Cuentas por Pagar.

Submódulo de Libro Mayor (GL)

El submódulo del libro mayor constituye el eje central del sistema, pues consolida la información proveniente del resto de módulos y submódulos. Está conformado por un único plan de cuentas, clasificadas en grupos según su naturaleza.

El submódulo de Libro Mayor permite entre otras las siguientes operaciones:

- Registro contable de todas las operaciones en forma directa o a través de libros auxiliares: acreedores, deudores, activos.
- Visualización de todos los registros contables: por documento, por cuenta, diarios, resumen de cargos y abonos mensuales, reportes.
- Asociación con cuentas de libros auxiliares.
- Verificación simultánea de las áreas de la contabilidad financiera y de costos.
- Emisión de Estados Financieros (Balances y Estados de Resultados)

Submódulo de Cuentas por Pagar (AP)

El submódulo de cuentas por pagar gestiona la contabilidad de acreedores. Cuenta con un registro único de proveedores clasificados por grupos según su naturaleza.

A través de este submódulo se puede:

- Realizar los registros en la contabilidad del auxiliar de acreedores y actualizar en forma

simultánea las respectivas cuentas de libro mayor.

- Visualizar registros contables: por cuenta (saldos y partidas), documentos y reportes.

Submódulo de Cuentas por Cobrar (AR)

El submódulo de cuentas por cobrar gestiona la contabilidad de deudores. Cuenta con un registro maestro de deudores, exceptuando las cuentas por cobrar de servicios comerciales, las cuales se mantienen en el Sistema Comercial (SCI).

Este submódulo permite:

- Realizar los registros en la contabilidad del auxiliar de deudores y actualizar en forma simultánea las respectivas cuentas de libro mayor.
- Visualización de registros contables: por cuenta (saldos y partidas), documentos y reportes.

Dentro de los beneficios del módulo de finanzas destacan los siguientes:

1. Permite el registro de las operaciones en tiempo real y desde punto de origen.
2. Está integrado con el resto de módulos.
3. Permite la generación automática de Estados Financieros.
4. Ejecución automática de procesos de cierre.
5. Consulta de cuentas, saldos de cuentas y documentos contables.

Módulo de Gestión presupuestaria (FM)

Este módulo permite planificar y controlar el presupuesto institucional de ingresos y egresos aprobado por los Entes Externos en un periodo dado.

A través de este modulo se puede gestionar:

- La ejecución presupuestaria de manera desconcentrada y permitiendo el control centralizado.
- La aplicación del presupuesto original, modificaciones y traslados.
- La Confección de las reservas manuales de fondos y traslados de pagos
- La comparación de los datos reales con el presupuesto actual e indicar cualquier variación que se haya presentado.
- Control de disponibilidad automático

Dentro de los beneficios del módulo de presupuesto se encuentran los siguientes:

1. Permite la planificación, ejecución y control del presupuesto Institucional.
2. Estructura presupuestaria única y estándar.
3. Facilita la desconcentración de la ejecución presupuestaria.
4. Permite la aplicación y control del presupuesto original, modificaciones, traslados, reservas de fondos.
5. Contiene un control de disponibilidad automático.
6. Permite la comparación entre datos reales y los presupuestados.
7. Generación automática de reportes.

Módulo de Costos (CO)

El módulo de costos (CO) es el componente de aplicación de R/3 que contiene todas las funciones de la contabilidad, necesarias para el análisis y la evaluación de la gestión de la empresa.

La contabilidad de costos utiliza clases de costo, las cuales constituyen un espejo de las cuentas de gasto e ingreso de la contabilidad financiera.

La estructura de costos utiliza dos elementos para asignar los costos: centros costo y ordenes de costo.

Un centro de costos es un área de responsabilidad de la empresa donde se llevan el resumen de gastos de un departamento o región y que se ven afectados por medio de las clases de costos.

Las ordenes de costos permiten llevar el control de los materiales, los fondos y la mano de obra empleada en los proyectos, e igual que los centros de costos, las ordenes se ven afectados por las clases de costos.

Dentro de los beneficios del módulo de costos destacan los siguientes:

1. Permite la contabilización de los costos y los ingresos a través de centros de costo y ordenes de costo.
2. Existe una estructura de costos que se adecua a la estructura organizacional.
3. Está integrado al resto de módulos: AM-FI-MM-TR-CP.
4. Provee información para evaluar la gestión de las diferentes áreas.
5. Procesos de distribución y cierre automáticos
6. Permite el registro y control de proyectos de inversión.

Módulo de Activos Fijos (AM)

El módulo de Activos Fijos permite el control de los activos fijos a través de un registro único e integrado. Algunas de principales funcionalidades de este módulo son:

- El registro y control de datos maestros de los activos
- Registro y control de los principales movimientos de activos: alta, baja, traslados.
- La generación de proceso automáticos para la liquidación de obras de preinversión, la capitalización de obras en construcción, la depreciación mensual de Activos Fijos y la revaluación anual de Activos Fijos.

Algunos de los beneficios del módulo de activos son los siguientes:

1. Permite el registro y control de los activos fijos.
2. Está integrado con el resto módulos.
3. Procesos automáticos de depreciación, revaluación y cierre.
4. Facilita el proceso de capitalización de activos.
5. Base de datos de activos única y actualizada.

Módulo de Tesorería (TR):

El Módulo de Tesorería es un componente del sistema R/3 de SAP que se encarga de gestionar los submódulos de:

1. Gestión de Caja (Posición y Previsión de Caja)
2. Control de Fondos (Flujo de Caja)
3. Inversiones Transitorias.
4. Conciliaciones Bancarias.

El submódulo de gestión de Caja está estrechamente relacionada con la Contabilidad Bancaria y con los libros auxiliares (Cuentas por Pagar y Cuentas por Cobrar), esta herramienta apoya la planificación y el control de los recursos financieros.

El submódulo de Inversiones Transitorias permite el registro contable y el control de las inversiones financieras a corto plazo que a corto plazo realiza la Institución.

El submódulo de Conciliaciones Bancarias permite la comparación y conciliación de los registros bancarios en libros contra los movimientos bancarios registrados en una cuenta corriente durante el mismo periodo.

Algunos beneficios del módulo de Tesorería son los siguientes:

1. Apoya la planificación y control de recursos financieros.
2. Control de saldos en cuentas bancarias (posición caja)
3. Planificación, ejecución y control del flujo de caja.
4. Emisión automática de cheques y TEF.

Módulo de Administración de Materiales (MM)

En este módulo se gestiona la mayoría de las actividades de la Dirección de Proveeduría de la Institución, incluyendo los procesos de planeación, compras, aprovisionamiento, almacenamiento y distribución de todos los bienes y servicios adquiridos por AyA.

Este modulo está integrado con los demás módulos del sistema, asegurando el flujo constante de información y su consistencia. Cuenta con un registro maestro central de proveedores, servicios y materiales y un sistema de información que permite el seguimiento de todas las transacciones.

Está conformado por dos componentes o submódulos: la gestión de compras y la de Almacenes.

El submódulo de gestión de compras soporta todo el proceso compras, en todas sus modalidades, desde la generación de la solicitud de pedido, hasta la entrada del material o Servicio, permitiendo entre otras cosas:

- El aprovisionamiento externo de materiales y servicios
- La determinación de posibles fuentes de aprovisionamiento para una necesidad identificada por el sistema de planificación y control de necesidades
- La supervisión de entregas y pagos a los proveedores.
- El submódulo de gestión de Almacenes se

- encarga de la gestión de stock la cual permite:
- Controlar movimientos de los materiales en inventario con base en la cantidad y al valor.
 - Planificar las necesidades de abastecimiento de material de stock.
 - Crear Reservas de Materiales, para facilitar la programación de despachos.

La gestión de inventarios permite mantener un control de las existencias de inventario a través de diversos métodos de valoración.

La verificación de facturas permite el registro automático de facturas a partir de la información de los pedidos y entradas de mercadería.

Dentro de los beneficios del módulo de Administración de materiales se pueden mencionar los siguientes:

1. Apoya la gestión de aprovisionamiento de bienes y servicios.
2. Está integrado al resto de los módulos.
3. Permite el registro y seguimiento de todos los procesos compra.
4. Emisión automática de reportes y formularios.
5. Estadísticas e historial de compras (Registro Info).
6. Control existencias y valoración automática inventario (entradas, salidas, reservas).
7. Registros maestros únicos y estandarizados (proveedores, materiales y servicios).

Módulo Base System SAP R/3

El sistema R/3 de SAP posee un módulo destinado a la tecnología, denominado BC, que está integrado por los submódulos STMS (sistema de corrección y transporte) y ABAP/4 (lenguaje nativo de SAP R/3 que hace posible la programación).

El SAP R/3 también posee un módulo para la administración de la seguridad y de los usuarios dentro de él mismo, denominado Basis. Este módulo actúa como un mediador entre el sistema operativo, la base de datos y la red, logrando así que el sistema SAP R/3 sea independiente de la plataforma tecnológica.

Las tareas de un basis son ofrecer la disponibilidad, rendimiento, funcionamiento y seguridad de la aplicación R/3. Entre las principales labores que realiza un BASIS están: la instalación, el tuning, la optimización del rendimiento, los backups, soporte a las migraciones, la administración de los usuarios, la seguridad del sistema y la integridad de los datos; sin dejar de lado la completa operatividad de la base de datos y del sistema operativo en el cual corre la aplicación de negocios

El módulo de Tecnología Basis Components (BC) tiene dos submódulos:

- STMS Sistema de Corrección y Transporte
- ABAP Lenguaje nativo de SAP R/3 para programar

CONCLUSIONES

El Sistema Integrado Financiero-Suministros (SIFS) constituye uno de los sistemas más importantes para el apoyo de la gestión financiera y de proveeduría de la Institución.

Durante sus años de operación el SIFS ha beneficiado la gestión de las áreas de Contabilidad, Tesorería, Costos y Activos, Planeamiento Operativo y Proveeduría del AyA, lo cual ha incidido en una mayor eficiencia en la gestión administrativa, facilitando el registro, la integración, la oportunidad y la consolidación de la información financiera y de contratación de bienes y servicios y almacenamiento de

materiales del AyA, así como la automatización y la estandarización de los procesos.

Sin embargo, aunque el sistema ha funcionado y sigue operando satisfactoriamente y se han logrado atender en gran medida las necesidades y los requerimientos de las diferentes áreas usuarias, el reto principal para garantizar la continuidad y sostenibilidad futura es actualizar su versión, debido a que está desactualizada, unos doce niveles por debajo de la última versión liberada en el año 2007 por la empresa SAP, dueña del software, la versión 6.0

Lo anterior, constituye un gran riesgo ante la eventual falla o inoperancia del sistema, debido a que el mantenimiento ofrecido por la empresa SAP para la versión actual del sistema se discontinuó desde el año 2000.

Esta situación propone retos importantes y oportunidades de mejora como son las siguientes:

1. Actualizar la versión del sistema de la versión 3.1H a la versión 6.0 (Proyecto de Migración)
2. Actualizar la plataforma tecnológica: Servidores, Base de Datos y Sistema Operativo (los servidores cumplen su vida útil en año 2011)
3. Capacitar los usuarios en la nueva versión del sistema
4. Configurar nuevas funcionalidades ofrecidas por la nueva versión del sistema
5. Integrar el sistema con el resto de Sistemas internos y externos.

A pesar de los esfuerzos realizados durante los últimos años para llevar a cabo el proyecto de migración o de actualización de la versión del sistema, éste no se ha podido realizar por limitaciones de orden presupuestario.

El proyecto de migración del Sistema Integrado financiero-Suministros (SIFS), cuya contratación se planea iniciar a partir del año 2011 tiene como objetivo ampliar y mejorar las funcionalidades del sistema, prolongar su vida útil, garantizar la sostenibilidad futura, actualizar el conocimiento de los usuarios y aprovechar al máximo el servicio de mantenimiento y soporte ofrecido por la empresa SAP.

Dada la complejidad e importancia de este proyecto se requiere no solamente recursos económicos para su ejecución, sino de la participación y la disponibilidad del personal de todas las áreas involucradas, así como el apoyo de los niveles superiores de la Institución.

hidrogénesis®

REVISTA DEL INSTITUTO COSTARRICENSE
DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

"Con perseverancia, estudio e investigación, el talento es un campo fértil"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Dirección: Calle principal, Pavas.

Teléfonos: (506) 2242-5000, 2242-5001 Fax: (506) 2242-5062

Apdo. Postal: 1097-1200 Pavas, Costa Rica.

www.aya.go.cr

