



## Modelo de gestión de la junta administradora de acueducto rural, para desinfección de agua con tecnología sostenible en Ipetí Emberá, Panamá

### Management model of the administrative board of rural aqueduct for water disinfection with sustainable technology in Ipetí Emberá, Panamá

Marta Anayansi Alvarez Zaldívar<sup>1\*</sup>, Nelson Barranco Pilides<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

<sup>2</sup> Laboratorio de Análisis Industriales y Ciencias Ambientales del Centro Experimental de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

\*Autor de correspondencia: [marta.alvarez@utp.ac.pa](mailto:marta.alvarez@utp.ac.pa)

**RESUMEN-** El modelo de gestión operativa de la Junta Administradora de Acueducto Rural (JAAR) de la comunidad de Ipetí Emberá, en Panamá, con la introducción de la electrólisis de salmuera como tecnología innovadora, fácil y sencilla para desinfectar el agua de consumo humano, requiere de la adición de funciones, cargos operativos y administrativos para un funcionamiento sostenible. El modelo fomenta la difusión de conocimientos locales entre pares de otras comunidades que posean acueductos rurales sin procesos de desinfección del agua de consumo humano y para sistemas nuevos por establecer en áreas rurales.

**Palabras clave-** Gestión, Junta administradora de acueducto rural, desinfección, proceso electrólisis de salmuera, sostenible, tecnología.

**ABSTRACT-** The operational management model of the Rural Water Supply Administration Board (JAAR) of the Ipetí Emberá community in Panama, with the introduction of brine electrolysis as an innovative, easy and simple technology for disinfection of water for human consumption, requires of the addition of functions, operative and administrative positions for a sustainable operation. The model encourages the dissemination of local knowledge among peers from other communities that have rural aqueducts without processes for disinfecting water for human consumption and for new systems to be established in rural areas.

**Keywords-** Management, Administrative board of rural aqueduct, disinfection, brine electrolysis process, sustainable, technology.

#### 1. Introducción

Mediante resoluciones del Ministerio de Salud (MINSa) se regula el **consumo de agua de los acueductos rurales** de comunidades en Panamá, limitando su uso para beber, aseo personal, preparación de alimentos, lavado de ropa y utensilios domésticos [1], [2].

El ente responsable de garantizar el acceso al agua y saneamiento a usuarios de áreas rurales es la Junta administradora de acueducto rural (JAAR). Debe tener personería jurídica, ser sin fines de lucro y de interés público y, son los responsables de administrar el usufructo de los bienes e inversiones del sistema de abastecimiento de agua potable construido por el Estado en una comunidad. Por definición, también deben gestionar aquellos sistemas que involucren el saneamiento de aguas residuales en los ambientes

rurales [1]. Para el año 2014 se aprobó el Decreto Ejecutivo No. 1839 del 5 de diciembre del 2014, el cual unifica el Decreto Ejecutivo 40 y la Resolución Ministerial No.28, en el cual se dicta un nuevo marco regulatorio para las JAAR [3].

En el informe del Ministerio de Economía y Finanzas al 2010, los 45,9% de población indígena ubicadas en comarcas estaban sin acceso al agua potable en óptimas condiciones para el consumo humano. El Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAAN) no administra ni da servicio a los acueductos rurales en las comarcas indígenas de Guna, Ngöbe, Buglé y Emberá, según informe de referencia [4].

El estado panameño no invierte en grandes infraestructuras de acueductos rurales y de plantas potabilizadoras para comunidades pobres o en áreas de

**Citación:** M. Alvarez y N. Barranco, "Modelo de gestión de la junta administradora de acueducto rural, para desinfección de agua con tecnología sostenible en Ipetí Emberá, Panamá", *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 15, no. 1, pp. (49-58), 2019.

**Tipo de artículo:** Original. **Recibido:** 24 de agosto de 2018. **Recibido con correcciones:** 4 de septiembre de 2018. **Aceptado:** 19 de noviembre de 2018.

**DOI** <https://doi.org/10.33412/iddt.v15.1.2097>

**Copyright:** 2019 M. Alvarez y N. Barranco. This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

difícil acceso, por razones de lejanía y localización de las viviendas en forma dispersa.

En Panamá, los sistemas comunitarios de acueductos rurales abastecen el agua para beber y otros usos domésticos, para áreas rurales y peri urbana de diversas etnias. Las JAAR sirven al 20% del total de la población [5].

El uso de las pastillas para clorar el agua de acueductos rurales suministradas por el Ministerio de Salud (MINSAL) son rechazadas por la población, ya que indicaron dan mal sabor al agua y la población no tiene control en su uso [6]. Estas pastillas de hipoclorito de calcio sirven para clorar el agua de piscinas, son inadecuadas para sanear el agua de consumo humano, ya que su dosificación o forma de presentación no se puede ajustar a los requerimientos. Otro problema es la falta de comercios accesibles que ofrezcan en áreas rurales y de difícil acceso este insumo para los usuarios [7].

El objetivo principal de este trabajo es difundir la aplicación de la tecnología de la electrólisis de salmuera para la producción del hipoclorito de sodio en la desinfección del agua de consumo humano y el mejoramiento del sistema de acueducto rural en Ipetí Emberá, como una tecnología fácil y sencilla para el uso de comunidades rurales. Este modelo genera un proceso nuevo y cambio integral en la gestión de la Junta administradora del acueducto rural (JAAR). Por lo que es oportuno promover para comunidades con sistemas de acueductos rurales existentes que no desinfectan el agua y para nuevos a implementar.

## 2. Materiales y métodos

Este modelo de gestión para la Junta Administradora de Acueducto Rural (JAAR) en Ipetí Emberá se desarrolló con el fin de dar solución al problema de la desinfección del agua, por lo que se vio la oportunidad de validar el método de la electrólisis de salmuera como una tecnología sencilla y sostenible para operar el sistema de acueducto a bajo costo.

Entre otras actividades realizadas para el proyecto que desarrolló la tecnología de la electrólisis de salmuera, se estableció la línea base del consumo de agua realizando un monitoreo al 30% de 73 hogares de la comunidad, según la cantidad registrada en el censo

de población del año 2010 de la Contraloría General de la República de Panamá. Además, un taller sensorial sobre el sabor, color y olor del agua potabilizada, a estudiantes de la escuela primaria. Adicionalmente, se hicieron entrevistas a líderes locales y a funcionarios de oficinas públicas del Ministerio de Salud a nivel local y regional para complementar la caracterización de la situación socioeconómica de la comunidad. Se desarrollaron charlas de administración y planificación estratégica a miembros de la JAAR con el objetivo de orientarlos hacia una mejor gestión de la administración y de controles a nivel de gerencia, según las nuevas operaciones que serían responsables. También visitas periódicas a líderes de la JAAR durante la ejecución del proyecto con el fin de dar acompañamiento para realizar una evaluación expost de la implementación del método y del modelo de forma integral.

## 3. Consumo de Agua en Ipetí Emberá y proyección para años 2020-2027

Un estudio relacionado con la cantidad de agua domiciliaria, el nivel de servicio y la salud, indica que si bien la necesidad básica de agua incluye el agua que se usa en la higiene personal, no resulta significativo establecer una cantidad mínima, ya que el volumen de agua que usen las viviendas dependerá de la accesibilidad, la que se determina principalmente por la distancia, el tiempo, la confiabilidad y los costos potenciales. La accesibilidad se puede categorizar en términos del nivel de servicio. La cantidad de agua que se provee y que se usa en las viviendas es un aspecto importante de los servicios de abastecimiento de agua domiciliaria que influye en la higiene y, por lo tanto, en la salud pública [8].

Los beneficios que se derivan para el consumidor cuando se da un buen nivel de servicio son el brindar una mejora significativa para la salud si se dispone el agua en la vivienda, el mejorar el acceso o disponibilidad da más tiempo al consumidor para el cuidado de los hijos, la preparación de alimentos, para actividades productivas y para la educación, lo que es importante para su desarrollo y por ende un mejor nivel socioeconómico [8].

**Tabla 1.** Estimaciones de viviendas, población y consumo de litros/día/hogar del consumo de agua en Ipetí Emberá. Años 2019-2027.

Detalle de estimaciones		Años									
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
Viviendas estimadas al año		162	169	175	182	190	197	205	213	222	
Población estimada al año		608	621	633	646	659	672	685	699	713	
% de viviendas según consumo de agua día/vivienda/segmentos	Promedio del consumo de agua	Promedios litros/viviendas/año/comunidad/segmentos									
S1	14,0	19,3	436,6	455,5	471,6	489,6	512,1	530,9	552,5	574,0	598,3
S2	36,0	38,5	2.245,3	2.342,3	2.425,5	2.517,9	2.633,4	2.730,4	2.841,3	2.952,2	3.076,9
S3	27,0	57,8	2.526,0	2.635,1	2.728,7	2.832,6	2.962,6	3.071,7	3.196,5	3.321,2	3.461,5
S4	9,0	77,0	1.122,7	1.171,2	1.212,8	1.259,0	1.316,7	1.365,2	1.420,7	1.476,1	1.538,5
S5	14,0	96,3	2.183,0	2.277,3	2.358,1	2.448,0	2.560,3	2.654,6	2.762,4	2.870,2	2.991,5
Total de litros/vivienda/año/comunidad		8.513,5	8.888,4	9.196,7	9.547,0	9.985,0	10.352,8	10.773,3	11.193,7	11.666,7	
		Promedios litros/viviendas/día/segmentos									
S1		5,1	5,2	5,3	5,4	5,6	5,6	5,8	5,9	6,0	
S2		10,3	10,5	10,6	10,8	11,1	11,3	11,5	11,7	12,0	
S3		15,4	15,7	16,0	16,2	16,7	16,9	17,3	17,6	18,0	
S4		20,5	21,0	21,3	21,7	22,2	22,6	23,0	23,5	24,0	
S5		25,6	26,2	26,6	27,1	27,8	28,2	28,8	29,3	30,0	
Promedio litros/vivienda-día		15,4	15,7	16,0	16,2	16,7	16,9	17,3	17,6	18,0	

S1-S5 Segmentos de viviendas según los promedios litros/vivienda-día, definidos en consulta para diagnósticos socioeconómicos.

Además, determinaron que el saneamiento o desinfección del agua tiene un nivel del 60% de importancia comparado con el acceso razonable a la disponibilidad del servicio de agua, no obstante, es importante dar atención a los dos aspectos [8].

La población de Ipetí Emberá que consume el agua es el 100% de etnia con raíces indígenas de los Emberá chocó. Están reconocidos en el marco de **territorios bajo la jurisdicción de Tierras Colectivas de Alto Bayano**, según Ley 72 del 23 de diciembre de 2008, de la República de Panamá, por lo que se les considera una población indígena fuera de área comarcal. Como tal están incluidos en la división política territorial del corregimiento de Tortí, distrito de Chepo, de la República de Panamá [9].

Para el estimado de viviendas y población se tomaron de referencia las cifras del Censo de Población y Vivienda del 2010, y otras cantidades utilizadas obtenidas durante la aplicación de encuestas a hogares de la comunidad, según los diagnósticos socioeconómicos elaborados para el año 2011 y 2016 [10]. Para viviendas se obtuvo el estimado del 3 al 4% de incremento en el período, por lo que se tomó el 4% más alto para los cálculos mostrados (tabla 1).

Para el estimado de la población 2019-2027 se calculó el 2% de incrementos y el promedio de 5 personas por vivienda, según diagnósticos

socioeconómicos de la comunidad del 2011 y 2016 [10]. (tabla 1).

El porcentaje de hogares se determinó en varios niveles o segmentos según el promedio de consumo de agua de litros/vivienda-día surgidos en la aplicación de encuestas a hogares, datos que sirvieron para establecer una línea base del consumo de agua para el pronóstico futuro de la comunidad [10].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el per cápita adecuado de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal, limpieza del hogar) era de 50 l/hab-día, al año 2003. A este se le debe adicionar el aporte para la agricultura, la industria y, la conservación de los ecosistemas acuáticos, fluviales y otros que dependen del agua dulce. Por lo cual, si se adicionan estos parámetros el per cápita mínimo podría ser de 100 l/hab-día nivel mundial. También agregan que, desde el comienzo del siglo XX, la población mundial se ha duplicado, mientras que la cantidad empleada del agua se ha sextuplicado por el desarrollo industrial y del mayor uso agrícola [11].

El promedio de per cápita l/hab-día calculado para Ipetí Emberá fue de 15.4 l/vivienda-día (3.08 l/hab-día) a un máximo de 18.0 l/vivienda-día (3.6 l/hab-día) en el período de 10 años (tabla 1).

Comparando esos consumos estimados con el análisis de la OMS [11] podríamos decir que la

comunidad de Ipetí Emberá en el consumo promedio por l/hab-día de agua del acueducto rural está muy por debajo de la cantidad que calcula la OMS para el per cápita doméstico diario adecuado por habitante. La OMS considera que ni con cinco litros por día se garantiza la higiene, a menos que se haga en la fuente de agua [8].

Es posible que el consumo no aumente por desarrollo industrial y agrícola en esta comunidad, ya que no se realizan actividad industrial o agroindustrial y la agricultura que se desarrolla es la tradicional [10].

Los promedios de l/vivienda-día de consumo de agua en Ipetí Emberá, son afectados por el factor de la cultura de consumo de esta etnia, ya que utilizan mucho el agua del río Ipetí para actividades domésticas, más cuando surgen daños en el acueducto y para la época de sequía, según la caracterización realizada mediante los diagnósticos [10].

Según el censo de población del 2010 existían 73 viviendas y para el año 2016 existían 93 unidades.

Las autoridades locales lograron dotar de 150 casas nuevas a la población en esta comunidad, mediante el plan de desarrollo habitacional en el año 2017, bajo el Programa de Techo de Esperanza del Ministerio de Viviendas y Organización Territorial (MIVIOT) [12]. Por lo cual, se registró en ese año un incremento del 38% de viviendas.

Con el nuevo plan habitacional del MIVIOT mayor será las necesidades de consumo de agua potable y de abastecimiento de agua segura para el consumo y la salud de la población.

La cantidad de viviendas se ha duplicado considerando las cifras del censo del año 2010 al estimado que presentamos al 2019. El nivel de la población ha incrementado en el doble en Ipetí Emberá, cumpliéndose la tendencia que estimó la OMS para inicio del Siglo XX.

Tomando en cuenta un monitoreo realizado a hogares sobre el consumo de agua, la población de Ipetí Emberá usa el agua saneada para cocinar alimentos (95%), limpieza general del hogar (91%), beber (86%), para bañarse y fregar, inclusive el 82% [13].

La preferencia y consumo de agua embotellada, no afecta la demanda o el uso normal del sistema de acueducto rural. El agua embotellada se usa más por los visitantes, y en condiciones de urgencia por la población local, debido a la demora en el arreglo de daños imprevistos o por inundaciones que afecten el acueducto; se usa más para beber, en hogares con niños

lactantes y adultos mayores, si cuentan con dinero para la compra [13].

El costo de adquisición de agua embotellada para todos los miembros del hogar es alto, aún si la compran en kioscos de la localidad, y estas familias indígenas son de ingresos bajos. El acceso a la compra de agua embotellada en comercios de la comunidad, dependerá que estos locales las vendan; de lo contrario, comprarían en centros comerciales o supermercados de otras comunidades vecinas.

#### **4. Modelo de gestión de Junta administradora de acueducto rural (JAAR) para la desinfección de agua de consumo humano con tecnología sostenible en Ipetí Emberá**

La Electrólisis de salmuera es un proceso electroquímico en el cual se somete una solución de cloruro de sodio a una corriente directa disociando en cloro, hidrógeno y sodio, formándose la solución de hipoclorito de sodio [14].

En el año 2011 en Ipetí Emberá, se utilizó el método de la electrólisis de salmuera por líderes de la comunidad de la JAAR para producir hipoclorito de sodio. Este método permite que cualquier persona con capacidades mínimas y conocimientos adquiridos a través del acompañamiento técnico maneje la tecnología, ya que es sencilla y sostenible para su aplicación. La introducción del mismo da solución a la problemática para la desinfección del agua. Además, independencia en el proceso de la producción del producto final. [15].

El método involucra a la JAAR ya que es el ente administrador local del acueducto rural en la comunidad. Se introduce una tecnología que genera operaciones de proceso y administrativas nuevas que esta organización anteriormente no desarrollaba con miembros de esta junta [16].

En el desarrollo y validación de esta tecnología para la desinfectar el agua del acueducto rural, se confirmó el potencial de la misma para replicar en otras comunidades con caracterización igual, o bien, ajustando a las propias de aquellas comunidades que tengan la misma necesidad o problemática a solucionar [16].

##### **4.1 Factores considerados para introducir la tecnología**

El funcionamiento y tecnología para la producción de agua saneada en los acueductos rurales dependerá de

las condiciones o factores que confronten, y que a la JAAR se le brinde las facilidades para atenderlos.

La JAAR recibe subsidio del MINSA mediante pastillas de hipoclorito de calcio para desinfectar el agua, cuando se lo suspenden, dejan de utilizarlas por falta de fondos propios y poca accesibilidad a los comercios ubicados en áreas lejanas a su comunidad [16].

En la construcción de acueductos rurales del país, las características o variables tomadas de base son el tamaño de la población, la cantidad de viviendas, densidad de la población, presencia institucional, entre otras, para elaborar el diseño por parte de la organización que los elabora [5].

Los factores que determinan la capacidad y el manejo del acueducto rural para una comunidad son: el nivel de calidad de la fuente de agua natural, los parámetros para el tratamiento de saneamiento que sean necesarios. La demanda o cantidad de población determinará el tamaño y tipo de proceso para la potabilización, como la capacidad de las infraestructuras a utilizar [5].

En Ipetí Emberá son mínimas las actividades institucionales o privadas con infraestructuras que requieran del uso de sistemas de acueductos con tratamientos más complejos para el saneamiento del agua, ya que la población no desarrolla procesos agroindustriales ni industrializados. El consumo se da a nivel de hogares (Tabla 1), en escuela de nivel primario con menos de 200 estudiantes en una jornada/día, dos iglesias y tres kioscos de venta de productos básicos, por lo cual, recomendamos esta tecnología para su uso en esta comunidad.

Los incrementos de la demanda o condiciones de riesgos para la salud, hace necesario implementar nuevos procesos para desinfectar el agua.

#### 4.2 Proceso de electrólisis de salmuera para producir hipoclorito de sodio y su uso en la desinfección del agua para el acueducto rural

La producción de hipoclorito de sodio mediante la electrólisis de salmuera incluye, la preparación de la solución de salmuera, calibración de equipos e instrumentos, proceso de la electrólisis y producción de energía eléctrica con paneles solares para el proceso; además, el mantenimiento preventivo de los paneles solares y el control de calidad de agua, según las características definidas para esta comunidad (figura 1).



**Figura 1.** Preparación de la solución de salmuera en Ipetí Emberá.

Para la electrólisis en salmuera se utilizarán dos libras de sal de cocina en 20 litros de agua que producirán el hipoclorito de sodio en un ciclo de cuatro horas (figura 1). La desinfección para este acueducto requerirá de 40 litros diarios para el tratamiento requerido. Este volumen fue sometido a varias pruebas del proceso usando diferentes concentraciones para obtener la que se recomienda utilizar.

Es posible que en la caracterización de otras fuentes de agua se determine diferente dosificación para el acueducto en otra comunidad que pueda utilizar este proceso.

En este modelo, la electrólisis se produce cuando la energía eléctrica generada por paneles solares es transferida mediante el electrodo a la salmuera para obtener el hipoclorito de sodio (figura 2).

Este tipo de electrodo (figura 2) fue seleccionado tomando en cuenta la seguridad para su manejo y resistencia a la alta corrosión y humedad, por lo cual se decidió utilizar la marca Aquacholor. Este tipo de electrodo permite realizar el proceso “in situ” y tiene los electrodos protegidos con PVC [17].



**Figura 2.** Electrodo para el proceso de electrólisis de salmuera que produce el hipoclorito de sodio en Ipetí Emberá.

La instrumentación adherida a los equipos permite que este sea automático y que el operador tenga independencia para dedicarse a otras actividades, durante el desarrollo del mismo (figura 3).



**Figura 3.** Preparación de equipos e instrumentos para el proceso de la electrólisis de salmuera.

**Uso de paneles solares para el proceso del hipoclorito de sodio mediante electrólisis de salmuera.** En la planta se acondicionaron los paneles solares, el panel de control, el reloj interruptor, los cables eléctricos y el electrodo. El tiempo efectivo del ciclo de cada proceso, puede variar dependiendo de las radiaciones diarias que reciban los paneles solares y de la reserva de energía en la batería recargada como dispositivo de almacenamiento, que surte en conexión directa al panel alimentador de energía durante el proceso.

En la instalación de este proceso en la comunidad hacía falta energía eléctrica, lo cual generó que el aprovisionamiento fuera mediante paneles solares en el momento de instalación de la planta.

Para el funcionamiento de la planta el costo de energía generada por los paneles solares está eximido de pago a la JAAR. El gasto del mantenimiento preventivo de los paneles solares que se utilizarán para la operación del proceso fue valorado en \$380 por año, dos veces por año durante 25 años. Se tomó de base el tiempo de garantía del ciclo de vida de este equipo según el proveedor. El electrodo tiene 20 años, batería 5 a 10 años e inversor de corriente de 5 a 10 años de vida, como garantía de estos componentes. Dado algún daño inesperado de los elementos que complementan al panel para la conversión y transferencia de la energía eléctrica, sería necesario invertir en ellos (figura 3).

Asumir costo de energía eléctrica de distribuidoras por la JAAR en comunidades vecinas, ha sido una problemática que ha provocado la suspensión de sistemas de acueductos rurales que utilizan plantas eléctricas para el bombeo del agua. Por lo que se

recomienda que el proceso introducido no deje de usar paneles solares, a fin de ahorrar en costos de energía eléctrica y sobre todo es apropiado su uso para áreas de difícil acceso donde las distribuidoras de electricidad no dan ese servicio.

**Proceso de desinfección del agua.** Se transportan 40 litros de hipoclorito de sodio diariamente y se vacían al tanque dosificador. El dosificador debe contener solución suficiente según los parámetros establecidos para la desinfección del agua en el tanque de reserva o de almacenamiento; la transferencia o difusión a través del dosificador es por goteo controlado hacia el tanque de reserva (8.000 galones de capacidad). El saneado se efectúa durante esta fase y el agua desinfectada se transfiere a otro tanque de reserva (capacidad de 6.000 galones) conectado a la red del sistema del acueducto rural que la distribuye a las viviendas (figura 4).



**Figura 4.** Vaciado de solución de hipoclorito de sodio al tanque dosificador para la desinfección del agua abastecida de la fuente natural en tanque de reserva o de almacenamiento.

**Control de calidad para la desinfección del agua distribuida por el acueducto.** El acueducto rural debe brindar agua segura para el consumo humano a toda la comunidad, lo que conlleva la aplicación de un buen control de calidad. Se capacitaron varios líderes de la comunidad para esas actividades durante la implementación del sistema. En caso de nuevos procesos, la JAAR tendrá que gestionar con el ente fiscalizador (Ministerio de Salud de Panamá, MINSA), la capacitación a personas de la comunidad para no omitir el control de calidad del agua en este modelo.

Existe actualmente en Panamá reglamentos técnicos aplicados a los sistemas de tratamiento de agua, cuya producción sea destinada para el consumo humano, por instalaciones públicas o privadas [18]. Esta reglamentación sirvió de base para establecer los parámetros a utilizar para este acueducto.

El Laboratorio de Análisis Industriales y Ciencias Ambientales (LABAICA-UTP) certificó que se cumplía con los parámetros establecidos por las normas panameñas para el consumo de agua, realizando muestreos de tomas de agua de la fuente, antes, durante y después de tratamientos en la implementación del método.

Se determinó mediante análisis de laboratorio que el agua de la fuente o manantial cumplía con los contenidos minerales, sin embargo, tenía una cantidad mínima de coliformes totales, a pesar de ser de fuente natural, por lo cual requería ser desinfectada, para eliminarle los patógenos.

Por los resultados obtenidos se considera que el agua de la fuente de abastecimiento utilizada es de buena calidad y que solo requiere de la dosificación de la solución que fue definida para el proceso establecido.

Por lo tanto, para cumplir con los reglamentos del control de la calidad, se requiere: 1) Control de calidad del agua para la red del sistema del acueducto. Debe llevarse mediante dos muestreos semanales con el kit de prueba – portátil (figura 5). En la prueba, el color amarillo es indicativo que el agua tiene un residual de cloro que servirá de protección para cualquier crecimiento bacteriano, y por ende, si cumple con las normas de calidad para el consumo humano 2) El sistema usará el parámetro con las concentraciones entre 0,3 (mínimo) – 0,8 mg/L (máximo) para el residual [17].

Se definió como control preventivo realizar pruebas bacteriológicas del agua desinfectada cada dos meses por laboratorios especializados del país. El gasto por prueba de \$220.00 en el LABAICA, fue asumido por el proyecto durante la implementación del modelo. No obstante, para cumplir con este control de calidad hay que incluir en el presupuesto de la JAAR a fin de asegurar la calidad del agua para el consumo de la población [16].



**Figura 5.** Control de calidad para el agua del acueducto rural.

Con el nivel de concentración del hipoclorito de sodio que se determinó para la desinfección del agua

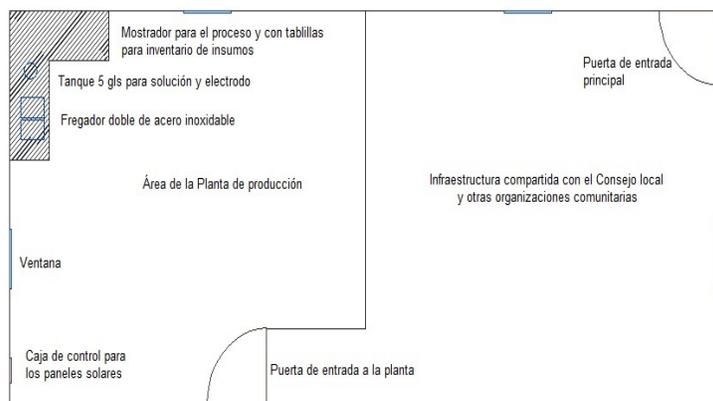
mediante un monitoreo del consumo se evaluó el sabor del agua tratada y fue aceptada en el 77% de la población [13].

**Planta de producción de hipoclorito de sodio para desinfectar el agua en Ipetí Emberá.** El Consejo local destinó un área de diez metros cuadrados de infraestructura que se tenía para uso de otras organizaciones, la cual fue habilitada para la planta de producción del hipoclorito de sodio, y se acondicionó para el proceso establecido. Es accesible y sin riesgo de seguridad para los equipos y otros insumos (figura 6).

No obstante, por ser un área compartida con otros grupos comunitarios, se recomienda gestionar la construcción de una infraestructura específicamente para la planta con independencia de otras actividades de carácter público-sociopolítico. La inversión debe ser propiedad de la JAAR como meta a corto o mediano plazo.

Esta planta puede ser instalada arriba del tanque de reserva de agua, sólo que se debe garantizar los riesgos de vandalismo, según el área donde estén ubicados los tanques de reserva. En Ipetí Emberá están localizados en un área alta con poca seguridad, aunque se cercó. Las autoridades locales prefirieron dejar la planta en el poblado, precisamente para asegurar sobre todo los paneles solares y el equipamiento.

Además de los equipos o instrumentación acondicionados para el uso de paneles solares, se instaló en esta planta: tanque para preparación de la solución de salmuera, mostrador para el proceso y envasado, tablillas para almacenar materia prima (sal), implementos de envasado para el transporte hacia el tanque de reserva y kit portátil para muestreos de calidad [16].



**Figura 6.** Distribución de la planta de producción del hipoclorito de sodio mediante la electrólisis de salmuera en Ipetí Emberá.

Los costos directos relacionados con el proceso que genera el hipoclorito de sodio son: costo para sal de cocina (2 libras/ciclo 0,30\$), costo de kwh de los paneles solares usados por ciclo de producción (0,612 kwh x 2,50\$) y 20 litros de agua por ciclo (1 litro x 0,0012\$). De estos costos solo se asume efectivamente el de la sal, los otros dos costos son ahorros económicos para el sistema debido a que los kwh no se pagan ni los litros de agua [16].

Se valoraron otros costos directos para mano de obra operativa: asistente de planta, coordinador de la red de acueducto, ayudante dosificador y para el control de calidad. También algunos gastos administrativos para administrador y para los miembros de la JAAR con montos simbólicos [16].

Entre los gastos para el proceso y mantenimiento: un kit portátil para muestreos de calidad por año, mano de obra para mantenimiento preventivo de paneles, mantenimiento general (materiales reparación de daños), mantenimiento de la red de acueducto, mantenimiento para los tanques de reserva (jornales para limpieza interna y externa, como de áreas verdes) [16].

Se valoró por año los costos operativos e indirectos en \$5.365, más gastos operativos y administrativos de 6.100\$, totalizando \$11.465 anual [16].

Los aportes de la tasa de consumo de agua mensual por vivienda son de \$2 más \$300 de instalación por cada vivienda nueva para el año 2018, por lo que se recibiría \$2.712 de ingresos al año 1. Con este ingreso el balance en ganancias sería negativo, ya que se definieron costos y gastos nuevos que sin este proceso no son asumidos por la JAAR. La mano de obra brindada por miembros de JAAR según reglamentación actual debe ser un servicio adhonorem, solo se paga la que se gasta por daños y reparaciones de la red de distribución. Sin embargo, se ha considerado por las definiciones de costos y gastos, que la JAAR debe de asumir en montos simbólicos para asegurar un excelente funcionamiento y servicio a los usuarios, además, como un incentivo para los que ofrezcan los servicios [16].

Para establecer el modelo actual con equipamiento, acondicionamiento de área de la planta y de los tanques de reserva de agua, se hizo una inversión que totalizó \$13.045,31. Esta cifra se afectaría según los costos de los paneles solares, pues han disminuidos en comparación del año que se estableció el modelo en la comunidad. El proyecto tuvo otros costos que aportaron Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SENACYT) y la Universidad Tecnológica

de Panamá para los estudios, análisis de laboratorio y otros necesarios para la validación del modelo; algunos dependerán de la caracterización de la fuente de agua o si hay que invertir en infraestructuras nuevas o sólo acondicionar de existentes [16].

Las inversiones de construcción en infraestructura de la planta, tanques de reserva y de la red de distribución no se dieron para este proyecto, solo acondicionamientos, debido a que el sistema de acueducto rural ya existía. Siendo un sistema nuevo a establecer con inversión de obras de infraestructura, los costos deberán ser valorados para un proyecto a desarrollar según la factibilidad o características que se determinen para una comunidad determinada.

Las evaluaciones de sensibilización del punto de equilibrio asumiendo los costos y gastos definidos para el modelo, dio que la tasa de consumo de agua debería aumentar a \$9,54 por vivienda, sin embargo, la tasa mínima que cobra el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) para áreas rurales es de \$5,68, la cual está por debajo de la tasa equilibrio que es factible para el modelo propuesto. Se recomendaría los costos de mano de obras sean asumidos por subsidios gubernamentales, ya que la tasa de consumo \$2 actual no daría para sufragarlos [16].

De lo contrario, la JAAR tendrá que tomar decisión en incrementar la tasa de consumo al menos por el valor de la tasa mínima del IDAAN y varios gastos de mantenimiento tendrán que ser adquiridos por medio de donaciones o de servicios técnicos ofrecidos por alguien de la comunidad. El acueducto rural brinda un servicio básico y social a los beneficiarios que redundan en la salud física y de calidad de vida a la población en general y las condiciones actuales para la desinfección del agua de acueductos rurales en las comunidades aún sigue siendo una problemática social y gubernamental no solucionada.

### **4.3 Gestión de junta administradora del acueducto rural en Ipetí Emberá**

La organización del acueducto rural de Ipetí Emberá funciona como un comité de agua, utiliza la misma estructura de organización que rige para las JAAR en Panamá. Sin embargo, debe cumplir con la reglamentación vigente y obtener personería jurídica que otorga el MINSA.

Las funciones de la JAAR son: administrar, operar y mantener el sistema de acueducto rural, según las reglamentaciones vigentes. Tomando en cuenta las actividades para el modelo nuevo, estas son las

necesidades de personal: administrador, asistente de planta de producción, ayudante dosificador para potabilización, ayudantes del control de calidad, coordinador de la red de acueducto, plomero y técnico de paneles solares (figura 7).

Las funciones técnico-operativas que se adicionan para la potabilización según este modelo, implican un cambio integral organizativo para el funcionamiento de la JAAR.

Para que el modelo nuevo se formalice y adopte en aquellos acueductos rurales donde sea oportuno implementar, debe someterse al MINSA una propuesta para su aprobación dado que es el ente fiscalizador de los acueductos rurales del país.

El nuevo modelo de gestión operativa de la JAAR requiere, además, formalizar acuerdos entre dirigencia o autoridades de la comunidad y la población capacitada en el proceso establecido, a fin de mantener el compromiso de difundir y adiestrar a otros en la comunidad con los conocimientos técnicos recibidos para el proceso, sobre el mantenimiento de la planta de producción de la electrólisis y el control de la gestión de la JAAR. Además, difundir entre pares comunitarios el conocimiento, mediante el aprender-haciendo, en comunidades que posean acueductos rurales sin potabilización del agua o de nuevos proyectos a establecer.

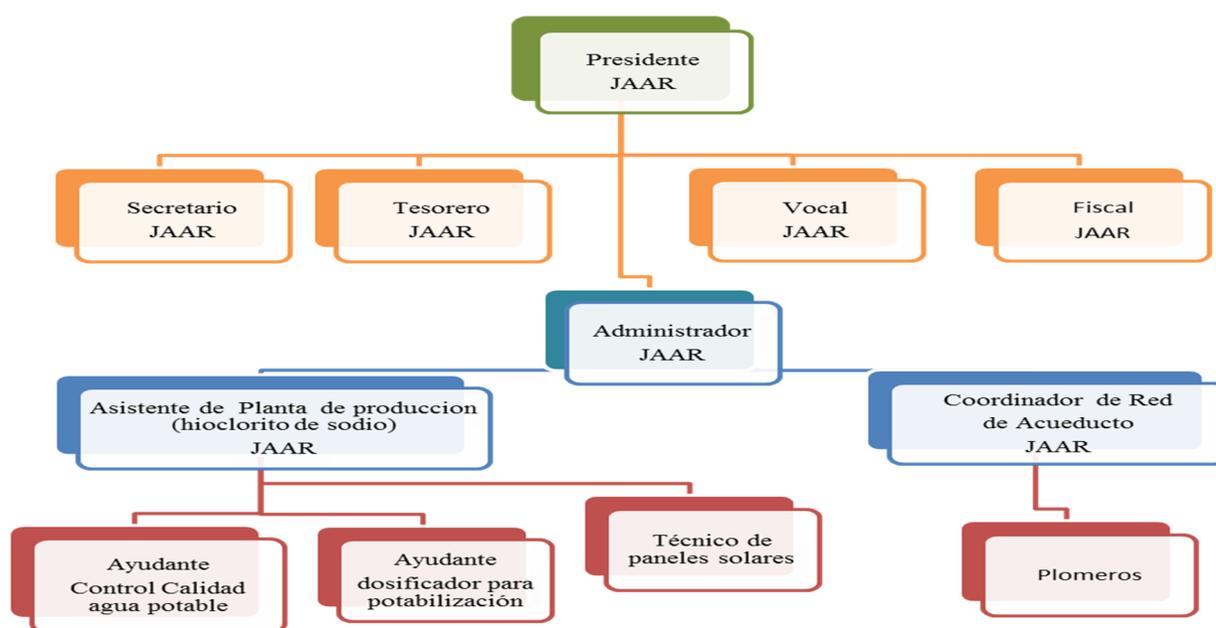


Figura 7. Organigrama de JAAR Ipetí Emberá.

## 5. Conclusiones

1. La inversión en proyectos de acueductos rurales integrando la metodología de la electrólisis de salmuera, permite contar con agua segura para el consumo humano, a bajo costo operativo, de fácil manejo y al alcance de población con pocos conocimientos técnicos.
2. La energía eléctrica generada por paneles solares permite que el proceso no genere costos a sufragar en forma efectiva por la JAAR, en comparación con el uso de la energía eléctrica

convencional. Por lo cual, tomando el ciclo de vida máximo de los paneles solares, el modelo permitiría tener un ahorro en costos de energía por 25 años, y considerando que el no realizar el mantenimiento preventivo provoque afectación en el equipo y por ende su vida útil.

3. La instrumentación adherida al proceso permite que este sea automático y que el operador tenga independencia para dedicarse a otras actividades, durante el proceso.

4. Es necesario que la JAAR lleve el control de calidad sugerido para el proceso.
5. Se requiere formalización de acuerdos entre dirigencia o autoridades de la comunidad y población capacitada en el proceso establecido, a fin de mantener el compromiso de difundir y adiestrar a otros en la comunidad con los conocimientos recibidos para el proceso que involucra la gestión de la JAAR.
6. La difusión y transmisión de conocimiento del modelo puede darse entre pares comunitarios, mediante el aprender-haciendo, para comunidades que posean acueductos rurales sin el saneado del agua para el consumo humano, o para nuevos proyectos por establecer.

## 6. Agradecimientos

Se agradece a la comunidad de Ipetí Emberá y sus dirigentes locales, como Regionales, por la oportunidad de difundir y aplicar la tecnología de la electrólisis de salmuera para producción de hipoclorito de sodio, para la potabilización del agua de consumo humano en esta comunidad; lo cual, nos permitió validar la tecnología y demostrar que es sencilla de aplicar, sostenible e innovadora en su proceso, con costos bajos a fin de transferir soluciones prácticas a problemas socioeconómicos en comunidades pobres o marginadas.

A las instituciones que nos permitieron la obtención de datos, el MINSA y facilitarnos los fondos para que el proyecto pudiera ser desarrollado, específicamente, a SENACYT, cumpliendo con el objetivo presentado.

## 7. Referencias

- [1] Ministerio de Salud (MINSA). Decreto 40 del 18 de abril de 1994.
- [2] Ministerio de Salud (MINSA). Resolución No.28 del 31 de enero de 1994.
- [3] Ministerio de Salud (MINSA). Decreto Ejecutivo No.1839 del 5 de diciembre de 2014. Gaceta oficial digital No.27678-A del 11 de diciembre del 2014. Unifica el Decreto 40 y Resolución, dictamina nuevo marco regulatorio de JAAR [Online] [www.asamblea.gob.pa](http://www.asamblea.gob.pa)
- [4] L. M. Tejada Soto. Ministerio de Economía y Finanzas. Atlas Social de Panamá. Desigualdades en el acceso y el uso de Agua potable en Panamá. [Online]. En: [www.mef.gob.pa/es/informes/Paginas/Atlas-Social.aspx](http://www.mef.gob.pa/es/informes/Paginas/Atlas-Social.aspx)
- [5] Ministerio de Salud (MINSA), Alianza por el Agua (Colaboración). Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID – Organismo Financiador). Las Juntas Administradoras de Acueductos Rurales – JAAR. Aportando al Derecho Humano al Agua en Panamá. [www.alianzasporelagua.org/documentos/gestión\\_Comunitaria\\_Agua/Panama.pdf](http://www.alianzasporelagua.org/documentos/gestión_Comunitaria_Agua/Panama.pdf)
- [6] Entrevistas a líderes comunitarios de comunidades vecinas. Años 2011
- [7] N. Barranco Pilides. Investigador – LABAICA – CEI – UTP.
- [8] Guy Howard, Water Engineering and Development Centre, Universidad de Loughborough, RU, y Jamie Bartram, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza WHO/SDE/WSH/03.02 OMS, Ginebra, 2003. La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud. [Online] disponible: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1)
- [9] Ley 72 del 23 de diciembre de 2008. Procedimiento especial para establecer o adjudicar las propiedades del territorio de pueblos indígenas que están fuera de comarcas, en cumplimiento del artículo 127 de la Constitución Política de la República de Panamá.
- [10] M. A., Alvarez Z., Diagnóstico Socioeconómico de la comunidad de Ipetí Emberá. Años 2011 y 2016.
- [11] Enciclopedia Medioambiental. El consumo de agua en porcentajes. Consumo de agua per cápita. [Online] disponible: [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/el-el-consumo-de-agua-en-porcentajes](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-el-consumo-de-agua-en-porcentajes)
- [12] Nene Ruíz. Dirigente de Ipetí Emberá- Entrevista. Año 2016.
- [13] M. A. Alvarez Z., Evaluación del consumo en Hogares del Agua potable producida por el método de electrólisis en Ipetí Emberá. Año 2013.
- [14] L. López Campistrous, F. Monier García, B. Labrada Vázquez. Estudio de la obtención electrolytica “in situ” de disoluciones acuosas de hipoclorito de sodio. Universidad de Oriente. Tecnología Química. Vol XXV, No.2, 2005.
- [15] N. Barranco, P. Martínez y M.A. Alvarez Z., Proyecto de “Introducción de la electrólisis de salmuera para el suministro de agua potable a una población marginada”, financiado bajo el Programa Ciencia contra la Pobreza (CPP 2010) de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT). Coordinado por el Laboratorio de Análisis Industriales y Ciencias Ambientales (LABAICA) del Centro Experimental de Ingeniería (CEI) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).
- [16] M. A. Alvarez Z., Estudio de Factibilidad de la producción de Agua potable utilizando cloro producido mediante la electrólisis de salmuera en Ipetí Emberá. Panamá. Año 2016.
- [17] R. Rojas Vargas, ABES- Associação. de Engenharia Sanitaria e Ambiental, II-73- Celdas electrolíticas para la producción de hipoclorito sodio. XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitaria e Ambiental. e-mail: [cepis@cepia.ops-oms.org](mailto:cepis@cepia.ops-oms.org)
- [18] Ministerio de Comercio e Industrias (MICI) Reglamento técnico DGNTI-COPANIT No.23-395-99.