

# *Dirigiéndonos a una Operación Sustentable y Resiliente en la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico tras el paso del Huracán María*

Carlos M. González Andújar

Maestría en Ingeniería en Ingeniería Civil

Mentor: Christian Villalta Calderón, Ph.D.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y Agrimensura

Universidad Politécnica de Puerto Rico

---

**Abstracto** — Como parte de las lecciones de un desastre natural por Puerto Rico, se comparten las experiencias de operar los diversos y complicados sistemas de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico (AAA), esto para el conocimiento de futuras generaciones y preparar la agencia para operar de manera más confiable, eficiente, sustentable y resiliente.

La AAA se compone de cinco (5) Regiones Operacionales. Estas lecciones se circunscriben a una de ellas. Esta Región comprende 18 pueblos con tres (3) Áreas Operacionales las cuales son: Arecibo, Manatí y Toa Alta, que a su vez se dividen en diferentes pueblos. El Área de Arecibo se compone de: Arecibo, Utuado, Lares, Jayuya, Camuy, Quebradillas y Hatillo, el Área de Manatí se compone de: Manatí, Vega Baja, Morovis, Ciales, Florida y Barceloneta y el Área de Toa Alta se compone de: Toa Alta, Dorado, Naranjito, Corozal y Vega Alta.

**Palabras Claves** —Automatización, Eficiencia, Confiabilidad y Resiliencia.

## INTRODUCCIÓN

La operación de una agencia que se dedica al tratamiento de aguas, tanto para uso potable como residuales en una topografía bastante variada, es de por sí un gran reto. Dicha operación en Puerto Rico es de las más retantes en el mundo. La eficiencia con la que se distribuye el agua en las redes de tuberías de Puerto Rico, sin lugar a duda, es bastante baja. El crecimiento acelerado en las décadas de los 70's a los 90's, sin la debida planificación, ocasionó que dichos sistemas no crecieran de la misma manera y con el diseño requerido por unidad de familia.

La Región Norte es una de las más impactadas en este aspecto, ya que tiene varios pueblos con desarrollos exponenciales, tales como plantas farmacéuticas en municipios como Barceloneta, Manatí, Vega Baja y Dorado. Además, esta región también tiene varios de los pueblos de la montaña y del centro de la isla grande como Ciales, Morovis, Jayuya, Utuado, Lares, Naranjito y Corozal, haciendo de esta región una de las más retantes en cuanto a la producción, distribución y tratamiento de agua.

La producción de agua potable promedio de esta región ronda los 95 a 100 millones de galones diarios (MGD), con unas 29 plantas de filtración y 60 pozos activos al momento de este escrito. Parte de esta agua es distribuida por gravedad y la otra, impartiendo energía a través de unas 125 estaciones de bombeo de agua potable. El tratamiento de agua residual ronda los 20 MGD con 15 plantas de alcantarillado sanitario y más de 140 estaciones de bombeo de aguas sanitarias. Esta región sirve a unas 250,000 cuentas aproximadamente.

## JUSTIFICACIÓN

Debido a la devastación del huracán María en prácticamente todas las facilidades de la AAA, la agencia tiene una gran oportunidad para poner sus sistemas de operación en un mejor estado, de cara al futuro. A través de la realización de diseños nuevos y/o rediseñando facilidades existentes, tomando en cuenta la necesidad por unidad de familia, estudios hidráulicos por sector, proveyendo abastos en lugares estratégicos y combinando sistemas para tener redundancia de servicio (como pozos en reposo “Stand By” para ser operados y/o utilizados cuando sea necesario), la AAA puede tener beneficios

grandes tanto fiscales como de calidad de vida para sus clientes.

Los beneficios de dicha acción pueden repercutir en ahorros energéticos, disminución de pérdida de agua, disminución en producción de agua, entre otros. Esto se puede alcanzar realizando diseños de estaciones de bombas, plantas de filtración, plantas de alcantarillado sanitario y estaciones de bombas de aguas sanitarias mucho más eficientes, confiables y resilientes, lo que mejoraría, en gran manera, la capacidad de responder rápida y eficazmente (ante un nuevo evento atmosférico o terremotos). Por tal razón, en este artículo, se presentarán recomendaciones para poder alcanzar varios objetivos ambiciosos.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto aquí descrito tiene como objetivo identificar y recomendar oportunidades para una operación efectiva, eficiente, confiable y resiliente en la AAA de Puerto Rico con enfoque en la Región Norte, aunque éste puede ser replicado a nivel Isla.

Aprovechando la oportunidad de fondos federales provistos por el *Bipartisan Budget Act of 2018* (BBA, por sus siglas en inglés)[1], (Ley Pública 115-123), producto de los embates provocados por los huracanes Irma y María en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los EE. UU., la ley provee "asistencia para restaurar instalaciones o sistemas dañados por el desastre que brindan los servicios esenciales, y ponerlos al estándar de la industria actual sin tener en cuenta la condición previa al desastre".

La Política de Recuperación del *Federal Emergency Management Agency* (FEMA, por sus siglas en inglés) o FEMA FP-104-009-5, proporciona un mecanismo para que el BBA pueda ser implementado. La *Robert T. Stafford Disaster Relief And Emergency Assistance Act*, sección 406[2] de FEMA provee asistencia específicamente para sistemas críticos durante el desastre, pero éste BBA brinda a FEMA una mayor flexibilidad para proveer asistencia de reparación en la Sección 406 de la Ley Stafford cuando la infraestructura que

brinda servicios críticos se encontraba en mal estado antes del desastre.

El 30 de octubre de 2017 el Gobierno de Puerto Rico eligió participar en el procedimiento alternativo para todos los fondos de grandes proyectos de las Categorías C a la G de Asistencia Pública ("Public Assistance" PA), de conformidad con la sección 428 de la Ley Stafford, para trabajos permanentes después del Huracán María. Este procedimiento es el *Public Assistance Alternative Procedures (Section 428), Guide for Permanent Work* (FEMA-4339-DR-PR) [3]. Este programa representa la opción seleccionada por el Gobierno de Puerto Rico para el desembolso de la ayuda para trabajos permanentes después del desastre.

Actualmente el presidente de los Estados Unidos de América ha aprobado alrededor de 42 billones de dólares en estas secciones federales, a través de FEMA, para la recuperación de Puerto Rico tras el desastre.

La AAA, en general, puede recibir los fondos que le apliquen si realiza las propuestas necesarias ante FEMA y demuestra los daños ocurridos durante ambos huracanes a sus facilidades. En dichas propuestas puede incluir la mitigación para responder a una situación futura.

En la Región Norte de la AAA ocurrieron unas 372 emergencias registradas en sus facilidades, convirtiéndola en la región operacional más afectada. Estas emergencias suman alrededor de \$19.2 millones (en este número no se incorporaron los datos de gastos en acarreo de agua ni compra de diésel para mantener los generadores operando durante y después del desastre), véase Tabla 1.

Estos gastos fueron incurridos solo para poder poner en operación las facilidades afectadas y no para mejorar o mitigar el servicio o la infraestructura de éstas, dejándolas sumamente vulnerables a eventos futuros de igual o mayor magnitud. Aquí es donde entran las ayudas en fondos federales a través de FEMA.

La Autoridad debe enfocarse en realizar mejoras sustanciales en su infraestructura para la automatización de sus facilidades y procesos. Las mejoras deben ser enfocadas en las siguientes áreas

1. Automatización de procesos
  - a. Plantas de Filtración
  - b. Plantas de Alcantarillado Sanitarias
2. Visualización y Control Remoto de Estaciones de agua potable (EB), Estaciones de alcantarillados (EBAS) y tanques (TK)
  - a. “On/OFF” de equipos
  - b. Visualización de niveles en tanques
  - c. Sensores de presión en puntos estratégicos de las redes de distribución
3. Optimización de Recursos
  - a. Humanos
  - b. Extracción y distribución de Agua
4. Eficiencia Energética
  - a. Operación Más Eficiente con equipos de nueva tecnología
  - b. Optimización y/o rediseño de sistemas actuales.

## METODOLOGÍA

En este artículo se buscan alternativas y recomiendan acciones para poder alcanzar y/o facilitar la implementación de los cuatro (4) objetivos que se mencionan anteriormente.

Aprovechando las ayudas federales aprobadas en las secciones 406 y 428 de FEMA, la AAA puede financiar, justamente, dichas mejoras y añadir métodos de mitigación, realizando diseños a sus sistemas que añadan confiabilidad, resiliencia y optimización.

### Automatización de Procesos

Actualmente los procesos para la filtración convencional de agua superficial a potable son, en su gran mayoría, manuales. Para mejorar el proceso y la eficiencia, la AAA tiene que automatizar gran parte de su proceso.

### Procesos en Sistemas de Plantas de Filtración (PF) de Agua Potable

Primero, la AAA debe comenzar con la automatización, utilizando avances tecnológicos nuevos en sus sistemas de tratamiento de agua potable para todas sus plantas. Esta transformación debe comenzar en sus sistemas de recolección y/o tomas de aguas crudas.

Para poder monitorear y controlar el flujo de entrada de aguas a la planta de filtración, debe instalar variadores de frecuencia (VFD) en bombas de represas y bombeos de relevos (donde aplique) de aguas crudas. De igual forma, puede seguir los siguientes pasos del proceso para poder optimizar la entrada de aguas:

- a) Inyección de químicos por flujo y no por operación manual.
  - Esto resultaría en un consumo de químicos más eficiente y efectivo, causando ahorros en dicho renglón.
- b) Lavados de filtros por diferencial de presión de forma automática.
  - Se evita el sobreuso de agua ya procesada para este proceso.

**Tabla 1 (6 de 372)**  
**Emergencias Atendidas por la Región Norte**

Número	Descripción	Total
AAA-331-074-2017	APOYO A OPERACIONES EN OBRAS DE CONSTRUCCION EN TODAS SUS ETAPAS PARA LA RESTAURACION DE LA INFRAESTRUCTURA DAÑADA O DESTRUIDA POR EL HURACAN MARIA EN LA REGION NORTE (PUENTE UTUADO, TRONCAL UTUADO, PAS DORADO, LINEA POTABLE LA VIRGENCITA, PF MOROVIS SUR)	\$1,000,000
RN-331-161-2017	INSTALACION DE PROTECCION A TUBERIA DE 30" CRUCE RIO EN PUENTE PR 22-ARECIBO	\$97,750
RN-331-221-2017	TRABAJOS EN TUBERIA DE 10" EBAS DOS RIOS HACIA PAS CIALES	\$297,500
RN-331-17-2017	REP. TECHO OFICINAS CENTRO DE OPERACIONES ARECIBO	\$296,400
RN-331-185-2017	TRABAJOS TUB. SANITARIA BO. CIBUCO COROZAL	\$295,100
RN-331-252-2017	TRABAJOS EN PF ESPINO LARES, FIJAR TAPA HORMIGON, FIJAR TAPA MH2, RELLENAR AREA ALREDEDOR MH2, LIMPIEZA DE VERJA Y PERIMETRO Y PARCELA, SACAR FILTRACION DE MH DE DESCARGAS, CORRIGIR UNION DE TUBERIA DETRAS DE FILTRO, CORREGIR FILTRACION DE TECHO, SELLAR, CONSTRUIR MURO DE RETENCION, CONSTRUCCION DE ESCARCHADO.	\$295,000

- c) Instrumentos para el monitoreo continuo de pH, turbidez y concentración de cloro de salida.
- Con esto se mantendrían expedientes actualizados y fácil de conseguir para agencias reguladoras como el Departamento de Salud (DS), *Environmental and Protection Agency* (EPA), entre otras.
- d) Instalación de sensores de niveles electrónicos en los tanques de distribución de agua potable.
- Esto ayudaría en un mejor manejo en la operación de las bombas de aguas crudas. Cuando el tanque este lleno, se puede apagar automáticamente.



**Figura 1**  
Ilustración de las tres (3) PF de Arcicibo y la Localización Propuesta de la Nueva PF

- e) Automatización y redundancia en sistemas de manejo de lodos como filtroprensa y lechos de secados.
- Esto haría la planta más resiliente, ya que no detendría su proceso por falta de desechar lodos, lo que es una situación recurrente en la actualidad.
- f) Generador de emergencia con capacidad adecuada, incluyendo la toma de aguas crudas y bombeo de relevos (donde aplique), para operar toda la facilidad.
- Actualmente existen facilidades con generadores que se instalaron en un momento dado y la planta de filtración fue ampliada, pero no se tomó en cuenta el generador, por lo que dicha facilidad no puede ser operada de forma normal, lo que afecta a sus clientes.

- En otras facilidades, la toma de aguas crudas no tiene generador de emergencia ocasionando que la planta de filtración no pueda operar por falta de entrada de agua.

Teniendo un generador adecuado en el sistema completo (toma, relevo y planta), la operación de dichas facilidades puede verse ininterrumpidas en cualquier evento que impacte el suministro de energía, haciéndolas más confiables y resilientes.

Un proyecto donde se puede aprovechar dicho diseño es en una nueva planta de filtración de aguas crudas en Arcicibo. La nueva planta de filtración “PF Arcicibo Urbana Nueva” tiene la capacidad de filtrar unos 10 a 15 MGD provenientes del Río Tanamá de Arcicibo. Realizando esto, la nueva PF es capaz de capturar y suplir las áreas de servicio de por lo menos tres plantas de filtración del Área Operacional de Arcicibo que son: PF Arcicibo Urbano (actual), PF Río Arriba y PF Esperanza; esto a su vez tiene la capacidad de reforzar al Súper Acueductos del Norte en varios sectores de los pueblos de Hatillo y Camuy, haciendo éste un sistema resiliente y con resguardo de fuentes. Véase Figura 1.

### **Procesos en Sistemas de Plantas de Alcantarillado Sanitario (PAS)**

Al igual que en las PF de agua potable, las PAS deben comenzar la automatización de sus sistemas de tratamiento instalando bombas con VFD para sus procesos e incluyendo el sistema de aire para controlar la aireación. Actualmente se utilizan compresores de aire de una capacidad mayor a la necesaria, redundando en gasto energético sustancial y baja eficiencia operacional.

Las PAS necesitan sistema redundante para manejo de lodos. En la actualidad recurren a alquileres de filtroprensa y acarreo que fluctúan entre \$10,000 a \$20,000 mensuales por unidad, cantidad que no se presupuesta en la AAA.

En cuanto a los sistemas de desarenador automático, los existentes son tipo cámara de retención para bajar velocidad y que la arena precipite para luego, de cierto tiempo (el cual es según experiencia y no diseñado), realizar limpieza

del poceto (“pit”). Esto ocasiona una deficiencia en la operación y en muchas de ellas no hay ningún sistema para extraer la arena. Esto ocasiona una abrasión excesiva en los impulsores (“impellers”) de las bombas en los procesos subsiguientes. Igualmente causa una gran disminución de su vida útil, por lo que se cambian continuamente, resultando en un gasto excesivo en equipo, personal de mantenimiento y una operación sumamente ineficiente.

Los generadores de emergencia con capacidad adecuada para operar toda la facilidad, incluyendo reserva de combustible para estar preparados en situaciones mayores a tres semanas, debe considerarse la nueva tendencia de “microgrid” para así poder cogenerar en ciertas áreas, según se realice el análisis y/o diseño. Una de las plantas a considerar sería la Planta de Alcantarillado Sanitario (PAS) de Barceloneta. Esta PAS tiene amplio margen para construcción, ya que está en la costa y existen varias unidades multifamiliares que se beneficiarían con dicha cogeneración.

Un proyecto donde se puede aprovechar dicho diseño es en la consolidación de las siguientes plantas: PAS Dorado, PAS Toa Alta, PAS Vega Alta, PAS Vega Baja, PAS Camuy y PAS Arecibo (Islote), todos dirigidos a PAS Barceloneta.

Estas PAS (a excepción de Barceloneta) serían nuevas Estaciones de Bombas de Aguas Sanitarias (EBAS) utilizando diseños con lo más reciente en tecnología que incluiría el control y visualización remota, motores y bombas eficientes, y de menos consumo energético, en adición a la redundancia necesaria con generador de emergencia adecuado para su nueva función. Este proyecto incluiría la instalación de millas de tubería sanitaria de diámetro mayor a 60” lo que daría a escoger nuevas tendencias de tubería sanitaria en plástico que también son de tipo estructural como anteriormente se utilizaban las tuberías de hormigón.

Este proyecto tan ambicioso puede servir como punta de lanza para uno con tecnología del nuevo milenio, creando una mega planta de alcantarillado sanitario en Barceloneta. Esta mega planta sería capaz de tratar alrededor de 45 a 65 MGD. Además

de utilizar nuevas tecnologías en procesos de tratamiento de aguas residuales, se puede ir más allá e incluir sistema de proceso terciario para reúso y/o distribución de agua potable, utilizar inyección de lodo para hacer gas metano y crear un Micro Grid o Co-Generación Eléctrica y así tener la Primera PAS autosustentable de Puerto Rico. Ver Figura 2.

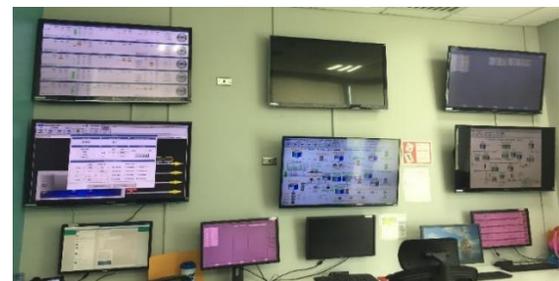


**Figura 2**

**Ilustración de las seis (6) PAS Impactadas para la Mega PAS en Barceloneta**

### **Visualización y Control Remoto de EB, EBAS y Tanques**

En ambas estaciones de bombas, tanto EB como EBAS, la AAA debe instalar, a modo de mitigación, sistemas de monitoreo remoto como telemetría, ya sea con “SIM Card”, SCADA, PREPA-NET, etcétera, para una operación más resiliente, efectiva y confiable. Estas facilidades deben observarse en el Centro de Excelencia Operacional (CEO) de la Región Norte. Ver Figura 3 y Figura 4.



**Figura 3**

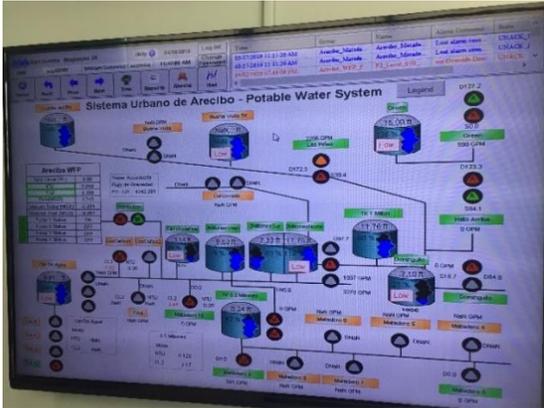
**Ilustración de CEO Región Norte**

Para esto tiene que mejorarse las facilidades instalando ciertos instrumentos tales como:

- a) VFD en todas las bombas para control de flujo, arranque y monitoreo remoto.
  - Realizando esta mitigación, la AAA puede observar qué bomba está operando en cual

estación y poder ser más certeros en estimar clientes afectados, en caso de falla.

- En la de aguas residuales, la AAA puede ser capaz de saber si existe desborde en la estación, dependiendo de la operación de la bomba y nivel del poceto (pit).



**Figura 4**

**Ilustración de Pantalla con Proceso de Planta de Tratamiento Potable Arecibo**

- b) Sensores de nivel en los tanques de agua potable y en los poceto (pit) de las estaciones de aguas residuales.
  - Esta acción redundaría en calidad de servicio, ya que la AAA podría observar el nivel del tanque y reaccionar de antemano en un evento para notificar a sus clientes o evitar que el servicio se interrumpa.
  - La AAA podría recibir una alarma de alto nivel en los pocetos (pits) de las EBAS y así poder notificar al personal responsable para que verifique la estación y evitar o reducir incidencias de desbordes, lo que evitaría multas por la EPA y mejoraría la calidad de los servicios a los ciudadanos.
- c) Paneles inteligentes capaces de informar el estatus de operación de las bombas.
  - Con este equipo, la AAA puede tener una facilidad donde recoja las lecturas de los sensores de nivel, “on/off” de bombas y presión del sistema y transmitirlo al Centro de Excelencia Operacional (CEO) de la Región para su monitoreo y acción correspondiente. Ver Figura 5.



**Figura 5**

**Ilustración de Panel Inteligente con Tecnología de SIM Card para Estaciones de Bombas EB y EBAS**

- d) Coordinación entre EB y Tanques con los Sensores de nivel y los paneles inteligentes.
  - Con esta mejora, las EB serían capaces de apagar y encender automáticamente viendo el nivel del tanque receptor, ocasionando un servicio confiable y una operación eficiente, ya que el sistema de redes siempre estaría con agua. Actualmente se trata de alcanzar esta acción por medio de diferencial de presión con instrumentos análogos, siendo estos muy imprecisos y con un alto nivel de incertidumbre. Esto ocasiona roturas recurrentes, ya que la bomba, en muchas ocasiones, se mantiene encendida con el tanque lleno, creando altas presiones en el sistema de distribución.
- e) Instalar sensores de presión en puntos estratégicos de las redes de distribución de agua.
  - Realizando esto, la AAA tendría la capacidad de saber qué sector tiene altas presiones y cuáles tienen bajas presiones. Tan pronto la AAA pueda controlar eficientemente su red de distribución, entonces el servicio de agua potable a sus clientes va a ser verdaderamente eficiente y confiable, ya que habría sustancialmente menos roturas por altas presiones y a la red ser monitoreada, sabrían dónde está la situación.

Esto además de ser una operación de bombeo eficiente, reduciría las roturas en las redes de

distribución y reduciría el consumo energético, lo que redundaría en una utilización del personal que está en terreno ágil y efectivo, ya que sería enviado directamente a verificar la estación que indique falla en vez de tener una ruta diaria para verificar todas las facilidades.

Esta iniciativa se está implementando poco a poco comenzando con sistema autosustentable de nivel de tanques. Ver Figura 6.



**Figura 6**

**Ilustración de Sensor de Nivel Autosuficiente con Tecnología Solar y Sistema de SIM Card para Tanques y "Pits"**

### **Optimización de Recursos**

#### **a) Recursos Humanos**

- No es un secreto que Puerto Rico está pasando por una situación difícil y de retos laborales para los trabajadores. El caso de la AAA no es distinto. Realizando y aprovechando dichas recomendaciones, la AAA puede utilizar los recursos humanos que tiene de una manera más eficiente y efectiva. A continuación, se reseñan varias alternativas viables para la utilización de dicho talento.
- i. Una vez se realicen las optimizaciones de sistemas y se puedan cerrar plantas de filtración de agua potable y/o alcantarillados sanitarios, esos empleados serían utilizados en otras plantas donde exista falta de personal y así bajar las horas extras incurridas en cubrir turnos.
- ii. Otra alternativa sería utilizar el personal excedente en otros puestos vacantes

como celadores de pozos, ya que tienen licencia de operadores de agua potable y las nuevas regulaciones exigen que los celadores de pozos tengan licencia de operadores, al menos categoría 1, ya que en dichos sistemas se inyecta cloro.

- iii. También existe la oportunidad de desarrollo, ya que varios de los operadores continúan superándose académicamente y pueden cualificar para otros puestos que sean de su interés, si los mismos están disponibles.

Estas opciones redundarían en eficiencia operacional y financiera porque se estaría utilizando el personal existente ya adiestrado y preparado en puestos vacantes y necesarios por la Agencia.

La Agencia no tendría que despedir y/o suspender empleados, por lo que el impacto en salud fiscal y percepción pública sería positivo.

Un ejemplo de esto se encuentra en la PF Vega Baja Urbana (La Trocha), la cual fue devastada por el paso del Huracán María, inundándose en su totalidad. Se realizó un estudio financiero para poder ponerla en operación versus utilizar el Súper Acueductos del Norte (SAN) para suplir esta área de servicio. El resultado de dicha evaluación fue que las reparaciones y equipo necesario para poner a operar esta planta eran superiores al utilizar el SAN. Se realizó la conexión al SAN teniendo un ahorro financiero extraordinario y los empleados de dicha facilidad fueron utilizados en otras plantas del Área Operacional de Manatí que tenían escasez de personal y en rutas de pozos como celadores, donde solo había un empleado para más de 15 pozos. Ejemplos como este son los que se persiguen para la AAA del futuro.

#### **b) Recursos de Agua**

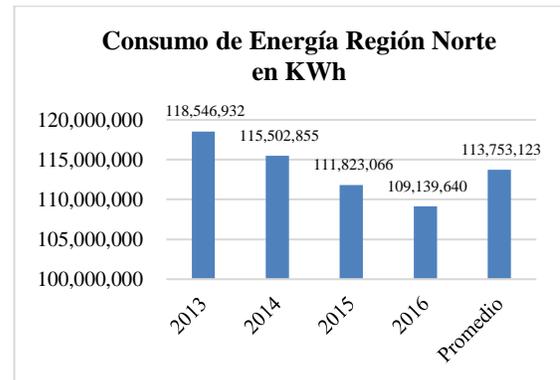
- Una de las metas para la propia conservación del recurso natural de agua es la reducción de su extracción, tanto en aguas superficiales (Ríos y/o Embalses) como en acuíferos subterráneos. Es de conocimiento mundial que el agua fresca para procesar agua potable es menos del 2%

y que, por tal motivo, se necesita proteger dicho recurso. Para esto se recomienda lo siguiente:

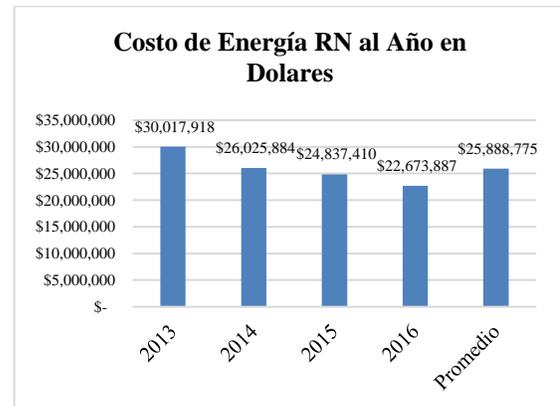
- i. Diseñar y/o rediseñar las bombas de extracción de agua cruda para que no exceda el rendimiento seguro del cuerpo de agua o lago. En el caso donde ya no sea posible alcanzar este parámetro, realizarlo por unidades de viviendas.
  - ii. Instalar VFD para control de flujo en la entrada de la Planta de Filtración, tal y como se menciona en el Objetivo 1.
  - iii. Realizar estudios para llevar las Plantas de Alcantarillado Sanitario a sistemas de tratamiento terciarios y de esa manera, tener la oportunidad de convertirla en agua potable.
- Una de las situaciones más mencionadas de la Agencia es que ésta pierde un 60% del agua que produce o, dicho de otra manera, un 60% de agua no facturada. Esto se debe, en gran manera, a las lecturas de los medidores existentes, los cuales son y tienen una tecnología obsoleta. Para mejorar dicha medición, se necesitaría lo siguiente:
    - i. Medición remota en Plantas de Filtración y Pozos con sistema de calibraciones frecuentes para evitar la recolección de data manual en equipos obsoletos y/o dañados.
    - ii. Lectura remota con metros inteligentes en rango residencial y comercial. Esto también evita o mejora la lectura manual análoga.
    - iii. Ajustes operacionales en sistemas para poder bajar sustancialmente los desagües y los tiempos de estos. Actualmente este es una de las situaciones donde no se contabiliza el agua, siendo un proceso legítimo para asegurar la calidad del agua.
    - iv. Contabilizar el caudal utilizado en los lavados de filtros de la Plantas de Filtración de agua.

## Eficiencia Energética

La Oficina de Energía lleva a cabo la facturación y el consumo eléctrico de la Región Norte y ésta tiene un promedio anual de consumo energético de 113.7 Millones de KW/h (promedio de los años 2013 al 2016). Refiérase a la Gráfica 1. El costo promedio de este consumo energético es de aproximadamente \$25.9 millones de dólares anuales. Refiérase a la Gráfica 2. Esto representa un gasto del 25% del presupuesto operacional de dicha Región.



**Gráfica 1**  
Consumo Energético Región Norte 2013-2016



**Gráfica 2**  
Costo Energético Región Norte 2013-2016

Cabe señalar que la Junta de Control Fiscal para el Gobierno de Puerto Rico exigió un recorte en el gasto energético para los próximos años. Esta reducción es de 0.5% para el año fiscal 2019-2020.

Actualmente la AAA en general ha tratado de bajar su consumo energético con muy poco éxito. Para poder garantizar dicha reducción, la AAA tiene que invertir en sistemas más eficientes y de nueva tecnología como se recomendó anteriormente.

Una de las alternativas viables que tiene la AAA es la utilización de las Hidroeléctricas de Dos Bocas y Caonillas. Estas hidroeléctricas son capaces de producir unos 72 Millones de KW/h al año, según datos recogidos antes del Huracán María y sin realizar mejoras en dichas hidroeléctricas. Con las mejoras, llegaría a 90 Millones de KW/h al año, según estudios realizados en el Task 500 [4].

La AAA puede vender esta cantidad de energía a la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) al mismo precio que la compra. Esta generación hidroeléctrica representa un 63% de la energía utilizada en la Región Norte. De la AAA poder vender esta energía a la AEE tendría unos ahorros estimados de alrededor de \$15.54 millones de dólares, lo cual sufragaría aproximadamente el 60% de su consumo energético anual (esto no incluye el mantenimiento a los embalses e hidroeléctricas).

Estudios relacionados a esta iniciativa de Hidroeléctricas para AAA fueron realizados entre 2013 y el 2015 por las compañías Black & Veatch y CSA Group (Custodio Suárez y Asociados) [4-5]. Los resultados de dichos estudios respaldaban la teoría de generación hidroeléctrica para AAA. Para ese entonces no había que invertir mucho capital para poner en óptimas condiciones ambas hidroeléctricas. Actualmente, se debe visitar el proyecto para realizar un nuevo “assessment” tras el paso del Huracán María por PR. Este “assessment” se puede financiar con los fondos de FEMA, tanto bajo la sección 406 y la de mitigación.

Otra alternativa es realizar optimizaciones en los sistemas donde se utiliza mayor consumo energético como EB, EBAS, PAS, PF y RE existentes. Esto se logra creando una operación propiamente diseñada con sectorización de servicio, cálculo de población y tecnología de visualización y monitoreo de procesos como se mencionó anteriormente dentro de las recomendaciones explicadas en el objetivo 2.

## **RECOMENDACIONES**

En estos momentos, la AAA está ejecutando las visitas a sus facilidades con FEMA para realizar los

“Damages Descriptions & Dimensions”, mejor conocidos como DDD relacionados a los Huracanes Irma y María. En estas visitas participa el grupo de Mitigación de FEMA. Estos son el equipo especializado que se encarga de documentar las mejoras necesarias en estas facilidades, según informe el solicitante. De esta manera, en un evento de emergencia nacional como el ocurrido en el Huracán María, dichas facilidades puedan resistirlo y/o ponerse en servicio mucho más rápido además de operar de forma más eficiente, confiable y resiliente, proveyendo un servicio a la ciudadanía mucho más eficaz y digno.

Es en este aspecto donde la AAA debe tomar ventaja y aprovechar tan importante y prácticamente única oportunidad para establecerse como una agencia eficiente, confiable y resiliente como tanto se desea.

Realizando estos cuatro objetivos que se presentaron, la AAA podrá visualizar, no solo algunas de sus operaciones si no toda su operación e inclusive operar de forma remota en casos donde lo amerite.

Los resultados de incorporar estas iniciativas son todos beneficiosos tanto para la Agencia como para la calidad de vida del ciudadano en general. No se puede decir que las recomendaciones y/o alternativas discutidas en este artículo son del todo viables económicamente, ya que gracias a los fondos federales asignados por Estados Unidos a través de FEMA, estos proyectos son totalmente alcanzables.

Imagínese una Agencia de servicio público en donde le informen de manera rápida y precisa dónde tienen salideros, si su sector está sin servicio por problemas con la EB y ya enviaron personal para reparar, cuando está reparada la situación y cuando pronto tendrá el servicio nuevamente. Este debe ser la calidad de servicio y la operación de una agencia gubernamental de alto nivel y proveedora de un servicio esencial, según se merece el país. Es lo que se pretende al realizar dichas mejoras en el sistema operacional de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA).

## REFERENCIAS

- [1] U.S. Government Publishing Office. (2018, Jan. 3). “Bipartisan Budget Act of 2018 (Public Law 115-123),” in *U.S. Government Publishing Office* [Online]. Available: <https://www.congress.gov/115/bills/hr1892/BILLS-115hr1892enr.pdf>. [Accessed: April 17, 2019].
- [2] Office of the Legislative Counsel. (2018, Oct. 5). “Robert T. Stafford Disaster Relief and Emergency Assistance Act (Sec 406),” in *U.S. House of Representatives* [Online]. Available: <https://legcounsel.house.gov/Comps/Robert%20T.%20Stafford%20Disaster%20Relief%20And%20Emergency%20Assistance%20Act.pdf>. [Accessed: April 17, 2019].
- [3] Federal Emergency Management Agency. (2018, Apr.). “Public Assistant Alternative Guide (Section 428): Guide for Permanent Work,” in *U.S. Department of Homeland Security* [Online]. Available: [https://www.fema.gov/media-library-data/1523467277868-423e60bf78e15a875fce365dbcd69389/PR\\_PAAP\\_Guide\\_4-6-2018\\_508\\_FINAL.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/1523467277868-423e60bf78e15a875fce365dbcd69389/PR_PAAP_Guide_4-6-2018_508_FINAL.pdf). [Accessed: April 17, 2019].
- [4] PRASA-CSA Group, “Task 500 Final Report Dos Bocas-Caonillas Hydroelectric System Evaluation, Technical Memorandum – Development of Reservoir Operational Curves,” in *PRASA-CSA Group*, July 2013.
- [5] CSA Group-Black & Veatch, “Task 700 Implementation Plan: Final Technical Memorandum - PRASA Hydroelectric System Evaluation, Project 177668,” in *CSA Group-Black & Veatch*, Jan. 2014.