



UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO - RECINTO DE RÍO PIEDRAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES



# Análisis de franquicias con requerimientos ambientales

---

## Requerimiento de flujos mínimos



Este trabajo consiste en el análisis de distintas franquicias de agua y en la inspección de las tomas de agua asociadas a éstas, que son administradas por la AAA, que tienen requerimientos ambientales.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	3
¿Qué es Caudal Ecológico?.....	4
Importancia del Caudal Ecológico .....	5
Metodología .....	6
Implantación por parte del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales .....	7
Tomas Visitadas.....	8
Toma del Super-Acueducto del Norte .....	9
Toma del Río Fajardo .....	13
Toma del Río Culebrinas .....	17
Toma del Municipio Autónomo de Carolina .....	20
Camisilla del colector .....	22
Toma del Río Grande de Añasco .....	23
Toma del Río Canóvanas .....	26
Toma Río Canovanillas.....	31
Toma Río Cañas.....	35
Toma Río Blanco.....	38
Toma La Virgencita .....	41
Conclusiones .....	44

## Introducción



En Puerto Rico existen 224 ríos y 553 quebradas con nombres. Estos ríos satisfacen diversas necesidades de unas 3.7 millones de personas (Censo 2010) como lo es la recreación, alimentación y fuente de agua potable. Es por esto, que la protección y conservación de los mismos es importante para que las generaciones futuras puedan disfrutar de los beneficios de este recurso natural. El gobierno y la ciudadanía en general son las encargadas de la protección de este ecosistema, pero son las agencias encargadas de la protección ambiental en Puerto Rico como el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) el encargado principal de velar por el recurso y hacer valer las leyes que protegen el mismo. La relevancia de este recurso es tal que la mereció la adopción de la Ley de Aguas Número 136 del 3 de junio de 1976 (Ley de Aguas), la cual establece mantener el grado de pureza de las aguas de Puerto Rico que requiera el bienestar, la seguridad y el desarrollo del país, para así asegurar el abasto de aguas para las generaciones puertorriqueñas presentes y futuras mediante el establecimiento de áreas de reserva de aguas y aprovechar las aguas y cuerpos de agua de Puerto Rico con arreglo al interés público y a criterios de uso óptimo, beneficioso y razonable. Esta ley ordena al DRNA administrar el recurso tomando en consideración el ciclo hidrológico y la protección de los biomas existentes en el sistema natural. El Plan Integral de Recursos de Aguas de Puerto Rico (PIRA) describe las condiciones de las aguas en Puerto Rico y como la construcción de tomas de agua afectan el cuerpo de agua. El manejo inapropiado del recurso agua, a pesar de ser considerado un recurso renovable puede reducir la cantidad disponible y utilizable del recurso. De igual forma, la contaminación irreversible del recurso puede convertirlo en uno agotable. Es por ello que la disponibilidad, calidad y manejo adecuado del recurso representa un gran desafío para Puerto Rico y la mayor parte del mundo. Por tanto, una isla tropical relativamente pequeña en la cual la planificación del uso del terreno es deficiente y un alza en la población en los últimos 50 años desproporcional al espacio geográfico que posee Puerto Rico, como país, enfrenta un problema de sustentabilidad que va en aumento. El incremento demográfico que hemos experimentado en las últimas décadas, ha provocado un aumento en la demanda por combustible fósil para la generación de electricidad, el acaparamiento por unos pocos terrenos para proyectos de baja densidad y un aumento en el consumo de agua.

Por consiguiente, debido a esta alza demográfica, las demandas sobre los recursos naturales es mayor cada día. Estas demandas conllevan mayor generación de electricidad, mayor uso del suelo para expansión urbana y mayor uso del líquido que nos mantiene vivos el agua. La Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA), fundada en 1945 bajo la Ley Número 40, tiene la misión de distribuir agua potable a toda la población del País. Por ende, la AAA es responsable de llevar agua en óptimas condiciones a cada hogar en la isla, y de paso, proteger dicho recurso debido a que es la fuente principal (materia prima) de dicha corporación. La AAA desarrolla infraestructura para poder satisfacer la demanda de agua potable, siendo los ríos su

principal fuente para satisfacer las necesidades de la población. Los ríos son la principal pieza para el funcionamiento de esta agencia y, por tanto, es indispensable proteger dicho recurso para así obtener los beneficios brindados y sacarle el mayor provecho a este ecosistema.

El ecosistema de los ríos en las islas tropicales cuenta con una biota enriquecedora la cual se manifiesta desde el nacimiento del río hasta la desembocadura en los llanos aluviales (March, Benstead, Pringle y Scatena, 2003). De ahí parte la premisa de comprender cómo esa biota perteneciente al ecosistema de los ríos subsiste, ya que la biota de las islas tropicales es migratoria y necesitan completar su ciclo de vida recorriendo el río desde su nacimiento hasta su desembocadura. Las tomas de agua actúan como barreras físicas que impiden la migración de fauna a través de todo el río y han mermado las especies de fauna migratoria de los ríos. Además, estas obras afectan la morfología del ecosistema y el balance natural del mismo. Es por esto, que el DRNA como agencia pública que protege del medio ambiente debe desarrollar una metodología y un plan del manejo de los cuerpos de agua en Puerto Rico, para así evitar que el ecosistema se afecte debido a las necesidades básicas que tiene un país para poder desarrollarse.

Es aquí donde se centra la investigación, en comprender y analizar cómo la AAA, mediante su infraestructura, hecha y aprobada por ingenieros, desestabiliza e influyen en los ecosistemas fluviales de la isla para dar su servicio a la ciudadanía. Las infraestructuras hechas por la agencia gubernamental en su mayoría están construidas para el beneficio de dicha agencia, pero muchas de ellas no son ambientalmente amigables para el ecosistema fluvial. Como estudiante de Geografía de la Universidad de Puerto Rico, mi objetivo en esta investigación es básico: verificar si las tomas de agua son construidas tomando en consideración la protección del medio-ambiente y los ecosistemas existentes en la isla. Debido a lo explicado anteriormente se visitaron varias tomas en la isla con el propósito de realizar un informe de las condiciones actuales de las estructuras y si cumplen con las condiciones especiales impuestas en los permisos de franquicia otorgados por el DRNA.

### **¿Qué es Caudal Ecológico?**

El agua es un elemento indispensable para el desarrollo económico y social, y la manera más eficiente de analizar su dinámica y comportamiento es desde la perspectiva de la cuenca. El manejo de las cuencas hidrográficas debe ser prioridad para cualquier país ya que los ecosistemas fluviales son la fuente de los servicios que garantizan el desarrollo sustentable de un país. El caudal ecológico, según se define en muchos países latinoamericanos, es el flujo de agua requerido para mantener los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad. Esto se alcanza cuando se establecen límites de extracción que respetan la renovación anual del agua. En la Primera Conferencia de Flujos Ambientales celebrada por el DRNA llevada a cabo en mayo del 2008, distintos expertos sobre ecología e hidrología elaboraron una definición clara de



lo que debe ser un caudal ecológico, aplicándolo a la realidad de los ríos de Puerto Rico. Según los expertos la definición lee como sigue *“Un flujo o caudal ecológico es aquel necesario para mantener la integridad, productividad y los servicios de los ecosistemas asociados al agua”.*

Como se puede apreciar, la meta es el uso sostenible del recurso, teniendo en cuenta la consideración de los límites, funcionalidades y equilibrio de los sistemas naturales. Es importante desarrollar, adoptar e implantar como política el caudal ecológico para poder mantener en los ríos de nuestra isla la integridad física del sistema y mantener las especies, la comunidad biológica y procesos ecológicos que ofrece el sistema para la conservación de los cuerpos de agua en Puerto Rico. El tema de caudales ecológicos es uno de las tareas relevantes identificadas en el PIRA. En este Plan, se declara que el mantenimiento de un caudal ecológico es el primer paso a tomar para reconocer que las necesidades de los ecosistemas tienen el mismo grado de importancia que las otras demandas por el uso del agua y la importancia de fortalecer el sistema natural de los cuerpos de agua. Para garantizar esto, es prioritario llevar a cabo estudios en diferentes cuencas del País para determinar la demanda de agua de los sistemas ecológicos y para determinar los indicadores biológicos a utilizar para establecer caudales ecológicos.

Como resultado de la conferencia del 2008 citada, el Departamento elaboró una definición para Puerto Rico con la participación del Comité de Caudales Ecológicos del DRNA compuestos por peritos internos y externos. Esta definición lee como sigue: **Caudal Ecológico:** *“aquel que mantiene las poblaciones de organismos naturales del río en condiciones óptima así como su valor ecológico, tomando en consideración la calidad y el régimen de variación del flujo de agua para mantener los componentes, funciones y procesos de los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad”.*

Este término se establece para garantizar agua para el uso ecológico de ésta, lo que incluye lo siguiente:

1. Proteger los hábitats naturales que cobijan la diversidad de flora y fauna.
2. Mantener la habilidad de los cuerpos de agua para ejercer las funciones ambientales de éstos, como por ejemplo, la dilución de contaminantes.
3. Amortiguar los extremos climatológicos e hídricos.
4. Preservar el paisaje, el valor escénico y recreacional de los cuerpos de agua.

De forma concisa esto es: *“El flujo de agua necesario dentro del cauce para mantener la integridad y diversidad de poblaciones de organismos, funciones ecológicas y otros bienes y servicios ecológicos de los sistemas fluviales. Sus componentes principales son los flujos máximos y mínimos, la duración y el régimen de variación de éstos y la calidad del agua”.*

### **Importancia del Caudal Ecológico**

La adopción y creación de esta definición fue vital para que toda la población, las agencias gubernamentales, desarrolladores y empresas privadas tengan claro las

repercusiones que puede tener sobre el medio ambiente cualquier obra de construcción en cualquier cuerpo de agua en Puerto Rico. Es por esto que la adopción de la definición de Caudal Ecológico por parte del DRNA crea y establece unos parámetros para el manejo y conservación de las cuencas hidrográficas de la isla, debido a que no existía un término que explicara como la extracción de agua en los ríos afectaba dicho ecosistema. Este término establece que existe una relación entre el flujo y el ecosistema y que es necesario un flujo mínimo en el cauce para mantener la integridad del sistema natural. Es por esto que para el DRNA es imprescindible que esta definición se haga valer en todas las cuencas hidrográficas del país debido a que promueve la sostenibilidad de los ecosistemas fluviales lo cual se traduce también en la protección de la biodiversidad, la manutención de los procesos ecológicos, el flujo de nutrientes y mantiene el sistema en balance. Esto a su vez repercute en beneficio para la ciudadanía en general porque mantiene unos parámetros ambientales en pro del ecosistema y así se disfrutase mejor de los servicios del ecosistema como lo es los valores estéticos, la recreación y el mantener el agua pura.

El caudal ecológico es necesario aplicarlo a las cuencas del país y es responsabilidad del DRNA hacer valer el concepto para que el país tenga conocimiento de que la conservación y gestión de la biodiversidad de los ríos es esencial para el bienestar general. Es aquí donde lo social, ecológico y económico es vinculado entre sí, de tal forma que un descuido de los valores ecológicos perjudicaría a lo largo el desarrollo económico y por ende al desarrollo social de Puerto Rico. La implantación del concepto de caudal ecológico pretende primero concientizar a la ciudadanía en general de la importancia de tener un sistema natural en perfecto balance y crear una metodología dirigida a proteger, conservar y manejar los cuerpos de agua en Puerto Rico de manera que se altere lo menos posible el caudal y el flujo natural de dicho recurso. Es por esto, que la creación de una metodología desarrollará unos parámetros para el buen manejo de los cuerpos de agua, desde la determinación e implantación de los flujos mínimos para los cuerpos de agua hasta las áreas favorables para construir tomas de agua en los ríos de Puerto Rico.

### **Metodología**

La metodología utilizada para desarrollar este proyecto incluyó la revisión de expedientes de las franquicias otorgadas por el DRNA que tienen como condición especial el sostener un caudal mínimo en el río aguas abajo de la toma autorizada a la AAA. Como parte de la investigación se visitaron cada una de las tomas y las plantas de filtración asociadas a éstas con el propósito de corroborar que se cumple con la extracción autorizada, la obra (toma) permite pasar el caudal establecido y conocer de primera mano el proceso de potabilización de las aguas de los ríos. Se inspeccionaban las tomas con personal de la AAA para tener un acceso directo a las tomas y a los procesos que se llevan a cabo en las plantas de filtración. Además, se entrevistaba al personal encargado del manejo de las plantas de filtración en cuanto al rendimiento de las tomas y los procesos llevados a cabo. En el campo se tomaban una serie de fotografías al río, la toma y las instalaciones de la planta de filtración. También se levantaban puntos mediante el uso de Sistemas de Posicionamiento Global (*GPS*, con el equipo marca *Trimble Geo Pocket PC 2005 Series*) provisto por el DRNA para

georeferenciar la ubicación de las tomas y plantas de tratamiento. Además, en las Plantas de Filtración se observó el metro de flujo el cual mide la extracción de agua de los ríos en millones de galones por día.

### **Implantación por parte del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales**

Como agencia gubernamental creada en 1973 para la protección y conservación de los recursos naturales del país, el DRNA tiene como objetivo el aplicar el concepto del caudal ecológico. Esto responde al hecho documentado en el PIRA de que en Puerto Rico tenemos los cuerpos de agua sobreexplotados, es decir, se extrae más agua de la que se recarga y por ende están en peligro de agotarse. Implementar conceptos asociados a caudal ecológico, implica controlar la sobreexplotación de las fuentes de agua y su contaminación y por lo tanto es un indicador de su uso sustentable. Es por esto que es obligación del DRNA implantar en todo su rigor el caudal ecológico, ya que bajo la Ley de Aguas de Puerto Rico (Ley Núm.136 de 3 de junio de 1976, según enmendada) incorpora de manera directa e indirecta la necesidad de mantener la integridad de los sistemas y el concepto de caudal como una consideración importante. Además el Reglamento para el aprovechamiento, uso, conservación y administración de las Aguas de Puerto Rico (Reglamento Número 6213) establece en su Artículo 5.5 *“que se considera que emplear el caudal mínimo es necesario para mantener la integridad de los sistemas naturales es un uso beneficioso y razonable”*. Partiendo de esta premisa, el Departamento está obligado a implantar una metodología aplicada a los ríos de Puerto Rico para poder mantener un balance en el sistema y así asegurar la disponibilidad del recurso para las futuras generaciones. Esto tiene gran relevancia ya que estamos ante un recurso esencial para la existencia de los sistemas naturales y sociales de un país, destacando entre estos la población de la nación en cuestión. La implantación del concepto de caudal ecológico debe ser incorporada a cualquier estructura que esté afectando directa o indirectamente el flujo del río, para poder preservar lo más intacto posible la pureza, asegurar el abasto y el aprovechamiento del recurso, siempre con arreglo al interés público y el uso óptimo, beneficioso y razonable del recurso.

# Tomas Visitadas



## Toma del Super-Acueducto del Norte

**Administrador:** Thames Water Puerto Rico Inc./AAA

**Tipo de Toma:** El Proyecto del Superacueducto de la Costa Norte (SACN) está compuesto de los siguientes componentes: (1) laguna de retención de aguas crudas (sin tratar) y la toma de agua cerca de la confluencia del Río Grande de Arecibo y del Río Tanamá; (2) estación de bombeo de aguas crudas hacia la planta al este-sureste de la mencionada laguna; (3) tubería de conducción de aguas crudas que va desde la estación de bombeo hasta la planta de filtración propuesta; (4) planta de filtración en el Barrio Miraflores en Arecibo con una capacidad de producción de 100.0 MGD; (5) tubería de agua potable desde Arecibo hasta la zona este de Bayamón con un total de doce puntos de conexión de servicio; (6) dos tanques de almacenaje de 10.0 MGD cada uno de los cuales están instalados al oeste de la ciudad de Bayamón; y (7) dos líneas de transmisión eléctrica. La laguna de retención se forma mediante el desvío de parte de la corriente de agua del Río Grande de Arecibo a través de un canal que lleva las aguas a ésta mediante un vertedero con una elevación tope de 18.5 pies con relación al nivel promedio del mar y una extensión máxima de 300 pies de longitud. Esta laguna tiene un vertedero de salida que cita aguas abajo de la confluencia entre el río Tanamá y el Grande de Arecibo. Este vertedero de salida tiene un nivel fijo ("fixed weir") sin compuertas y no puede ser utilizado como punto de extracción de aguas. El agua se utiliza para uso doméstico. La laguna de retención tiene una capacidad de almacenaje de 300MGD y ocupa 102 cuerdas de terreno. El tiempo de retención del agua en la laguna es de tres días.

**Horario de Operación:** La toma opera los 365 días al año y las 24 horas del día.

**Caudal autorizado por franquicia:** 100mgd.

**Caudal establecido que tiene que fluir aguas abajo de la toma:** 20mgd.

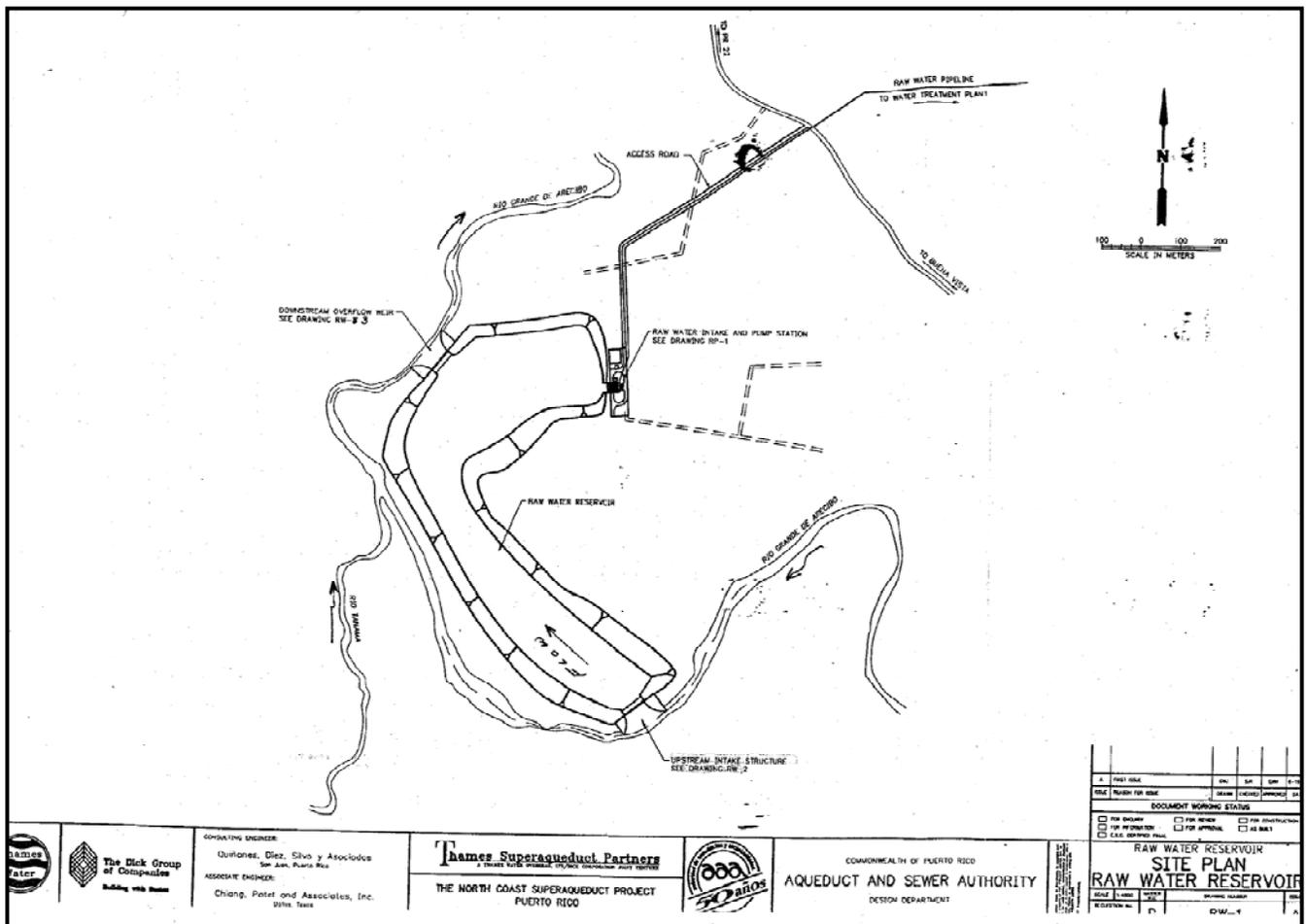
**Fecha de expiración de última franquicia:** 5 de junio de 2016.

**Condiciones de la Toma:** La toma del Superacueducto se encontraba en condiciones excelentes y mostraba un buen mantenimiento. Su construcción es una amigable al ecosistema del río y su diseño es único en la isla, debido a que la extracción de agua se hace a la laguna de retención y no en el cauce del río. La toma de agua tiene una rejilla que impide el paso de basura y otros sedimentos grandes que trae el río. El mantenimiento a la toma es diario. Hay vigilancia mediante personal que visita el área y cámaras de seguridad que operan 24 horas al día. La elevación del vertedor de la entrada de agua a la laguna de retención garantiza los flujos mínimos requeridos por el Departamento.

**Condiciones del Río:** El cauce del río se encontraba en buenas condiciones y no presentaba ninguna anomalía en cuanto a morfología se refiere.

**Observaciones generales de la Toma:** La toma en general se encontraba en buenas condiciones y no presentaba ningún obstáculo para la migración de especies. Su diseño puede considerarse eco-amigable para el sistema del río y su construcción fue

realizada tomando en consideración la geomorfología<sup>1</sup> de la cuenca. También cabe destacar que el mantenimiento que se le da a la planta es notable debido al excelente estado en que se encuentran las instalaciones que administraba la compañía Thames-Dick Superaqueduct Partners Inc. (Thames Water)<sup>2</sup>. Otro aspecto a destacar es que esta compañía rinde los informes de extracción en cumplimiento con las condiciones de la franquicia. La AAA mantiene un acuerdo colaborativo con el Servicio Geológico Federal para la operación continua de la estación de aforo aguas abajo de la toma para asegurar que se cumple con el requerimiento de un caudal igual o superior a 20MGD en el Río Grande de Arecibo.



<sup>1</sup> La laguna de retención mostraba acumulación de sedimento (bancos de arena) que le restan capacidad de volumen y reducen el tiempo de retención. No se ha removido la arena debido a la falta de acción de la AAA que no ha autorizado el que se presente una solicitud de permiso para el dragado.

<sup>2</sup> Efectivo al 19 de julio de 2011 la AAA se haría cargo de la operación del SACN. La experiencia que tuve en las visitas realizadas a las tomas operadas por la AAA me inclinan a pensar que la toma y planta de filtración del SACN dejará de recibir el mantenimiento que amerita el proyecto para mantenerlo en óptimas condiciones. Espero equivocarme.



**Vertedero de entrada a la laguna de retención de la toma del Superacueducto**



**Bancos de arena en la laguna de retención de la toma del Superacueducto**



**Entrada a la toma del Superacueducto**



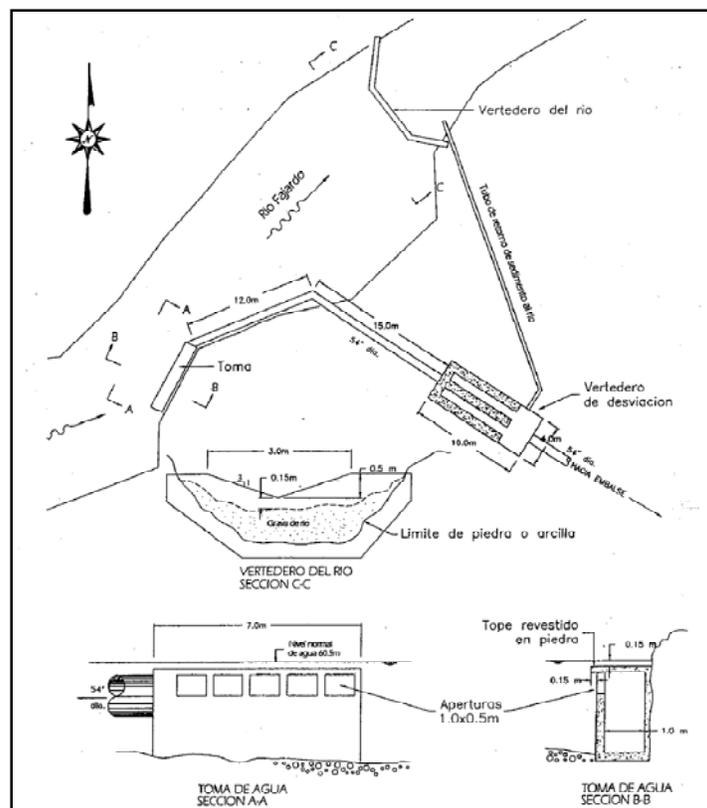
**Toma del Superacueducto**

## Toma del Río Fajardo

**Administrador:** Autoridad de Acueductos y Alcantarillado

**Tipo de Toma:** El Acueducto del Noreste (AN) se abastece de esta toma, la primera en su clase en Puerto Rico. El AN consta de una toma de agua diseñada para extraer agua por gravedad para un caudal de 3mgd de agua cruda. La toma consiste de un vertedor en el cauce del río que permite la formación de un remanso desde donde se alimenta un segundo vertedor que desvía las aguas hacia la línea de transmisión (6.5 km de larga) que alimenta el embalse fuera de cauce formado por una presa en tierra con capacidad para almacenar 6Mm<sup>3</sup> de agua cruda. A través de una estación de bombeo y una línea de transmisión se lleva el agua hasta la Planta de Filtración cercana al embalse. La planta de filtración tiene capacidad para producir 12mgd. El agua es utilizada para uso doméstico. El remanso que forma el primer vertedor mantiene un nivel de agua uniforme en la toma por lo que éste no representa una barrera física a las especies migratorias. El diseño dificulta la entrada de sedimentos al sistema y evita que material flotante entre a los sistemas de la AAA. Contiene además un vertedor de desbordamiento el cual garantiza los flujos mínimos aguas abajo. También contiene otro vertedor de desbordamiento para enviar el agua al embalse a su vez sirve como sedimentador para algunos sedimentos como la arena que pudiesen entrar por la toma en eventos grandes de lluvias. El diseño de la toma mantiene los flujos mínimos requeridos por el DRNA.

Diagrama toma en el río Fajardo que sirve al Acueducto del Noreste



**Horario de Operación:** La toma opera 24 horas al día, 365 días al año.

**Caudal autorizado por franquicia:** 3mgd.

**Caudal establecido que tiene que fluir aguas abajo de la toma:** 2.8mgd.

**Fecha de expiración de última franquicia:** 14 de enero de 2013.

**Condiciones del río:** El río se encontraba en un nivel óptimo de fluidez y presentaba un caudal saludable libre de vegetación y sedimentos.

**Observaciones generales de la toma:** La toma está construida en la orilla de un meandro que recibe la fuerza del agua del río lo que evita la deposición de bancos de arena que puedan obstruir la toma de agua. La toma muestra unas condiciones de mantenimiento óptimas. Las rejillas se encontraban libres de escombros y sedimentos y los vertedores están diseñados para mantener y garantizar un flujo constante aguas abajo de la toma (*flujo mínimo*) para mantener el ecosistema en óptimas condiciones. El diseño de la toma permite el desvío de caudal suficiente para producción y la continuación de caudal aguas abajo para así proteger los componentes complementarios de la toma de la inundabilidad y poder erosivo de las crecidas del cauce natural. Además, la estructura fue diseñada para que no se produjera un obstáculo que impida la emigración de la fauna acuática o generen inundaciones que produzcan daños a vida o propiedad.



Presas en el río Fajardo

Vertedero para flujo "mínimo"





**Entrada de la toma en el río Fajardo**



**Vista de la toma en el río Fajardo**

## Toma del Río Culebrinas

**Administrador:** AAA

**Tipo de Toma:** La toma construida en el Río Culebrinas es para uso doméstico. Esta supe agua para los municipios de Aguada, Moca y Aguadilla. En cuanto a estructura, la toma cuenta con un vertedor ("V-notch") que permite que la estructura cumpla con dejar pasar el caudal que se establezca de forma continua. La toma cuenta con todos los componentes necesarios para que esté en pleno funcionamiento, desde los pozos de succión hasta las válvulas para el control y medidor del caudal desviado. También la toma contiene unas bombas en la entrada de las rejillas que cada 30 minutos expulsa una presión de aire que ayuda a mantenerlas limpias de escombros y sedimentos, lo que hace más accesible la entrada del líquido. La construcción de la toma aprovecha la hidráulica e hidrodinámica del canal natural para evitar la acumulación de sedimentos que afecten o impidan su función. El diseño de la toma mantiene los flujos mínimos requeridos por el DRNA, incluyendo la escalera de peces para la migración de los organismos acuáticos que habitan en este rio.

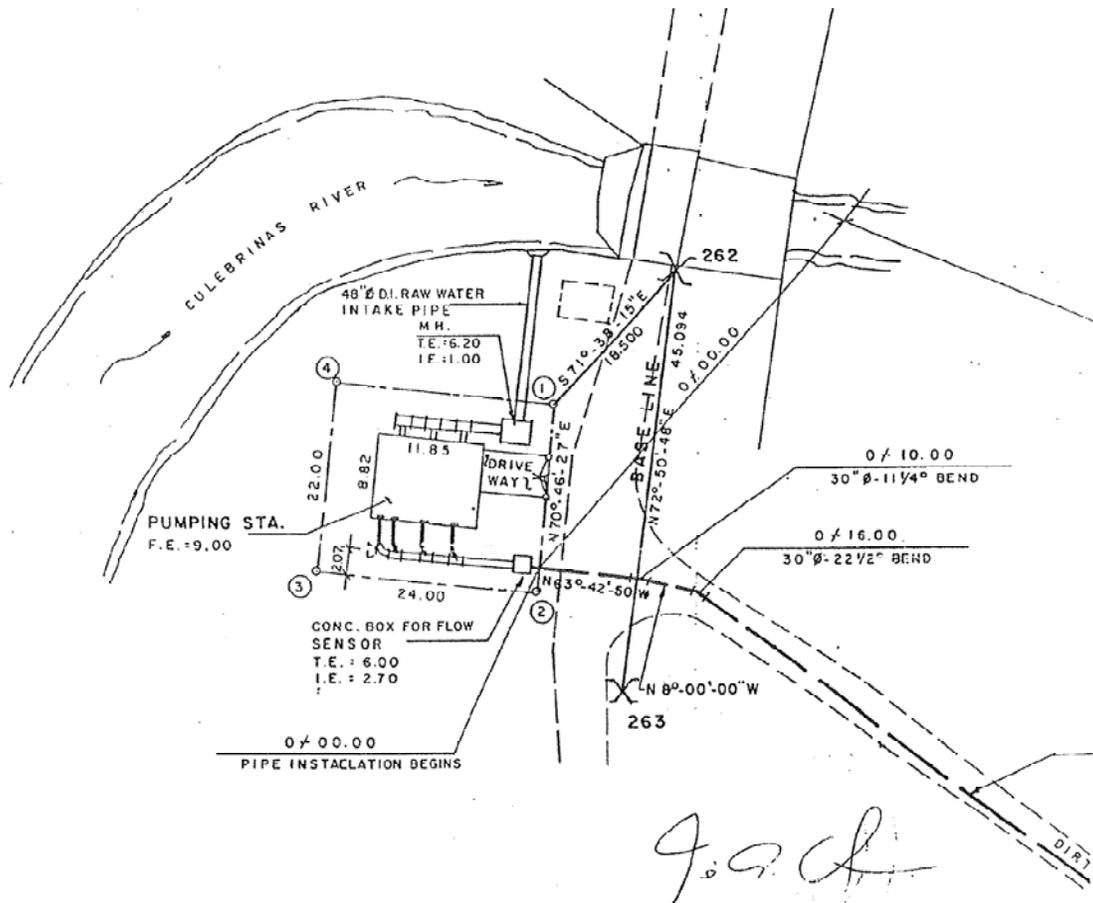


Diagrama de la toma en el río Culebrinas operada por la AAA

**Horario de Operación:** Opera las 24 horas y los 365 días del año.

**Caudal autorizado por franquicia:** 10mgd.

**Caudal establecido que tiene que fluir aguas abajo de la toma:** 17mgd.

**Fecha de expiración de última franquicia:** 22 de octubre de 2003

**Condiciones del río:** El río se encontraba lleno de sedimentos y escombros debido a las lluvias que se habían reportado durante los días previos a la visita. En la charca de retención que forma la toma se observaban escombros como ramas y basura. Luego del vertedor de la toma, el río muestra mucha sedimentación lo que demuestra que río arriba existe deforestación, prácticas agrícolas pobres y desarrollo urbano cerca de la orilla del Río Culebrinas. En cuanto al aspecto alrededor de la toma era uno deplorable, lleno de basura y denota una falta de mantenimiento crasa.

**Observaciones generales de la toma:** La toma del Río Culebrinas contiene una escalera de peces la cual se encontraba físicamente estable, bien construida y a la par con los planos provistos por la AAA y el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. La escalera de peces se encontraba bloqueada por escombros, basura y sedimentos en la entrada y salida de la misma, lo que muestra una falta de mantenimiento de parte de la agencia administradora. Al estar bloqueada por sedimentos se impide la migración de los peces aguas arriba de la toma para poder completar su ciclo de vida. La operación de la toma no muestra compromiso con el ecosistema fluvial debido a que se impide la migración de fauna ribereña aguas arriba de la presa y que ésta cambia el curso de sedimentos del río. Esto se hace obvio luego del vertedor, ya que se acumulan todos los sedimentos en el lecho del río. La franquicia está vencida desde el 2003.

La AAA mantiene acuerdo con el Servicio Geológico Federal para la operación de una estación de flujo aguas abajo de la toma para garantizar un caudal no menor de 17MGD





Vertidor de la toma en río Culebrinas



Escombros en escalera de peces

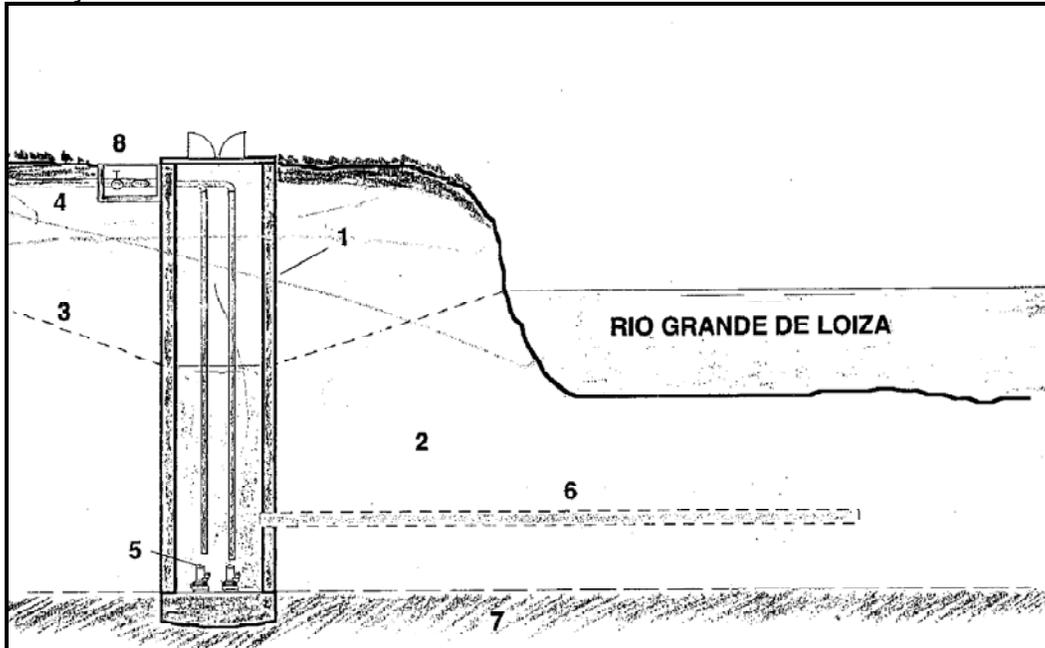


Escombros y basura en escalera de peces

## Toma del Municipio Autónomo de Carolina

**Administrador:** Acueductos Municipales del Municipio de Carolina

**Tipo de Toma:** La toma se localiza en el Río Grande de Loíza. La toma consta de dos colectores horizontales ("Ranney Collectors"). La camisa de los colectores está a unos 50 pies profundidad. Los colectores se encuentran a unos 45 pies bajo el lecho del río. De éstos se extraen 2MGD que son transferidos a la Planta de Filtración del municipio, la cual sirve a unas 35,000 personas de los barrios al sur del Municipio de Carolina. El agua que se extrae de esta toma es para uso domestico, recreativo, industrial y comercial.



**CAROLINA**  
**WATER INTAKE- HORIZONTAL COLLECTOR**

Scale 1: 200

1. Concrete caisson, 50' deep
2. Sand and gravel aquifer
3. Water table, 12' deep approx.
4. 12"Ø raw water main
5. Submersible pumps
6. Radial collectors screens
7. Clay bed
8. Valve box

**Hon. José E. Aponte- Mayor of Carolina**  
**Proponent**

98 MAY 27 A7:42

REGISTRO  
D. R. N. A.  
NEGOCIADO RECURSOS  
DE AGUA



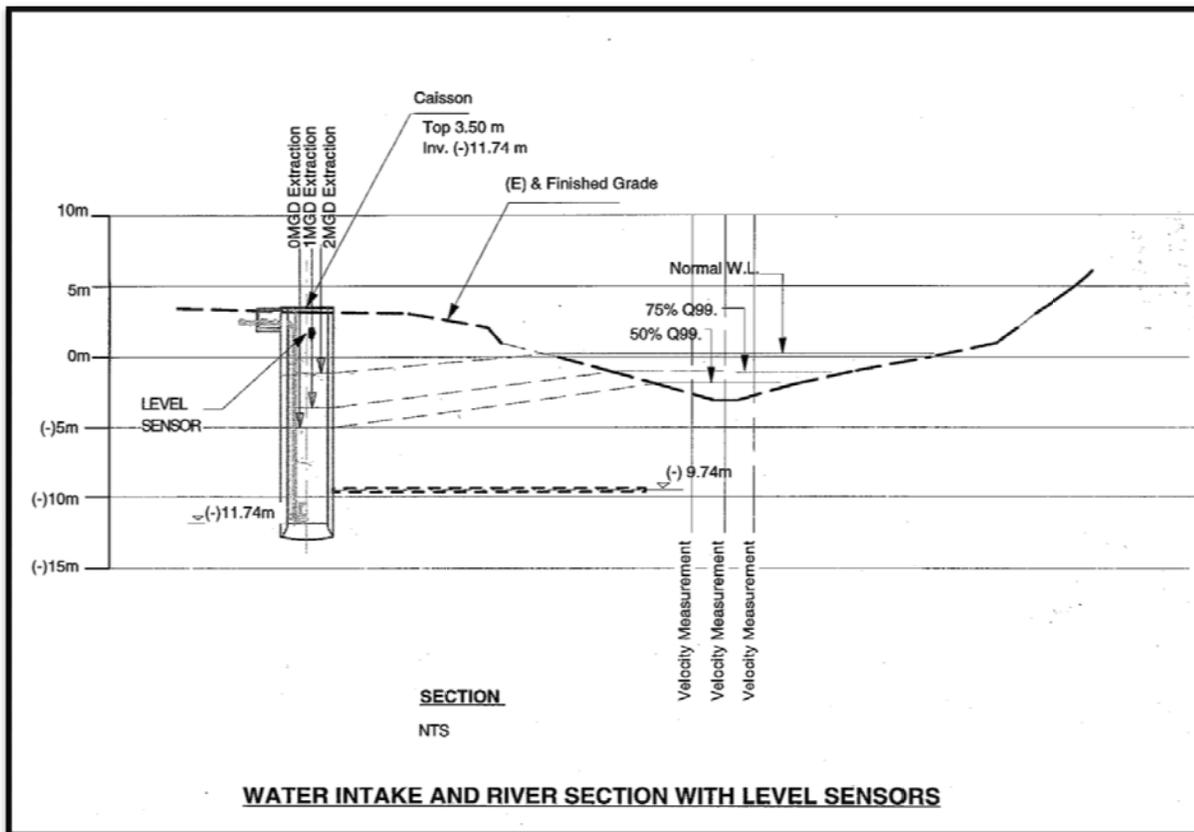
**CARLOS E. PACHECO**  
INGENIEROS CONSULTORES, CSP  
Tel. (809) 727-1061

Information presented in this drawing represents the collective intellectual efforts of the firm Carlos E. Pacheco-Consulting Engineers, CSP. None of the information, solutions, approaches and design schemes will be used by potential bidders, consulting engineers, and others without the consent and written approval from our office.

**Horario de Operación:** El horario de operación es 24 horas al día, las bombas nunca se apagan. Aunque cabe destacar que si el flujo del río disminuye significativamente se apagaría una bomba y se limitaría la extracción a 1mgd.

**Caudal autorizado por franquicia:** 1.5mgd

**Caudal establecido que tiene que fluir aguas abajo de la toma:** 1.5mgd. Para garantizar este caudal se requirió la instalación de sensores que miden el nivel de salinidad de las aguas del río. Además, se requirió la instalación de una estación de flujo aguas abajo de la toma que opera el Servicio Geológico (USGS, por sus siglas en inglés)



**Fecha de expiración de última franquicia:** 6 de agosto de 2014

**Condiciones del Río:** El Río Grande de Loíza mostraba un caudal alto debido a las recientes lluvias de la semana anterior a la visita. Debido al gran caudal no se podía

percibir los sedimentos y escombros arrastrados por las crecidas del evento de lluvia reciente a la fecha de la visita.

**Observaciones generales de la toma:** La toma del municipio de Carolina se encontraba en perfectas condiciones, cumplía con los estándares impuestos en la franquicia otorgada por el DRNA de extracción y presentación de informes trimestrales. Estructuralmente la toma se encontraba protegida por bloques de concreto para evitar el robo de cobre ya que hurtaron las tapas originales. La vegetación en las inmediaciones de la toma estaba muy alta lo que impedía observar mejor los componentes de ésta. Su acceso está controlado por portones que maneja el Municipio.



Camisilla del colector

Área del río bajo la cual  
está el colector horizontal



## Toma del Río Grande de Añasco

**Administrador:** Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

**Tipo de Toma:** La toma es utilizada para uso doméstico y se encuentra construida en la parte del río donde no se acumulan los sedimentos para así aprovechar al máximo el remanso natural que se forma. La estructura consiste en una caja de concreto, ubicada en la orilla este del río, con una compuerta de aislamiento y una rejilla por donde se alimenta la estación de bombas de agua cruda. El diseño es antiguo e incluye una tabla estacada de planchas de metales colocadas para proveer estabilidad al banco del río. La extracción permitida es de 18.5mgd distribuida a unas 107,000 personas residentes del área oeste de la isla. La operación de la toma debe mantener los flujos mínimos requeridos por el DRNA.

**Horario de Operación:** 24 horas al día los 365 días del año.

**Caudal autorizado por franquicia:** 18.5mgd.

**Caudal establecido que tiene que fluir aguas debajo de la toma:** 20mgd<sup>3</sup>.

**Fecha de expiración de última franquicia:** 20 de enero de 2016

**Condiciones del río:** El caudal del río mostraba un buen caudal. Aguas abajo de la toma había mucha deposición de sedimentos. El área alrededor del río se encontraba limpia. El acceso a la toma está controlado por la AAA. Se observó en el lecho del río unas planchas de metal oxidado (la tabla estacada de metal construido para reforzar el talud del río aguas arriba de la toma), justo antes de la entrada de agua a la toma.<sup>4</sup>

**Observaciones generales de la toma:** Las condiciones de la toma eran bastante aceptables con excepción del derrumbe de la tabla estacada que brindaba protección al talud del río aguas arriba de la toma. Se le debe notificar a la AAA que es responsabilidad de ellos que el lugar donde se ubiquen las tomas de agua deben estar libre de toda perturbación o escombros que pueda afectar el flujo del ecosistema fluvial.

---

<sup>3</sup> Esta condición estaba en las franquicias anteriores a la emitida en el 2010. En el informe de evaluación de la solicitud de renovación de franquicia con fecha de noviembre de 2010 no se hace mención al requerimiento de caudal ecológico o flujo mínimo. Tal vez fue un error de omisión debido a que este río tiene fauna anfídroma documentada que requiere de un caudal mínimo para completar su ciclo de vida y se debe garantizar que la extracción en época de poca lluvia permita el paso de al menos un caudal igual o superior al flujo mínimo histórico que es de 28mgd. Al presente se conoce que el rendimiento seguro para esa toma es de 40.4mgd.

<sup>4</sup> De acuerdo al expediente, para el año 1999 la AAA se comprometió a arreglar la tabla estacada. Al presente ésta se encuentra en el lecho del río y actúa como un obstáculo al libre fluir de las aguas y puede provocar la socavación del talud que antes protegía. El DRNA y la AAA deben actuar con prontitud pues el cauce del río y la toma pueden ser afectados por este hecho.



Entrada de la toma en el río Grande de Añasco



Escombros de tabla estacado en el cauce

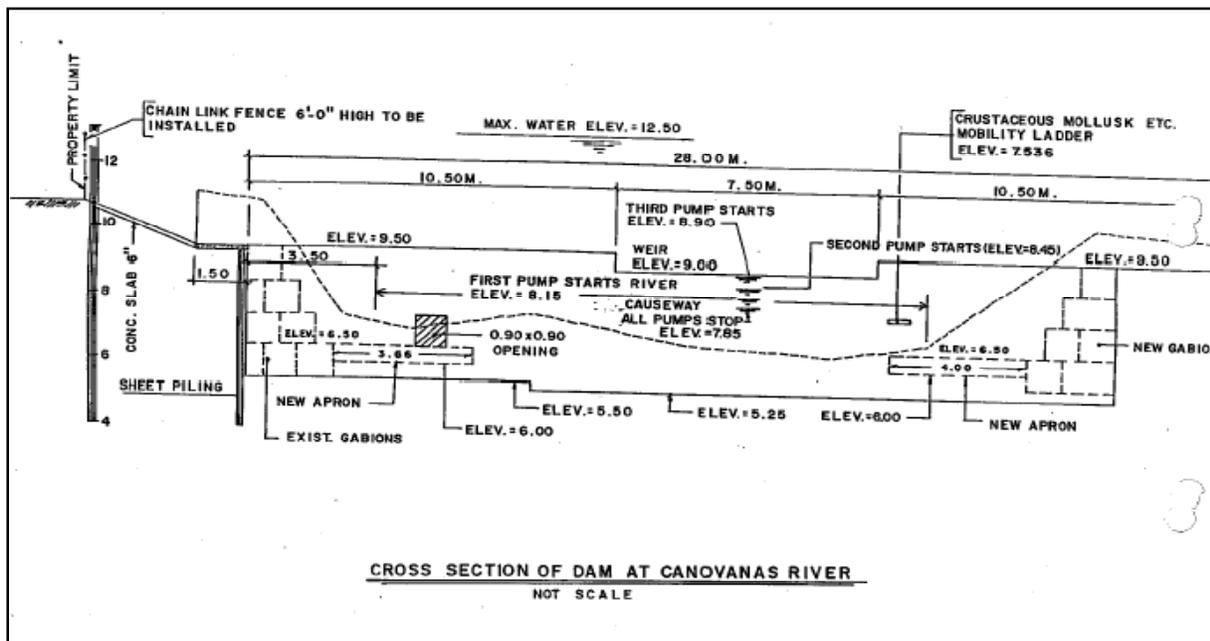


**Escombros y banco de arena en el cauce del río Grande de Añasco, aguas arriba de la toma**

## Toma del Río Canóvanas

**Administrador:** Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

**Tipo de Toma:** Es la típica presa construida en el cauce del río con tres vertederos, uno de ellos para permitir el paso continuo del flujo mínimo que a la vez cumple el propósito de escalera de peces. La escalera de peces es necesaria debido a la altura de la presa la cual impide la migración de la fauna del río. La toma tiene 2 rejillas por donde las bombas extraen el agua del río. La toma además cuenta una especie de red de goma en la entrada de las rejillas que impide el paso de escombros grandes y pesados a las bombas.



**Horario de Operación de la Toma:** La operación es durante las 24 horas los 365 días del año.

**Caudal autorizado por franquicia:** Tiene autorizado una extracción variable de acuerdo al caudal presente en el río con la intención de garantizar un flujo mínimo en el río igual o superior 3mgd. La AAA puede extraer desde 0.75mgd hasta 6.5mgd conforme al caudal del río y a que se mantenga aguas abajo un caudal igual o mayor de 3mgd. En ningún momento puede extraer un caudal superior a 6.5mgd.

**Caudal establecido que tiene que fluir aguas abajo de la toma:** 3mgd.

**Fecha de expiración de última franquicia:** **22 de agosto de 2010**

**Condiciones del Río:** El río se encontraba un poco sedimentado y lleno de basura (envases de detergentes, vasos plásticos y otros contaminantes similares). También tenía los escombros y chatarra resultante de las obras de la antigua toma que operaba la AAA que continúan deteriorándose dentro del río. Debido a las lluvias recientes al día de la visita, el agua sobrepasa el vertedor de la toma, por lo que fluía agua hacia el río.

**Observaciones generales de la toma:** La toma mostraba una falta de mantenimiento crasa. La escalera de peces estaba inservible y el lugar de entrada de la toma se encontraba con escombros y tuberías de la antigua planta de filtración. El muro de gaviones se encontraba en pésimas condiciones (ver fotos) al igual que el muro de la toma de agua y presentaban daños a su estructura como tal.

La fecha de vencimiento de la toma de agua data del 22 de agosto de 2010 lo que demuestra una falta de fiscalización por parte del DRNA hacia el concesionario de la toma. El mantenimiento es el gran ausente en esta toma de agua, desde los aspectos legales, ambientales y estéticos.

Todavía se encuentran presente en el cauce del río las estructuras deterioradas de la antigua toma, la AAA no ha hecho la remoción de dichos escombros que además de afear el entorno, son un peligro a la salud y seguridad de la población. Las estructuras de la vieja planta de tratamiento se encuentran también en un avanzado estado de deterioro y resulta en una mole de escombros y basura.

El diseño de la toma incluyó la construcción de gaviones que recubren los taludes del lecho del río de ambas orillas. Muchos de estos taludes se han roto, doblado y caído, lo que crea problemas a la geomorfología del río. Los gaviones y la toma estaban deterioradas, a pesar de que se construyeron en el 2005, lo que demuestra una falta de mantenimiento y limpieza a la estructura en general.

La escalera de peces se encontraba tapada por un panel de metal que impide la migración de las especies del río. Esto tiene como resultado que su ciclo de vida no se complete, debido a estructuras que no están de acuerdo con el medio ambiente. El diseño de la toma es para mantener los flujos mínimos requeridos por el DRNA. **No obstante, la operación de la toma que hace la AAA impide que esto ocurra al tapar la salida de la escalera de peces que conforme a las especificaciones del constructor y diseñador de la obra debe mantenerse abierta permanentemente. La AAA coloca esta tapa para aumentar el nivel del agua en la toma, alterando así el diseño e incumpliendo con la franquicia.**



**Antigua estructura de la toma vieja en el cauce del río Canóvanas entre la toma activa y la presa.**



**Toma en el río Canóvanas**



Vertedero del río en el cual pueden observarse peces en su migración aguas arriba



Presa en el río Canovanas

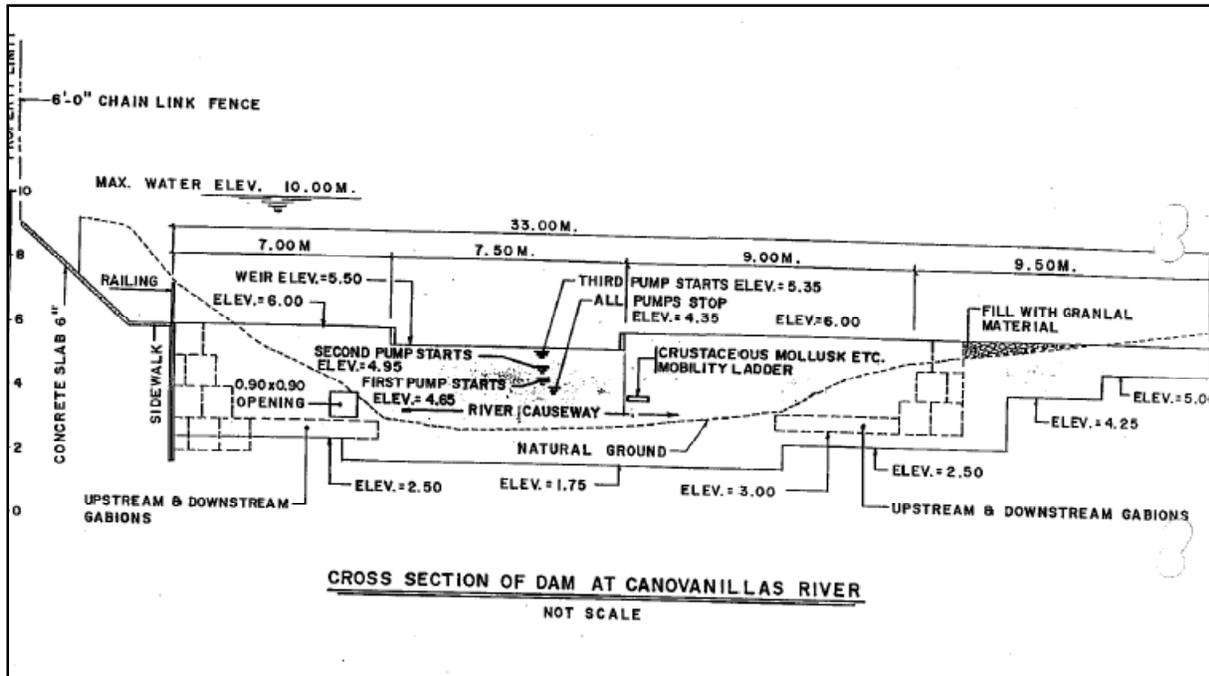


Escalera de peces en la cual se quedan atrapados los peces debido a la tapa que coloca la AAA en la salida a ésta.

## Toma Río Canovanillas

**Administrador:** Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

**Tipo de Toma:** La toma construida en el río Canovanillas consta de una presa con vertedor de 3 metros de altura. Cuenta además con una escalera de peces ("Weir #1") para facilitarles el paso a los organismos acuáticos del río y mantener un flujo mínimo en éste. La toma tiene dos rejillas que obstruyen el paso de sedimentos hacia las bombas de succión.



**Horario de Operación:** Opera las 24 horas durante todo el año. Se detienen la extracción solo cuando el río presenta una merma en su caudal.

**Caudal autorizado por franquicia:** variable de 0.3mgd hasta un máximo de 2mgd.

**Caudal establecido que tiene que fluir aguas abajo de la toma:** 2mgd.

**Fecha de expiración de última franquicia:** **22 de agosto de 2010**

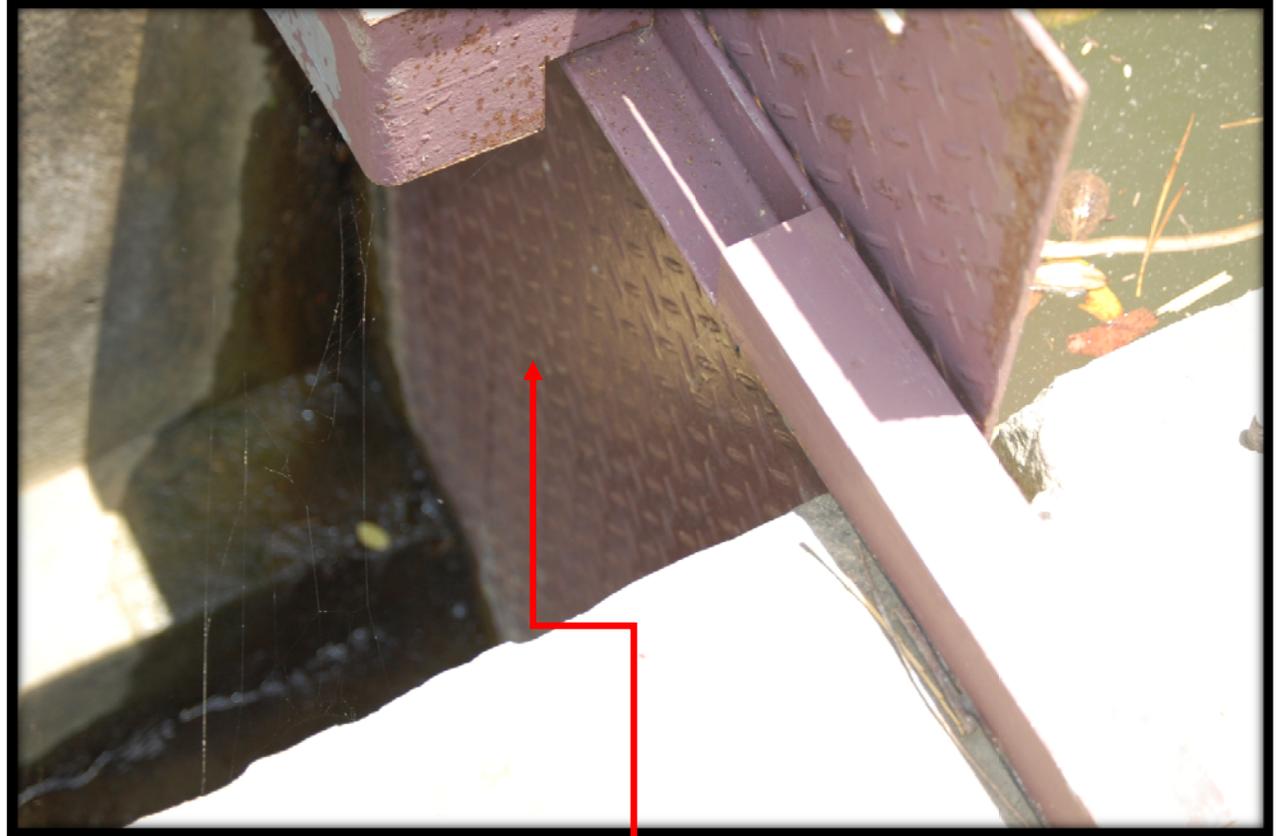
**Condiciones del Río:** El río presentaba aguas abajo de la toma un caudal pobre y con poco fluido. Antes de la estructura de la AAA el caudal es saludable y no muestra ningún tipo de escombros y sedimentación. En cuanto a la morfología del río, no presentaba ningún cambio sustancial.

**Observaciones generales de la Toma:** En comparación con su hermana la toma de Canóvanas, está presenta un mejor mantenimiento a diferencia de la mencionada anteriormente. Aunque cabe destacar que los gaviones construidos en la orilla del río se encontraban un tanto dañados, el caudal del río era bajo y no pasaba flujo por el vertedor construido.

**La escalera de peces estaba obstruida por una barra de metal en la presa lo que impedía el paso de agua a través de la escalera. Esto a su vez impide a los organismos acuáticos completar su ciclo de vida ya que estos son anfíbios.**

En general la estructura cuenta con todos los requisitos establecidos en la franquicia, No obstante, la AAA para operar en forma constante la toma, eleva el nivel de la laguna mediante la colocación de una tapa en el Weir #1, por lo que no permite que salga agua por la escalera de peces (la cual siempre debe tener un flujo mínimo para permitir la migración de las especies).





Tapa en la escalera de peces que bloquea el paso de organismos acuáticos



Gabiones deteriorados



Flujo residual aguas abajo de la presa

## Toma Río Cañas

**Administrador:** Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

**Tipo de Toma:** Esta toma diseñada para el uso doméstico está construida en el cauce del río Cañas en Añasco. Su diseño tiene un muro que actúa como presa y crea una pequeña laguna de donde se extrae el agua.

**Horario de Operación:** 24 horas los 365 días del año.

**Caudal autorizado por franquicia:** **Ninguno**

**Rendimiento seguro del río en la toma:** **1.8mgd.**

**Fecha de expiración de última franquicia:** **No tiene franquicia**

**Condiciones de la Toma:** La toma reflejaba pobre mantenimiento de sus componentes, entiéndase rejillas, muro de represa y vertedor. La laguna estaba llena de escombros naturales como hojas y ramas de árboles y la estructura de la toma estaba deteriorada.

**Condiciones del Río:** Aguas abajo de la toma se observaron muchas charcas pequeñas donde se encontraron camarones de río lo que demuestra que el flujo que pasa luego de la toma es escaso y que por ende los camarones quedan atrapados en las pequeñas charcas. En otras palabras los camarones no puede migrar por dos razones: no existe escalera de peces y por la fragmentación de su hábitat.

**Observaciones de la Toma:** El acceso es controlado por parte de la AAA mediante portones. El mantenimiento a la toma es deficiente. Con un mantenimiento continuo la AAA evitaría que la estructura se deteriore y tener que invertir más en la reparación de la misma. La rejilla de la toma se encontraba oxidada, por encima del vertedero no había flujo de agua y no tiene escalera de peces. El agua que fluía aguas abajo de la toma era el que se colaba por una rotura en el estribo de la presa. Esta toma suple agua a la planta de filtración Miradero para complementar el caudal que se extrae del río Grande de Añasco que sirve a esa planta de filtración.



Toma en el río Cañas



Presa en el río Cañas



Presas y toma en el río Cañas

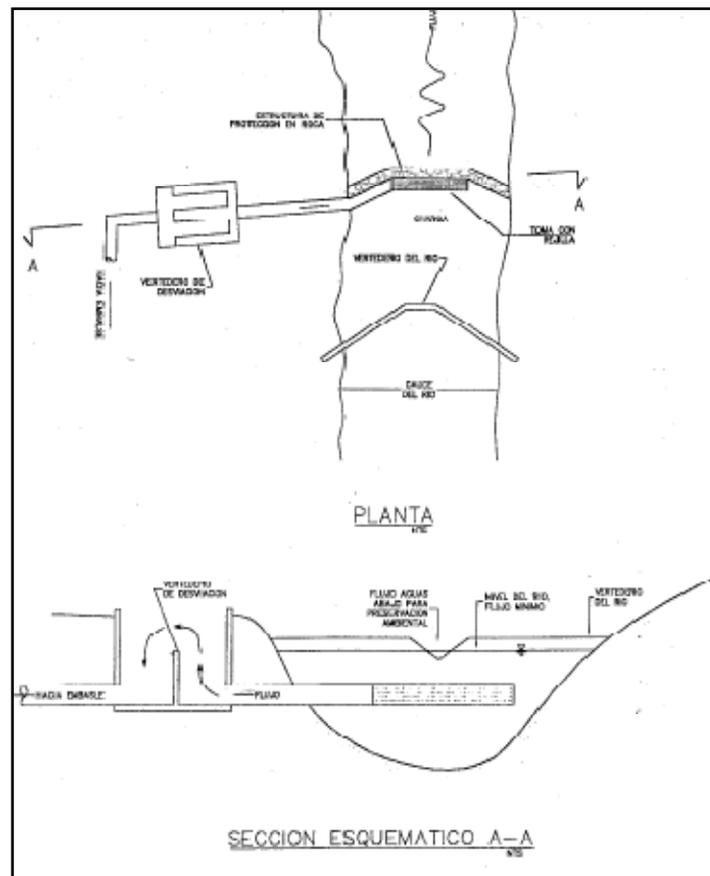


Camarones atrapados en charcas agua debajo de la toma en el río Cañas

## Toma Río Blanco

**Administrador:** Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

**Tipo de Toma:** La construcción de un embalse y represa fuera del cauce del río Blanco, conllevó el desarrollo de una toma por gravedad, dos tuberías de 66" y 42" de diámetro para el agua cruda, un embalse con su represa de tierra, una estación de bombeo y una línea de 36" de diámetro para el agua filtrada. El diseño de la toma es mediante un muro de altura mínima que provoca una caída de agua antes de la toma y forma una charca de retención. El diseño dificulta la entrada de sedimentos al sistema y cuenta con dos vertedores que forman a su vez dos charcas de retención de la cual se extrae agua y su construcción es eco-amigable al río debido a que la altura del vertor es baja y permite la migración de fauna a través del río. El vertidor de desbordamiento, en combinación con el vertidor del río garantiza los flujos mínimos aguas abajo y además sirve como sedimentador de algunas arenas que pudiesen entrar por la toma en eventos grandes de lluvia. La ilustración a continuación presenta un diagrama esquemático de esta toma.



**Horario de Operación:** 24 horas, 365 días del año.

**Caudal autorizado por franquicia:** hasta 18mgd.

**Caudal establecido que tiene que fluir aguas abajo de la toma:** 2.8mgd.

**Fecha de expiración de última franquicia:** 14 de julio de 2016

**Condiciones de la Toma:** La toma se encontraba en óptimas condiciones y su estructura presentaba un buen mantenimiento por parte de la AAA. Además se encontró que cumplían con todos los requisitos impuestos en la franquicia de diseño, extracción, ubicación e informes que tienen que brindarle al DRNA.

**Condiciones del Río:** El río presentaba unas condiciones excelentes de caudal y no tenía sedimentos en el área de la toma. El cauce se encontraba saludable en cuanto a morfología se refiere, no presentaba ningún cambio brusco en este.

**Observaciones generales de la Toma:** La toma es nueva por lo que refleja un excelente mantenimiento. Su diseño es uno de los más elaborados en comparación con las otras tomas visitadas en esta investigación. El diseño de la toma mantiene los flujos mínimos requeridos por el DRNA.





Toma y segundo vertedor (V-notch) para flujo mínimo



Primer vertedor

## Toma La Virgencita

**Administrador:** Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

**Tipo de Toma:** La toma se localiza en la orilla este del río de la Plata. Su diseño consta de dos pozos colectores horizontales con una capacidad de 2mgd cada uno. La toma combinada consta de dos unidades compuestas por un tubo de nueve pies de diámetro interno de 30 pies de profundidad el cual tiene tres salidas laterales de ocho pulgadas de diámetro (pozos colectores) y dos salidas laterales de 16 pulgadas de diámetro de donde sale una tubería de 12 pulgadas que va por debajo del lecho del río (toma de agua superficial). La ilustración a continuación presenta un diagrama de esta estructura.

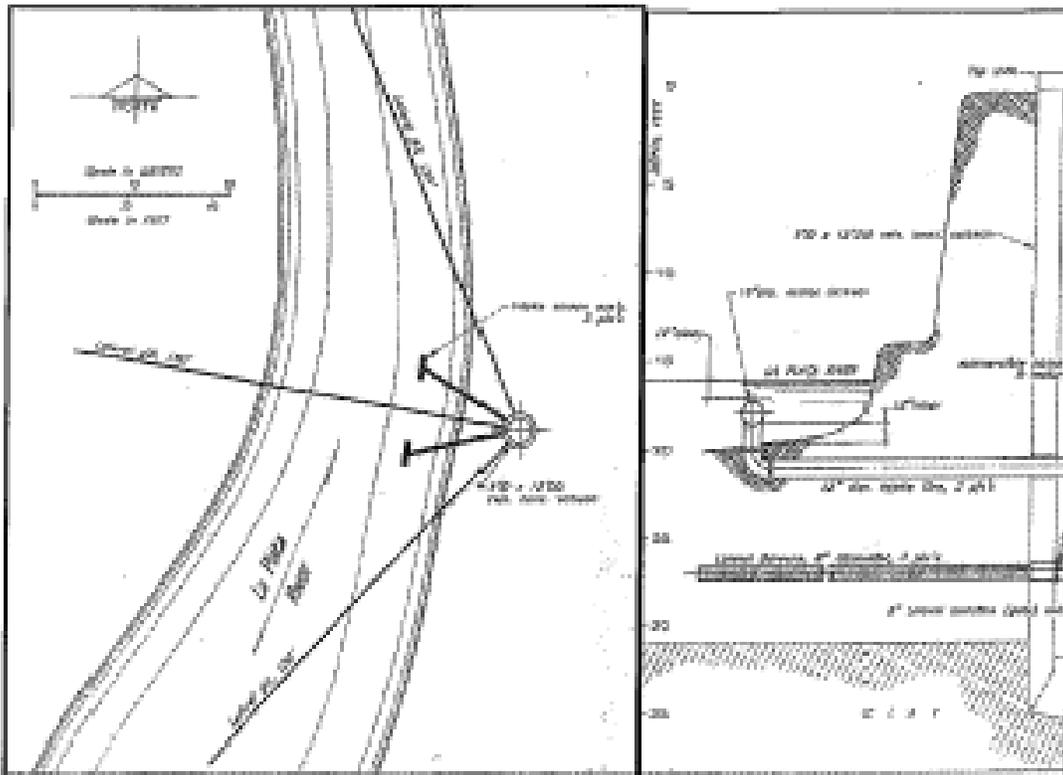


Diagrama típico de pozos horizontales

Este diseño se realizó con el propósito de aprovechar el valle aluvial y las aguas subterráneas en éste. Actualmente la extracción de los 2 colectores varía, el colector norte extrae superficialmente y el colector sur subterráneamente, para así crear un balance en la extracción.

**Horario de Operación:** Opera 24 horas al día durante todo el año.

**Condiciones de la Toma:** La toma se encuentra en el Municipio de Toa Baja, cerca del área conocida como La Virgencita. Se encontraba en condición regular ya que el río cambió su curso y se alejó del lugar de la toma (su fondo bajó y el colector quedó expuesto) además de que lateralmente el cauce se movió hacia el oeste. Su diseño es eco-amigable y no presenta ninguna obstrucción a la fauna migratoria del río.

**Caudal autorizado por franquicia:** 6mgd.

**Caudal que debe fluir aguas abajo de la toma: 5mgd.<sup>5</sup>**

**Fecha de expiración de última franquicia:** 29 de noviembre de 2011

**Condiciones del Río:** El río presentaba cambios en su alineación debido a crecidas recurrentes de éste. La toma no ha tenido impacto en la geomorfología del río.

**Observaciones generales de la Toma:** La toma en general se encontraba en condición regular y no presentaba ningún obstáculo para la migración de especies. Aparenta que su diseño fue realizado sin tomar en consideración la geomorfología y comportamiento del río.



Colector en el río de la Plata

<sup>5</sup> En esta franquicia no se estableció que caudal debe fluir aguas abajo de la toma. Tampoco se le requirió colocar sensores para medir salinidad de las aguas ni el establecimiento de una estación de aforo, todos requisitos establecidos a la toma del Municipio de Carolina en el Río Grande de Loíza, que tiene mayor caudal que el río de La Plata. El rendimiento seguro del río en este lugar es de 5mgd.



Camisilla del colector



## Conclusiones

A través de esta investigación tuve la oportunidad de visitar 10 Tomas de Agua localizadas a través de toda la isla. Este estudio me ayudó a comprender cómo se potabiliza el agua y de donde proviene el agua potable. La visita por todas estas instalaciones de la AAA me brindó la oportunidad de conocer más a fondo como el



agua llega a todos los hogares puertorriqueños. Además, pude conocer las medidas que se están llevando a cabo para proteger los ecosistemas asociados a las localizaciones de las tomas y las condiciones en que las mismas se encuentran.

En resumen presento las siguientes conclusiones:

1. Cada gota de agua es importante para la ciudadanía y para los ecosistemas.
2. Los ríos y quebradas de Puerto Rico tienen fauna autóctona e introducida.
3. Las tomas de agua son un obstáculo para el libre fluir de las aguas e interrumpen el ciclo de vida de los organismos acuáticos.
4. La AAA no cumple con las condiciones que le establece el DRNA en la franquicia para aprovechar las aguas aún cuando el diseño de las tomas está hecho para cumplir con el paso de un caudal mínimo.
5. La AAA sobreexplota el recurso.
6. La AAA opera las tomas con poco cuidado y no contabiliza el ritmo de extracción en la fuente.
7. El DRNA no vela por el cumplimiento con las condiciones que establece en las franquicias de agua, por lo que la AAA opera las tomas como mejor lo entienda.
8. La falta de cumplimiento de la AAA con las condiciones de las franquicias no tiene consecuencia legal ni monetaria ninguna para esa corporación.

## Recomendaciones para la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados



Mediante esta investigación de las tomas de agua de la AAA se buscaba fiscalizar y recomendar estrategias para el funcionamiento y cumplimiento de las estructuras construidas por dicha agencia. Las recomendaciones estarían basadas en el concepto de caudal ecológico desarrollado por el DRNA para el año 2008 en la Primera Conferencia de Flujos Ambientales. Este

concepto desarrollado por especialistas en la materia determina que *“El flujo de agua necesario dentro del cauce para mantener la integridad y diversidad de poblaciones de organismos, funciones ecológicas y otros bienes y servicios ecológicos de los sistemas fluviales. Sus componentes principales son los flujos máximos y mínimos, la duración y el régimen de variación de éstos y la calidad del agua”*, y es debido a esta definición que las tomas inspeccionadas deben cumplir con este estándar y con los impuestos en las condiciones especiales en las franquicias otorgadas por el DRNA. Es por esto, que el señalar las deficiencias de las tomas de agua en cuanto a permisos y construcción, es una manera para que la AAA realice las reparaciones pertinentes y tome los pasos debidos para mantener en óptimas condiciones las estructuras de extracción de agua.

Entre las recomendaciones que se ofrecen a la AAA se encuentra primordialmente el mantenimiento estructural y estético a las tomas de agua. El mantenimiento es clave en todo equipo o estructura de construcción, para que así se mantenga un buen ritmo de trabajo. El no darle mantenimiento a las tomas de agua, como es el caso de la AAA, hacen que estas estructuras se deterioren y por ende el río se verá perjudicado por no realizarle el cuidado requerido. El mantenimiento incluye limpieza de la toma y de la escalera de peces, dragado de las lagunas de retención y remoción de escombros entre otras.

Otra recomendación es el suministrar los informes de extracción a tiempo al DRNA, para que así se tenga una data constante y poder cuantificar cada cambio ocurrido en el caudal del río. Mediante los informes suministrados trimestralmente el DRNA podrá hacer ajustes y recomendaciones en cuanto a la extracción permitida y la AAA tendría una perspectiva más clara del estado actual del recurso acuático y del ecosistema en general.

En tanto la AAA debe tener en consideración el recurso natural que aprovechan, no solo limitarse a satisfacer la demanda de sus abonados a costa de causarle daños a los cuerpos de agua. La AAA debe remover las estructuras en desuso construidas en los cauces e inmediaciones, como por ejemplo las tomas abandonadas como las del río

Fajardo y del río Canóvanas, cuyas estructuras deterioradas todavía no se han removido. La remoción de las estructuras inservibles beneficiaría el ecosistema y eliminaría barreras de migración para la fauna.

Como agencia gubernamental, la AAA debe tomar en consideración que para la agencia es esencial tener el recurso agua en óptimas condiciones y aprovecharlo teniendo en mente las futuras generaciones. Además, la AAA, deberá implantar un modelo eco-amigable de construcción de tomas de agua para el bienestar del ecosistema que debe ser primordial para la agencia. También se debe tener un personal encargado de todo lo relacionado a las tomas, desde verificar la extracción, la limpieza de la estructura hasta el contar con una persona que vigile estas estructuras para así evitar vandalismo y robo de cualquier artefacto que se encuentre en la toma de agua. El personal debe ser especializado en comprender todos los procesos que conlleva la construcción y administración de una toma para que así a la hora de visitar las tomas por parte de cualquier agencia pertinente se reciba y se le brinde toda la información acerca del proceso de las tomas de agua.

En cuanto a la extracción, la AAA debe estar consciente del agua que se pierde a través de las tuberías dañadas y el agua que se pueden robar. Por tanto, es deber de ellos contabilizar toda esa data para que a la hora de extracción se le reste toda la pérdida y así obligar a la misma agencia a reparar las roturas y a realizar un trabajo más fiscalizador a la hora de brindar el recurso del agua. Para concluir, la mayor deficiencia de la AAA es la falta de mantenimiento a sus equipos y estructuras. Si la AAA implanta un programa de mantenimiento preventivo en sus tomas de agua y las opera conforme a las indicaciones de los diseñadores de ésta, el impacto que éstas tienen sobre el recurso agua y ecosistemas asociados a éste, sería mínimo.

## Recomendaciones para el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

Como agencia pública que protege los recursos naturales de Puerto Rico es meritorio realizarles unas recomendaciones para que se haga valer su misión de proteger el medio ambiente puertorriqueño y sobre todo el recurso agua, ya que el más afectado con las construcciones de estas tomas es el agua. Por esto entre las recomendaciones realizadas y concluidas a base de esta investigación están la de mayor fiscalización a la hora de emitir los permisos de franquicia a los concesionarios. En los permisos de franquicia se le debe exigir el mantenimiento en las estructuras y para esto se debe desarrollar una tabla de cuantificar el mantenimiento del uno al cinco, siendo uno el nivel más bajo de mantenimiento, para así a la hora de visitar las tomas poder analizar con la tabla los daños que tiene la estructura y realizar los pasos necesarios para que la



AAA esté al tanto del estado de las tomas. Mediante esto, las dos agencias se beneficiarán de esta metodología y a la hora de evaluación se tramitarían más rápido los trabajos entre ambas agencias.

Otra recomendación pertinente para el DRNA es que la violación de cualquier condición impuesta por ellos mismos, debe ser fiscalizada con todo el peso de la ley. La fiscalización entre agencias debe ser clave e importante para así desarrollar respeto entre las mismas y esto a su vez crea que las dos agencias tengan al día todo lo referente entre las agencias. La fiscalización de la violación de las condiciones debe ser mediante multas, la no renovación de la franquicia y hasta la suspensión de la extracción del recurso. Esto a su vez implica la suspensión del agua para los abonados de la AAA, pero ejercería presión y haría que la AAA estuviera al día en todo lo referente a las franquicias de las tomas de agua. Sin servicio de agua a los abonados no pueden cobrar el servicio y por ende la entrada de dinero por parte de la población sería cero.

En cuanto a la extracción el DRNA debe realizar un estudio exhaustivo de la cantidad que debe extraerse tomando en cuenta toda el agua que la AAA pierde y no contabiliza. Además el DRNA debe desarrollar una metodología precisa de la construcción y extracción de estructuras perjudiciales a los ecosistemas acuáticos en Puerto Rico, enfocada en las tomas de agua localizadas en los ríos de la isla. Esta

metodología debe tener como eje principal el río y su capacidad de abasto para una región y a base de esto se desarrollaría la metodología que impartiría que tipo de estructura se debe construir y como esa estructura impactará el ecosistema en general. La metodología estará encaminada a identificar los ríos en Puerto Rico que son apropiados para las construcciones y especificar que método y cantidad de extracción se le debe realizar al recurso acuático. Por ende la creación de este tipo de metodología crearía un precedente, que ríos están aptos para dichas construcciones y extracciones para así realizar estructuras cónsonas al medio ambiente y de las cuales la sociedad se pueda beneficiar sin perjudicar ni alterar el balance del sistema natural.

Entre otras recomendaciones concluidas a base de este estudio para el DRNA se encuentra que el otorgamiento de franquicias sea más exigente a la hora de la entrega de los informes trimestrales por parte de la AAA. Además el DRNA debe darle seguimiento al mantenimiento y extracción de las tomas de agua cada 3 meses para que así se lleve una data organizada de todo lo relacionado a las tomas de agua. Estas visitas trimestrales a las tomas por parte del DRNA deben ser realizadas a las todas las tomas de Puerto Rico para así poder cuantificar las deficiencias y poder realizar recomendaciones a la AAA antes de imponerle una multa.

Estas recomendaciones son hechas a base de un estudio exhaustivo realizado durante los meses de enero a mayo del 2011 en varias tomas alrededor de la isla. Es por esto que la divulgación de este informe debe servirle de gran ayuda tanto a la AAA y como al DRNA para que así tengan una perspectiva de donde encaminarse hacia un futuro sustentable para todos. Por eso la realización de estas recomendaciones presentan un panorama de mucho trabajo para las dos agencias, tanto el mantenimiento y desarrollo de un personal apto para las tomas de agua como el desarrollar por parte del DRNA una metodología clara y cónsona con la protección y conservación de todos los ecosistemas de Puerto Rico, en especial con el recurso agua, ya que sin este recurso la vida no podría seguir.

## Referencias

- Covich, A. P., T. A. Crowl, S. L. Johnson, & M. Pyron. (1996). Distribution and abundance of tropical freshwater shrimp along a stream corridor: response to disturbance. Biotropica 28: 484-492.
- Covich, A. P., T. A. Crowl & F. N. Scatena. (2003). Effects of extreme low flows on freshwater shrimps in a perennial tropical stream. Freshwater Biology 48: 1199-1206.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2008). Plan Integral de Recursos de Agua, San Juan, PR: Oficina del Plan de Aguas.
- (2008). Memorias de la Primera Conferencia de Flujos Ambientales, San Juan, PR: Oficina del Plan de Aguas.
- March J.G., Benstead J.P., Pringle C.M. and Scatena F.N. 2003. Damming tropical islands streams: Problems, Solutions, and Alternatives. Bioscience in press.