

## Pure Water

Alesandrini Ernesto Angel, Greco Maximiliano Daniel,  
Minardi Matias Ezequiel, Regojo Ary Daniel

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas  
Universidad Nacional de la Matanza  
eralesan48@gmail.com, grecomaximiliano@hotmail.com,  
mati.minardi@gmail.com, ary.regojo@gmail.com

### Resumen

En el presente documento se explicará el proceso de diseño y construcción de un sistema de reutilización de agua que apunta principalmente al reaprovechamiento de este recurso que actualmente se encuentra en escasez sobre todo en muchas de las provincias del interior del país como Santiago del Estero, Salta, Formosa, Chaco y en la Patagonia.

El sistema de reutilización de agua se integra a las instalaciones del agua en el hogar u edificio y le proveerá a sus usuarios los datos del estado del agua y su consumo a través de una aplicación mobile que permite aprovechar este recurso de forma eficiente.

Todos los datos del sistema serán almacenados y procesados con el fin de analizar el estado y consumo del agua en cada zona. El sistema de Gestión por zona da la posibilidad de administrar esta información e implementar un plan de acción para mejorar la calidad del agua o un plan de concientización por el uso desmedido de la misma.

### Palabras Clave

Sistema de reutilización de agua, Aguas grises, Aguas negras, NTU, PH.

### Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda utilizar 50 litros de agua por día y por persona, pero en la Argentina se calcula un consumo de 350 litros diarios en promedio. [1]

Los países que han desarrollado una verdadera cultura del cuidado del agua han logrado reducir el consumo de manera considerable, por lo que nuestro desafío es concientizar y reemplazar la distribución en las instalación de cañerías para que los usuarios optimicen la cantidad de agua que utilizan a diario.

El objetivo de nuestro producto es aprovechar tanto el agua de lluvia como el agua utilizada en forma habitual (lavamanos, duchas y bañeras) que se denomina aguas

grises [2]. Actualmente se desechan en desagües cloacales o biodigestor junto con las aguas negras [3] provenientes del inodoro, bidet, lavarropas, lavavajillas, procesos industriales o con productos químicos contaminantes y de elevado número de agentes patógenos y fecales.

Pure Water es una solución para incluir en el desarrollo de urbanizaciones, construcciones y emprendimientos inmobiliarios promovidos por arquitectos, empresas privadas y el estado, para mitigar las problemáticas del agua y concientización del uso desmedido de la misma.

Sobre todo en regiones con bajo porcentaje de capacidad máxima de agua disponible en la capa arable (AUca), que es la lámina de agua aprovechable por los cultivos en dicha capa [4] y menor porcentaje de agua total hasta el metro de profundidad (AT %) como se observa en el mapa de la Figura 1.

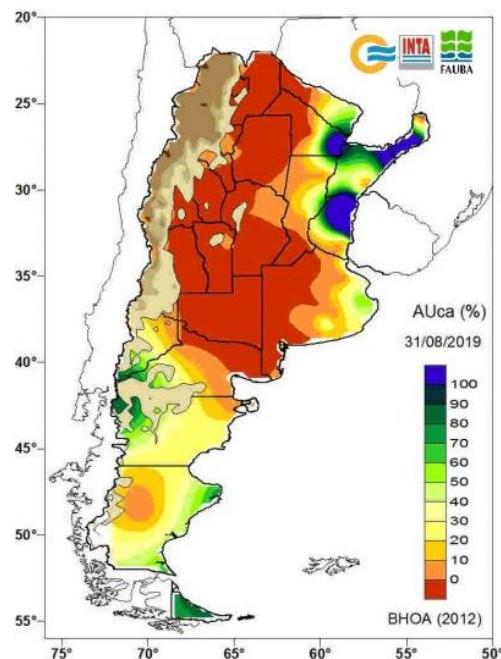


Figura 1. Mapa Agua Útil en capa arable.

## Composición general

El agua gris y de lluvia recolectada será filtrada y depositada en un tanque secundario de agua tratada y su uso más habitual será en cisterna de inodoros, riego de jardines, baldeo y limpieza de suelos ya que no es necesario que sea potable.

Para su implementación, se requiere una separación previa en los desagües e instalaciones sanitarias de la edificación de las viviendas o edificio como se puede observar en la Figura 2.

Esto permite la separación entre aguas grises y aguas negras, y la aplicación de un equipo de tratamiento de aguas grises, que dará como resultado aguas de gran calidad para ser reutilizada.

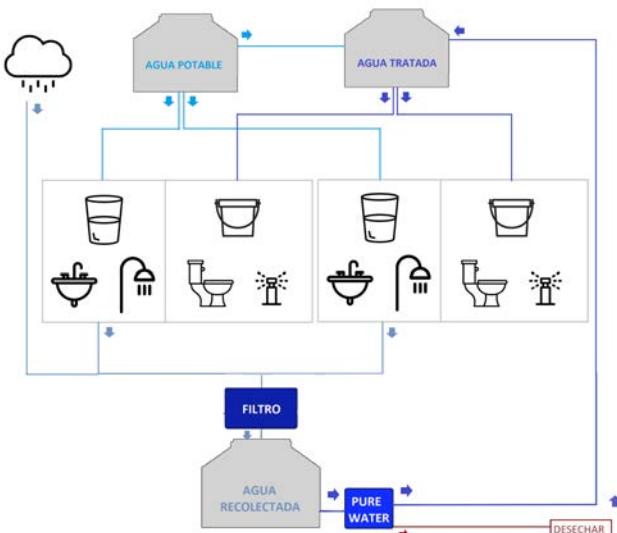


Figura 2. Separación instalaciones del agua

Los equipos de tratamiento de agua [5] que existen en el mercado, están diseñados para filtrar una amplia cantidad de agua por día. El más chico tiene una capacidad máxima de filtrado de 3000 lts por día. Por lo tanto, nuestro sistema está pensado para que el producto sea utilizado por varios usuarios. Por ejemplo, en un edificio con varios departamentos como se puede observar en la Figura 3.

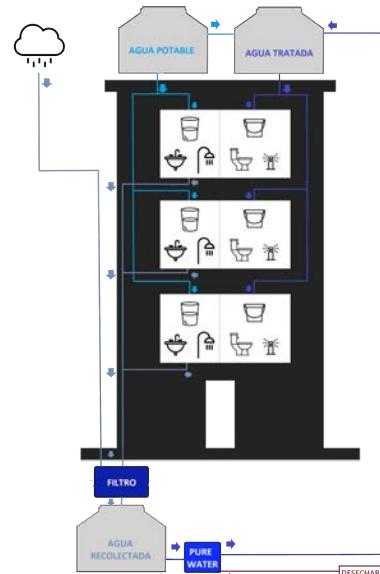


Figura 3. Instalaciones del agua en edificio

## Hardware

### A. Componentes

El sistema de reutilización de agua se coloca junto al tanque de recolección de agua de lluvia y gris que previamente han sido tratadas por el equipo de filtrado y los componentes del sistema Pure water se distribuyen por las instalaciones del agua como se observa en la Figura 4.

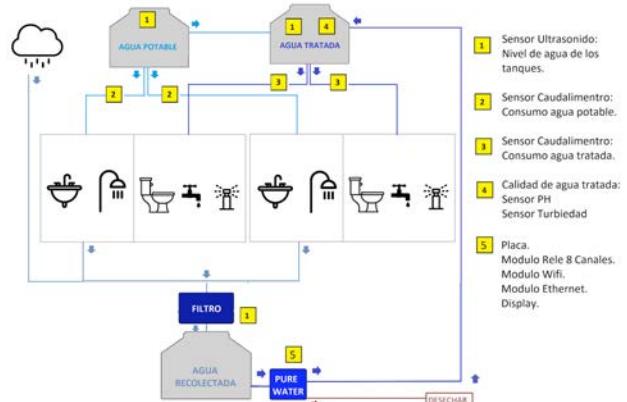


Figura 4. Diagrama de componentes

El sistema está automatizado por medio de una placa Arduino como se puede observar en la Figura 5 que censara los niveles de agua y calidad de la misma mediante una serie de sensores.

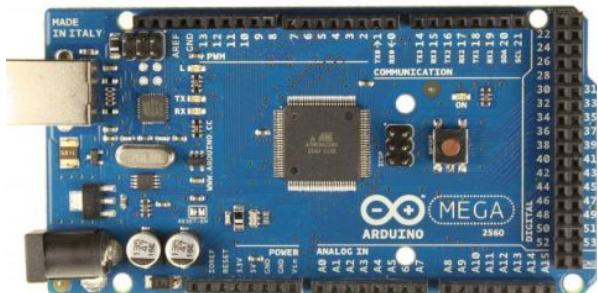


Figura 5. Placa Arduino Mega 2560 R3

## B. Turbiedad

La calidad del agua tratada estará determinada por su valor de turbiedad (medido en NTU [6]). Se obtiene este valor sumergiendo el sensor en el agua como se puede observar en la Figura 6.



Figura 6. Sensor de Turbidez de líquido

El equipo de tratamiento de aguas grises debe dar como resultado un valor de turbiedad menor a 10 NTU [7].

El sistema envía al desagüe el agua si no se encuentra dentro de este valor y no se mezcla con la del tanque de agua tratada.

## C. Acidez

El nivel de acidez del agua tratada estará determinada por su valor de alcalinidad (en PH [8]). Se obtiene este valor sumergiendo el sensor de PH (Figura 7) en el agua.

El equipo de tratamiento de aguas grises debe dar como resultado un valor de 7.0 a 8.0 pH [9], ya que se adiciona cloro. El sistema desecha el agua por el desagüe si no se encuentra dentro de este valor y no se mezcla con la del tanque de agua tratada.



Figura 7. Sensor de PH

## D. Nivel del tanque

El nivel de los tanques se determina y controla con sensores de ultrasonido como se observa en la Figura 8, los cuales miden la proximidad del agua hacia la tapa del tanque.



Figura 8. Sensor de Ultrasonido HC-SR04

## E. Consumo de agua

Se coloca un sensor de caudalímetro como se observa en la Figura 9 en la salida del tanque de agua de red y otro en la salida del tanque de agua tratada para medir el consumo de ambos.



Figura 9. Sensor Caudalímetro

## F. Actuadores

El sistema de Reutilización del agua permite dirigir el agua de un tanque a otro activando bombas por medio del módulo relevador (Figura 10) conectado al arduino.

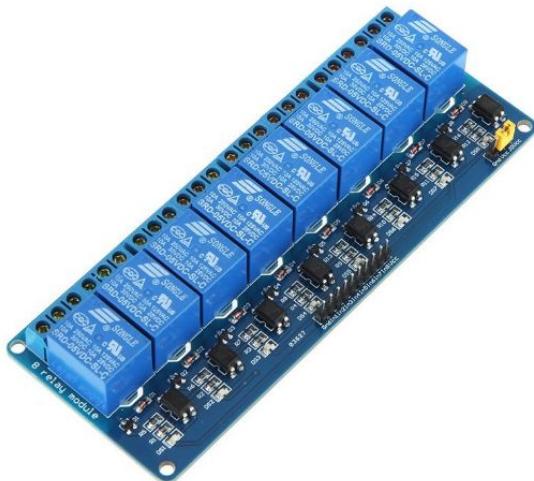


Figura 10. Modulo Relevador 8 Canales 5 volt

## G. Bombas de agua

Para el prototipo utilizamos bombas sumergibles como la que se observa en la Figura 11. El producto se adapta a cualquier tipo de bomba de agua que dependerá del caudal de agua utilizado en el lugar donde se encuentre instalado.



Figura 11. Bomba sumergible 12v

## H. Almacenamiento de datos

Como medio de almacenamiento persistente de los datos utilizados por el sistema, se optó por la implementación del módulo arduino ethernet con lector de memoria micro SD incorporado como se puede visualizar en la Figura 12.

El sistema recibe información de los sensores y la registra en un archivo en formato TXT en la memoria micro SD. Cada 15 minutos el sistema envía la información de la SD a la base de datos, por medio de la conexión Ethernet y a través de un Web Service.

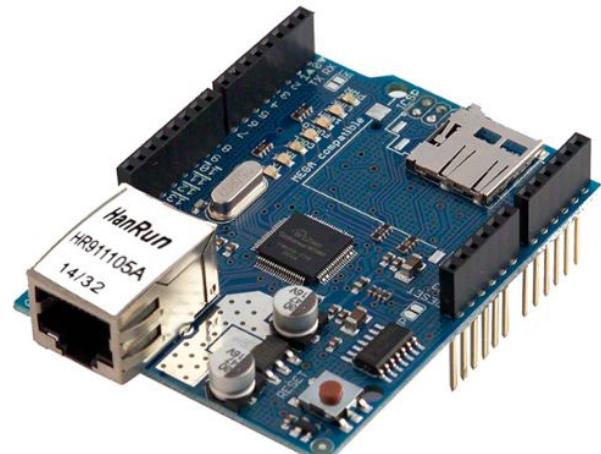


Figura 12. Modulo Arduino Ethernet Shield W5100 y Lector de SD

## I. Alimentación

La alimentación del arduino se realizó durante las pruebas mediante la conexión USB de la computadora, en cuanto al producto final se utilizará una fuente conectada a 220v como se puede observar en la Figura 13.



Figura 13. Fuente Arduino 220v a 12v 1A

## J. Prototipo funcional

Se instaló el producto Pure Water con los componentes mencionados anteriormente a una maqueta como se observa en la Figura 14, donde representamos los tanques con diferentes colores según el tipo de agua depositada (celeste: agua de red, verde: agua tratada, amarillo/gris: agua recolectada).



Figura 14. Prototipo

## Software

### A. Sistema de reutilización de agua

Cuando el tanque de recolección contenga un 60% de su capacidad, el sistema de reutilización de agua activará los sensores de turbiedad y acidez para controlar la calidad del agua tomando 10 muestras y realizando un promedio de las mismas para evitar errores de medición.

A continuación, el sistema activará la bomba correspondiente por medio del módulo relevador permitiendo recolectar el agua en el tanque de agua tratada como se observa en la Figura 15.

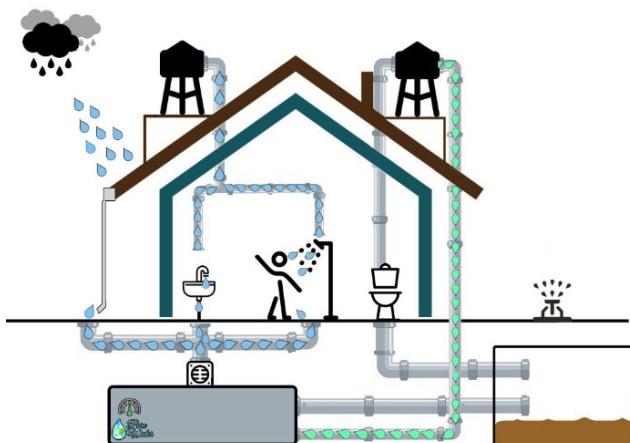


Figura 15. Recuperar agua en tanque de agua tratada

De lo contrario, permite desecharla si el agua no cumple con los requisitos mínimos de reusabilidad o que el tanque de agua tratada esté en su máxima capacidad como se observa en la Figura 16.

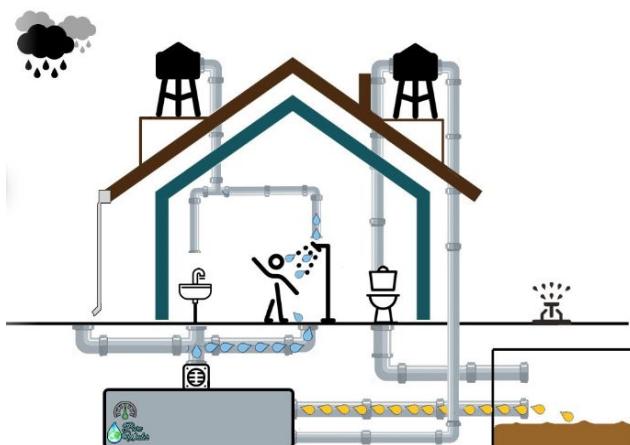


Figura 16. Enviar agua al desagüe

Otra función del sistema de reutilización será mantener un mínimo de agua en los tanques, para no generar vacío en las bombas y tomen aire. Además, el tanque de agua tratada debe mantener un mínimo para poder utilizar en las instalaciones de tuberías secundarias.

El sistema de reutilización permitirá vaciar los tanques a demanda del usuario mediante la aplicación mobile y

frenar el filtro de aguas grises para una limpieza general de los mismos.

En el caso de falta de conectividad a la red, los datos quedarán almacenados en la memoria micro SD integrada al arduino y cuando se retome la conexión se enviarán al servidor.

## B. Aplicación Mobile de Pure Water

La aplicación será utilizada por usuarios particulares y administradores, cada uno tendrá acceso a las funciones necesarias para llevar un control sobre el estado y consumo del agua.

En primer lugar, el usuario particular será capaz de consultar su consumo y el estado del agua en tiempo real del día y el mes en curso como se observa en la Figura 17. Contará con una función de histórico, en la que podrá analizar estos datos observando los valores dia por dia del mes en curso o mes a mes del año en curso.



Figura 17. Aplicación Mobile de Pure Water

El usuario administrador también contará con estas funciones a nivel global del producto, permitiendo analizar los consumos totales.

Ambos perfiles podrán ver los planes de acción que se están realizando en zonas que los afecten para llevar un control de las medidas tomadas por los municipios para mejorar la calidad del agua.

El administrador tendrá funciones extra para llevar el mantenimiento del producto software en su totalidad ya que dará acceso a usuarios particulares seleccionando los medidores que le pertenecen. Además, puede utilizar la función de vaciado de tanques para su limpieza manual y darse de alta en el servicio de recolección de agua tratada.

## C. Sistema de Gestión por Zona

Todos los datos censados por el sistema serán almacenados y procesados con el fin de analizar el estado y el consumo del agua que hay en cada zona.

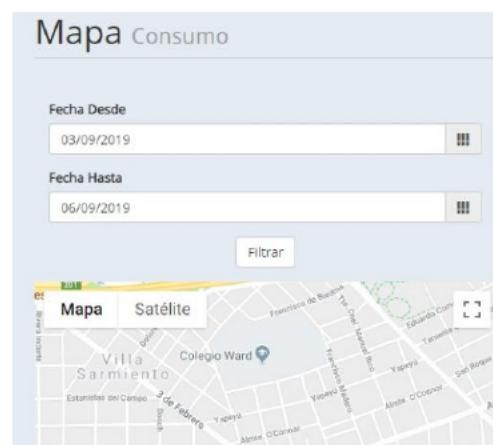
El sistema de gestión será utilizado por municipios, edificios o condominios con el objetivo de implementar un plan de acción para mejorar la calidad del agua o un plan de concientización por el uso desmedido de la misma.

Incluirá un plan de recolección de aguas tratadas a cargo del municipio, quien será responsable de contratar camiones que recolectan el agua de las viviendas, hoteles, edificios, residencias, centros deportivos y oficinas que estén adheridos al plan de recolección y la trasladan a fábricas de purificación o donde se requiera agua tratada para su reutilización, sobre todo en zonas donde tenga escasez de este recurso.

El recorrido será generado automáticamente por el sistema dependiente de la cantidad de productos instalados en la zona y tengan un nivel elevado de agua tratada.

El usuario particular recibirá beneficios a cambio del agua tratada por medio de las transacciones registradas al finalizar el recorrido.

Los usuarios del sistema de gestión por zona podrán visualizar estadísticas con los mapas de estado y consumo del agua como se puede observar en la Figura 18.



- Encender el filtro de aguas grises.
- Censar el caudal de agua utilizada.
- Censar el caudal y calidad de agua tratada.

## B. Funcionalidades de la Aplicación Mobile

- Monitorear los sensores que proveen información general del sistema.
- Notificar al usuario cuando el agua esté a nivel mínimo o máximo de la capacidad del tanque.
- Visualizar estadísticas del consumo y agua recuperada.
- Enviar información al sistema de gestión.
- Vaciar tanques por limpieza.
- Gestionar los usuarios en el sistema.
- Gestionar la participación del usuario en el servicio de recolección de agua tratable.
- Visualizar planes de acción realizados en la zona.
- Permitir abrir varias instancias (celular y tablet) con un mismo usuario.

## C. Funcionalidades del Sistema de Gestión por Zona

- Visualizar el estado del agua por zona (Mapa de Estado)
- Visualizar consumo del agua por zona (Mapa de Consumo)
- Gestión de camiones que recolectan el agua.
  - Administración de recolectores.
  - Administración de camiones.
  - Gestión de rutas.
- Ingreso de registros de agua recolectada por producto.
- Administración de los beneficios entregados a los usuarios.
- Registrar los planes de acción que lleva a cabo el municipio para cambiar el estado del agua en un determinado lugar e informar a los usuarios.

## Resultados

Previo a la construcción del prototipo funcional se comprobó el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes hardware.

En primera instancia, se realizaron pruebas de cada componente por separado evaluando sus rendimientos. Se realizaron una cantidad numerosa de pruebas y a continuación se explicaran las más importantes.

Comenzamos midiendo la calidad del agua, realizando pruebas al sensor de turbidez de líquido conectado a la placa Arduino y mediante un programa se mostró en

pantalla el valor de turbiedad (medido en NTU). Cuando lo sumergimos el sensor en agua limpia el resultado obtenido era menor a 2 NTU y luego de ensuciar el agua agregando tierra se fue incrementando por encima de los 10 NTU. Por ello, consideramos desechar el agua si supera este valor y no mezclar con el agua recolectada en el tanque de agua tratada para su reutilización.

Con el sensor de PH, realizamos un a prueba similar pero en este caso sumergimos el sensor en agua potable donde como resultado obtuvimos un valor entre 7.0 a 8.0 pH y luego lo sumergimos en salsa de tomate donde obtuvimos un valor más bajo entre 4.0 a 5.0 pH ya que es más ácida.

En segundo lugar, se realizaron pruebas al sensor de ultrasonido conectando a la placa Arduino y mediante un programa se mostró en pantalla las distancias obtenidas desde dicho sensor a un objeto. A través de esta simple prueba se pudo validar la sensibilidad del mismo, la cual es de 3 mm. Nos permite controlar el nivel de agua en los tanques, colocando el sensor en la tapa apuntando hacia abajo y midiendo la distancia al agua contenida.

Finalmente, se realizaron pruebas al sensor de caudalímetro conectando a la placa Arduino y mediante un programa se mostró en pantalla la cantidad de agua que fluía a través del sensor. Gracias a esta prueba podemos medir el consumo de agua proveniente de cada tanque.

Al finalizar las pruebas individuales se probaron los componentes conectados a una misma placa arduino funcionando en forma conjunta y verificando que los resultados sean los mismos obtenidos anteriormente.

A lo largo del proyecto se fueron realizando distintas pruebas de los componentes en forma individual con el objetivo de disminuir la probabilidad de errores al momento de integrarlos. Cabe destacar que se seguirá trabajando en el proyecto para lograr mejoras en los modelos comerciales.

## Conclusión

En 30 años, la escasez de agua afectará a 7 mil millones de personas [10]. El origen de la crisis se basa en la gestión de los recursos, principalmente causada por la utilización de métodos inadecuados.

Por lo tanto, es un momento clave para actuar de manera inteligente, proactiva y proponer soluciones antes de encontrarnos en una situación irreversible.

Nuestros propósitos son:

- Aumento en el aprovechamiento del agua.
- Mejora en el medio ambiente, por la reutilización de un recurso escaso.
- Disminución en el consumo del agua.

A largo plazo, nuestro objetivo será abordar la fabricación del equipo de tratamiento de agua grises para desarrollar un diseño económico, aprovechar aún más este recurso, extender nuestro mercado a viviendas particulares, detectar el consumo de cada salida de agua de la vivienda , detectar si hay alguna pérdida e incluir

nuevos sensores que permitan medir más parámetros importantes como el DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno [11]), DQO (Demanda Química de Oxígeno [12]), detergentes y cloro residual.

## Agradecimientos

El equipo de desarrollo desea agradecer a las siguientes personas y entidades:

- Grupo de docentes de la Cátedra Proyecto final de carrera.
- Familia y amigos del grupo de desarrollo.
- Arquitecto Ariel Albertal.

## Referencias

- [1]. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/wsh0302/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/)
- [2]. <https://gaia.org.ar/tratamiento-de-aguas-grises/>
- [3]. <https://www.ecologaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- [4]. <https://www.agro.uba.ar/centros/ciag/info/AUca>
- [5]. <https://metertech.com.ar/>
- [6]. <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-01-Turbidez.pdf>
- [7]. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/higsand7.pdf>
- [8]. <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/pH.htm>
- [9]. Guías para la calidad del agua potable, tercera edición. Página 338.  
[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- [10]. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- [11]. <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/DBO.htm>
- [12]. <http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/887>