

PLANTA PURIFICADORA DE AGUA

El agua que se utiliza en los detectores de luz Cherenkov es ultrapura: ha sido purificada según especificaciones extraordinariamente estrictas, alcanzando niveles extremadamente altos de pureza una amplia gama de contaminantes, incluyendo compuestos orgánicos e inorgánicos, materia disuelta y particulada, especies volátiles y no volátiles, sustancias reactivas e inertes y gases disueltos.

En la Figura 1 puede verse un esquema de la planta purificadora de agua del Observatorio Pierre Auger. El agua se transporta al sitio donde se encuentran los detectores Cherenkov del Observatorio en tanques de acero inoxidable, y el llenado de los detectores se realiza bajo medidas de seguridad que evitan la contaminación. Cada detector Cherenkov contiene 12.000 litros de agua ultrapura, que permanece estable por décadas.

PROCESO DE PURIFICACIÓN

1. PRE-TRATAMIENTO

- El agua necesaria para la planta se extrae de un pozo cercano y se guarda en una cisterna. Para optimizar los costos de producción de agua, en la cisterna se combina agua de pozo con agua de la red.
- El agua almacenada en la cisterna se clora para eliminar microorganismos. Luego, pasa a través de dos cilindros de filtrado: el filtro multimedia, compuesto por arena y antracita, reduce la turbidez del agua; mientras que en el filtro ablandador se reduce selectivamente la dureza del agua, intercambiando iones de Ca^{2+} y Mg^{2+} por Na^+ .
- Posteriormente, el agua pasa por un reductor de cloro (tiosulfato de sodio), que neutraliza el cloro libre, lo cual es crucial para evitar daños en las membranas de ósmosis. Se añade un anti-incrustante para prevenir la deposición de iones en las membranas y prolongar su vida útil.
- Finalmente, el agua atraviesa un sistema de dos filtros de $20\ \mu\text{m}$ y de $5\ \mu\text{m}$ que retienen micropartículas y mezclan las soluciones previamente dosificadas.

DIAGRAMA PLANTA DE AGUA HIPER PURA PIERRE AUGER

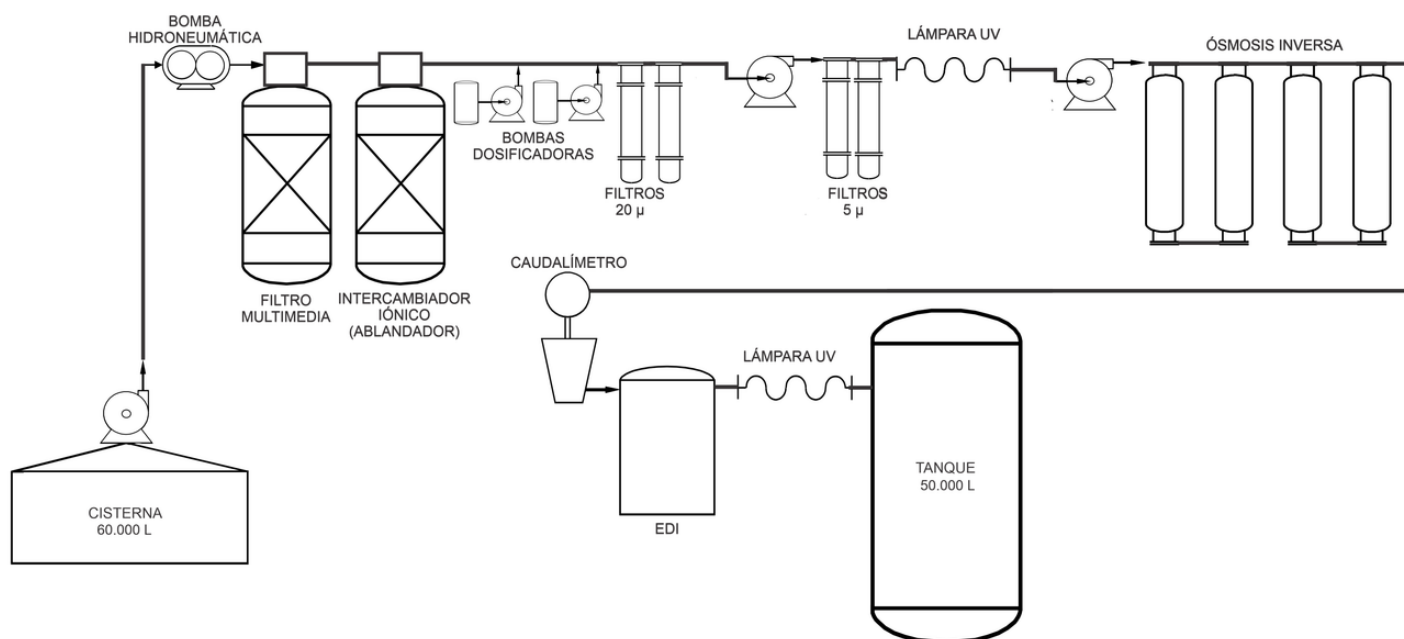


FIGURA 1. ESQUEMA DE LA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE AGUA DEL OBSERVATORIO AUGER. (CRÉDITO: JOSÉ ESCALONA, OBSERVATORIO PIERRE AUGER).

2. ÓSMOSIS INVERSA:

La ósmosis inversa utiliza dos grupos de tres membranas semipermeables cada uno, dispuestas en paralelo para eliminar solutos disueltos.

Se utiliza una bomba de alta presión para forzar el agua a pasar a través de membranas con poros pequeños, lo que retiene contaminantes iónicos en el lado de alimentación. Parte del agua junto con los contaminantes rechazados se envía a un desagüe para evitar la acumulación en las membranas. La recuperación, es decir, la proporción de agua filtrada respecto al agua rechazada, es del 50-60 %, lo que es alto en comparación con otros métodos de purificación. Sin embargo, este método previene la acumulación de contaminantes concentrados. La calidad del agua se evalúa por su conductividad eléctrica y actividad biológica. La conductividad del agua después de la ósmosis es de aproximadamente $8 \mu\text{S}/\text{cm}$, en comparación con los $1\,560 \mu\text{S}/\text{cm}$ del agua antes del tratamiento.

Una conductividad de $8 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el agua purificada indica que el proceso eliminó la mayoría de las sales y solutos disueltos, reflejando un alto grado de pureza. Este valor no corresponde a la conductividad final del agua ultrapura, sino que funciona como un indicador de la eficacia del método.

3. ELECTRODEIONIZACIÓN (EDI)

Tras la ósmosis inversa, una lámpara UV de 185 nm descompone las moléculas orgánicas en CO_2 y H_2O . Luego, en el módulo EDI, hay electrodos de polaridad opuesta y celdas de intercambio iónico con membranas. Estas membranas en el EDI retienen iones y la resina se regenera con la hidrólisis del agua, eliminando contaminantes que son atraídos por los electrodos y descartados en la cámara de concentrado (D), mientras que en la cámara de dilución (C), se obtiene el agua ultrapura.

4. ALMACENAMIENTO Y RECIRCULACIÓN

El agua producida se almacena en un tanque de fibra de vidrio de 50 000 litros (Figura 2) cercano a la planta. Este tanque se conecta con un sistema de recirculación con dos bombas y dos filtros de resina mixta de intercambio iónico. Aunque no producen agua de las mismas características que el EDI, ayudan a mantener la calidad del agua durante el almacenamiento.

5. AUTOMATIZACIÓN

La planta de agua funciona de manera automatizada mediante un sistema de control computarizado que controla todos los parámetros clave de producción. Si algún sensor detecta valores fuera de los rangos establecidos, la planta se detiene automáticamente y emite una señal de alerta.



FIGURA 2. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA DE PURIFICACIÓN DE AGUA DEL OBSERVATORIO AUGER .