

# TURBU-VAP: Un sistema óptico para medir evaporación a gran escala en operaciones mineras

## DESCRIPCIÓN

TURBU-VAP es un sistema de medición de evaporación a gran escala (100 – 500 m<sup>2</sup>) y bajo costo. Las mediciones se basan en los principios de conservación de la energía y en modelos de turbulencia en la capa límite atmosférica. Este sistema consiste en:

1. Un instrumento óptico que mide turbulencia atmosférica, consistente en un láser de baja potencia propagado a través del área donde se desea medir evaporación y un telescopio que enfoca este láser.
2. Una estación meteorológica que mide radiación neta, flujos de calor hacia el suelo, temperatura y humedad relativa del aire y presión atmosférica.
3. Un computador a cargo de la adquisición y el procesamiento de datos para el cálculo de la evaporación, a partir del principio de conservación de energía y modelos de turbulencia atmosférica.
4. Una plataforma de despliegue y análisis de resultados disponible online (en la nube).



▲ Primer prototipo de TURBU-VAP instalado en una cancha de fútbol.

## VENTAJAS

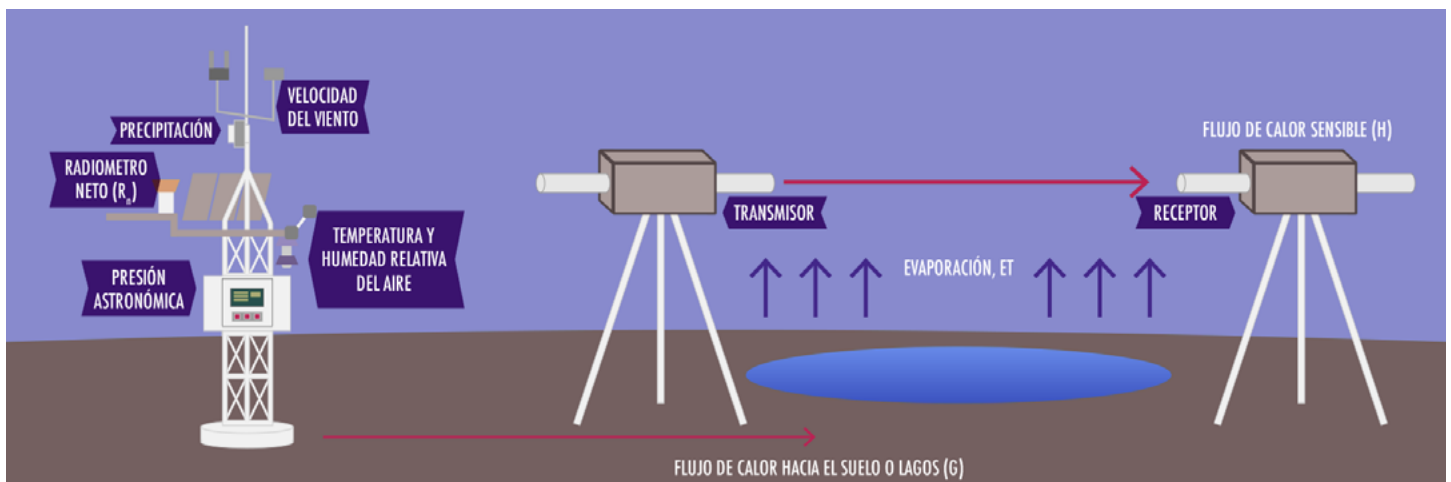
1. Mayor alcance que métodos actuales puntuales y no representativos de gran escala de superficie
2. Mayor precisión y confiabilidad que métodos de medición manuales.
3. Menor costo que otros métodos disponibles en el mercado.
4. Método robusto (funciona con altos niveles de polvo).
5. Método de medición automático y en tiempo real (no interviene en los procesos operacionales).

## MERCADO

TURBUVAP apunta a ser una solución para faenas mineras, cultivos agrícolas, vitivinícolas y a sistemas hidrológicos e hidrogeológicos, donde la evaporación es significativa e incierta, por lo que su medición en tiempo real permite mejorar la gestión del recurso hídrico. También puede ser utilizado por académicos e investigadores en las áreas antes mencionadas.

## APLICACIONES

TURBUVAP mide evaporación en operaciones mineras, como tranques de relaves y pilas de lixiviación, en terrenos agrícolas y vitivinícolas, y en sistemas hidrológicos. El monitoreo de la evaporación, en conjunto con herramientas de gestión hídrica, permiten optimizar el uso de agua en estos sistemas.



▲ Esquema del sistema TURBU-VAP: a través de la medición de la turbulencia atmosférica y de diversas variables meteorológicas, se mide la evaporación con mínima intervención en la zona de interés

## INVESTIGADORES



► **Francisco Ignacio Suárez Poch**  
Ingeniero Civil Hidráulico, Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Ph.D en Hidrogeología  
Profesor Asociado  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
[fsuarez@ing.puc.cl](mailto:fsuarez@ing.puc.cl)



► **Christian Dani Guzmán Carmine**  
Ingeniero Civil Eléctrico  
Ph.D en Física  
Asesor Técnico  
Andes Scientific Instruments  
[cdguzman@ing.puc.cl](mailto:cdguzman@ing.puc.cl)



► **Amokrane Berdja**  
Físico, Ph.D en Astronomía  
Científico en jefe  
Andes Scientific Instruments  
[aberdja@ing.puc.cl](mailto:aberdja@ing.puc.cl)

## ESTADO DE DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

Primer prototipo de TURBUVAP permitió medir evaporación a escalas espaciales de 100-500 m<sup>2</sup>, con resultados comparables o superiores a otros sensores existentes. Con este prototipo, el principio de medición se encuentra validado en un entorno controlado (superficie de pasto). El segundo prototipo, que es completamente funcional y diseñado para ser desplegado en cualquier tipo de faena (minera o agrícola) está en etapas finales de fabricación. El principal avance de la segunda versión es que incluye monturas opto-mecánicas computarizadas, que permiten la auto-alineación del instrumento óptico, lo cual es un requerimiento para operación automática. En los próximos meses se realizará una validación en un entorno real de este segundo prototipo en cultivos agrícolas. Además, se realizó un estudio de mercado y del modelo de negocios, habiendo definido cómo comercializar la tecnología.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

- Propiedad intelectual compartida con Fundación Copec-UC (35%) y Pontificia Universidad Católica de Chile (65%). Licenciamiento a través de DICTUC S.A.
- Se solicitó la patente "Sistema y método para monitorear evaporación a gran escala" al Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

## PARA MAYOR INFORMACIÓN



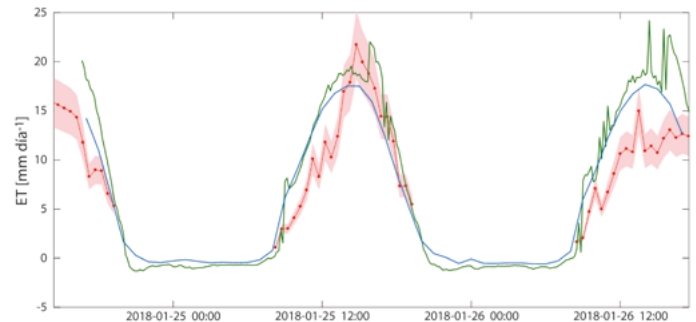
► **Fundación Copec-UC**  
Atilio Ziomi  
Gerente Comercial  
[aziomi@uc.cl](mailto:aziomi@uc.cl)  
+56 2 2354 1942

## OPORTUNIDAD

La gestión hídrica, tanto de procesos mineros, agrícolas y de sistemas naturales, requiere de la cuantificación de los flujos de agua, especialmente en zonas áridas, donde la disponibilidad del recurso hídrico es limitada y un flujo como la evaporación se vuelve relevante.

Hoy en día, los métodos tradicionales de medición de evaporación generalmente están asociados a altos niveles de incertidumbre, ya que son representativos de escalas relativamente pequeñas (1 – 10 m<sup>2</sup>) o de escalas extremadamente grandes (1 – 10 km<sup>2</sup>), respecto a las escalas de interés en minería y agricultura (~100-500 m<sup>2</sup>). Por otro lado, también existen métodos menos conocidos a nivel operacional, como el método de covarianza de vórtice (EC) y los escintilómetros de gran apertura (LAS), que se basan en teorías de turbulencia en la capa límite atmosférica. Sin embargo, este tipo de tecnologías presentan limitaciones al momento de llevarlos a operación, ya que por una parte tienen altos costos de implementación y por otra, EC no es capaz de cubrir un área de 500 m<sup>2</sup> y LAS está diseñada para áreas mayores.

El sistema TURBU-VAP utiliza la teoría de la turbulencia atmosférica, combinada con mediciones de variables meteorológicas, para medir evaporación a una escala espacial del orden de 100-500 m<sup>2</sup>, con mínima intervención en la zona de medición. Por esto, es un sistema idóneo para medir pérdidas de agua por evaporación en pilas de lixiviación, tranques de relaves, cultivos, reservorios, y en muchos sistemas naturales como humedales y lagunas.



- ▲ Medición de evaporación en una cancha de fútbol utilizando distintas técnicas: evaporación real medida usando método del domo (línea roja, donde la sombra corresponde al error asociado a esa medición), evaporación potencial determinada con el método de la FAO, y evaporación real estimada con TURBU-VAP.

### ► DICTUC S.A.

Mariela Silva Rojas  
Gerente de Asuntos Corporativos  
DICTUC S.A.  
[msilva@dictuc.cl](mailto:msilva@dictuc.cl)  
+56 2 2354 579

