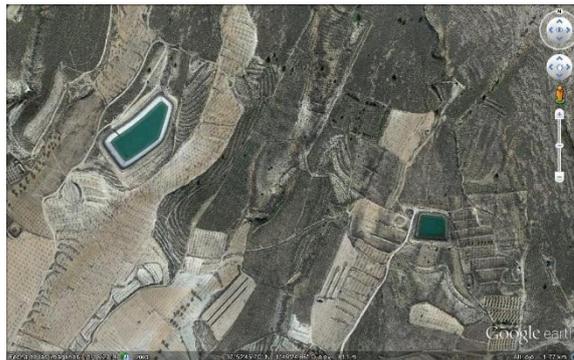


INFORME DE SEGUIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DEL PANAL FLOTANTE EN C.R. CAMPO ALTO (LA PACA-LORCA)

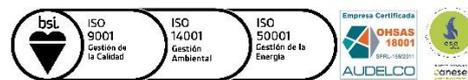


AQUATEC, PROYECTOS PARA EL SECTOR DEL AGUA, S.A.U.

INFORME Nº 2



OCTUBRE 2017



Índice

1. Antecedentes.....	2
2. Actividades Realizadas.....	3
2.1. Seguimiento	3
3. Resultados.....	5
3.1. Cálculo de la evaporación del agua	7
4. Conclusiones.....	10
5. Bibliografía	11

1. Antecedentes.

La Comunidad de Regantes de Campo Alto situado en La Paca (Lorca) dispone de una balsa destinada a riego y suministro a granjas porcinas, que se alimenta de tres procedencias, dos pozos (uno de ellos muy salino) y agua potable del depósito que abastece a la población. En esta zona el agua es un recurso escaso y muy preciado, por lo que cualquier propuesta de ahorro y eficiencia en su gestión son siempre bienvenidas.

Aquatec llega a un acuerdo con la C.R. de Campo Alto para para la evaluación técnica de la tecnología Panal Flotante, que consiste en una cubierta modular para balsas/embalses mediante esferas. Las esferas construidas de una forma específica se ordenan de forma natural en la superficie de la masa de agua en una disposición parecida a la de un panal de abeja.

Antes de su implantación se elaboró una planificación para la ejecución de las tareas de instalación y del seguimiento requerido para la evaluación técnica de esta nueva tecnología.

El objetivo de esta serie de documentos es recopilar los resultados obtenidos durante la fase de evaluación.

2. Actividades Realizadas.

2.1. Seguimiento

Durante el periodo analizado (Octubre 2017) se realiza un seguimiento del comportamiento del embalse y la cubierta, sin registrarse incidencias.



Figura 1. Detalle de las esferas en el embalse durante este periodo.



Figura 2. Ubicación geográfica de la Balsa Piloto y la Balsa Control.



Figura 3 Detalle de la Balsa Control y la Balsa Piloto ya con el Panal Flotante instalado.

La periodicidad con la que se han realizado las visitas de seguimiento ha sido quincenal en unos casos y semanal durante la puesta a punto de la estación meteorológica y de las sondas de temperatura del agua.

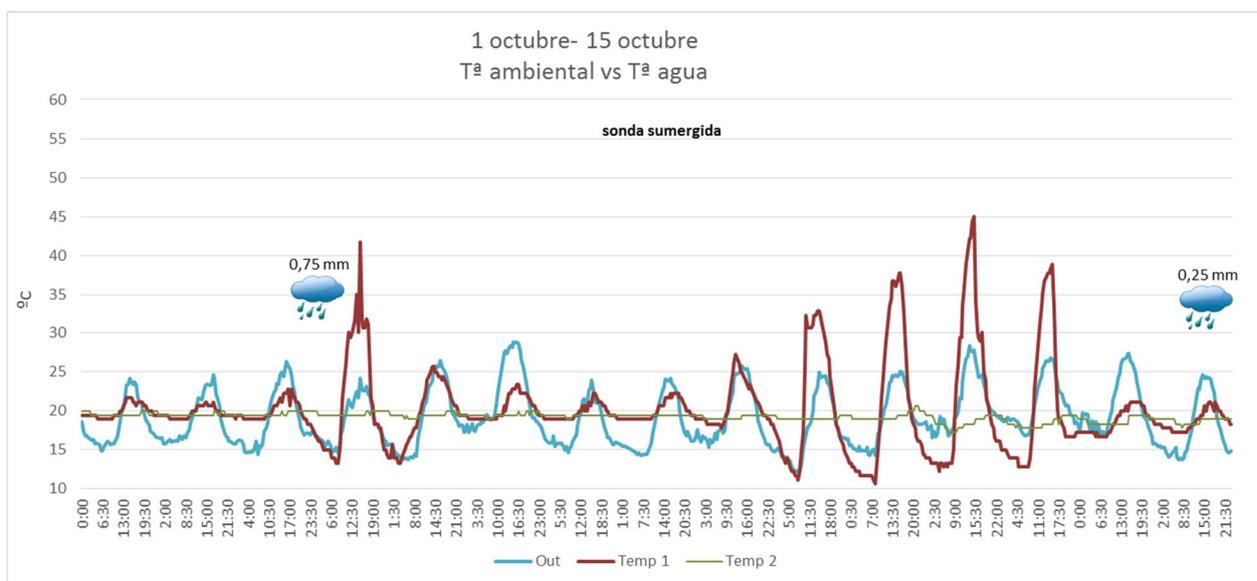
3. Resultados

La propuesta inicial era poder contrastar la temperatura del agua mediante sondas entre la Balsa Piloto y la Balsa Control. Dadas las diferentes problemáticas encontradas con la monitorización automática, se decidió tomar medidas puntuales mediante equipo portátil de temperatura y oxígeno; para validar las hipótesis:

- con el Panal Flotante las condiciones térmicas de la masa de agua se mantienen más estables que en la Balsa Control,
- la cobertura del agua con el Panal Flotante no afecta a la calidad del agua.

En cuanto al seguimiento de la temperatura del agua frente a los cambios ambientales durante el periodo evaluado, en las Figuras 4 y 5 observamos que:

- Se observa que a nivel de la cubierta flotante la sonda *Temp 1* ubicada en la superficie, registra en varios días una temperatura mucho más alta que en el exterior, debido posiblemente a que la sonda se ha quedado al aire por bajada puntual del nivel del agua. Si bien este incremento de temperatura no se traslada a nivel de la *Temp 2*, sumergida a 50 cm de la superficie, que registra una temperatura constante, con una desviación estándar en el periodo analizado de 0,3°C.



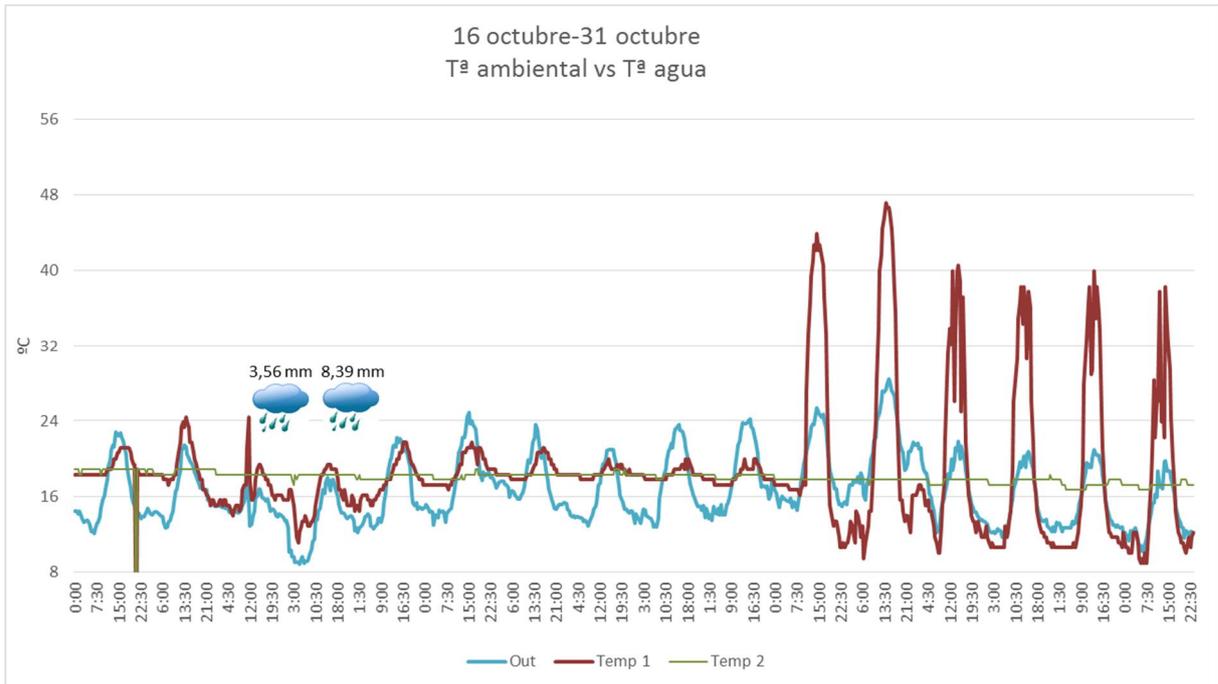


Figura 4 Evolución temporal de la Tª ambiental vs Tª del agua en la Balsa Piloto. En la leyenda, Temp 1: °C en la superficie del agua. Temp 2: °C a 50 cm de profundidad.

- La velocidad del viento en el periodo analizado ha sido baja, registrándose muchos días con ausencia de viento. La velocidad media en la balsa piloto es 5 km/h.
- La bajada de las temperaturas y el registro de más días con escaso viento, reducen los niveles de evaporación, si bien se mantienen las tasas de reducción de esta.

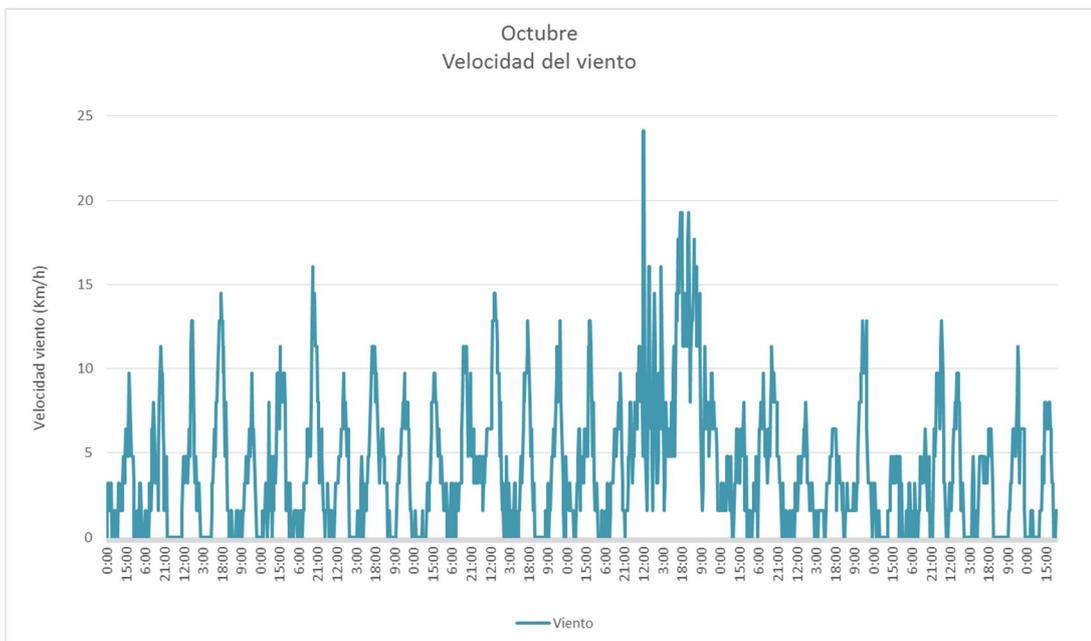


Figura 5 Evolución temporal de la velocidad del viento en la Balsa Piloto, registrada en la estación meteorológica.

3.1. Cálculo de la evaporación del agua

Existen tres métodos para el cálculo de la evaporación del agua:

- Balance de Energía,
- Aerodinámico,
- Combinado (Penman).

Una vez evaluada la aplicabilidad de cada uno, se identifica como más adecuado el **Método Aerodinámico**, que se utiliza cuando no hay limitación de aporte energético, siendo el viento el factor limitante para que se produzca evaporación como es el caso de los embalses.

En la siguiente imagen se describen los pasos para la obtención de la Evaporación según el Método Aerodinámico y que se han aplicado en este monitoreo.

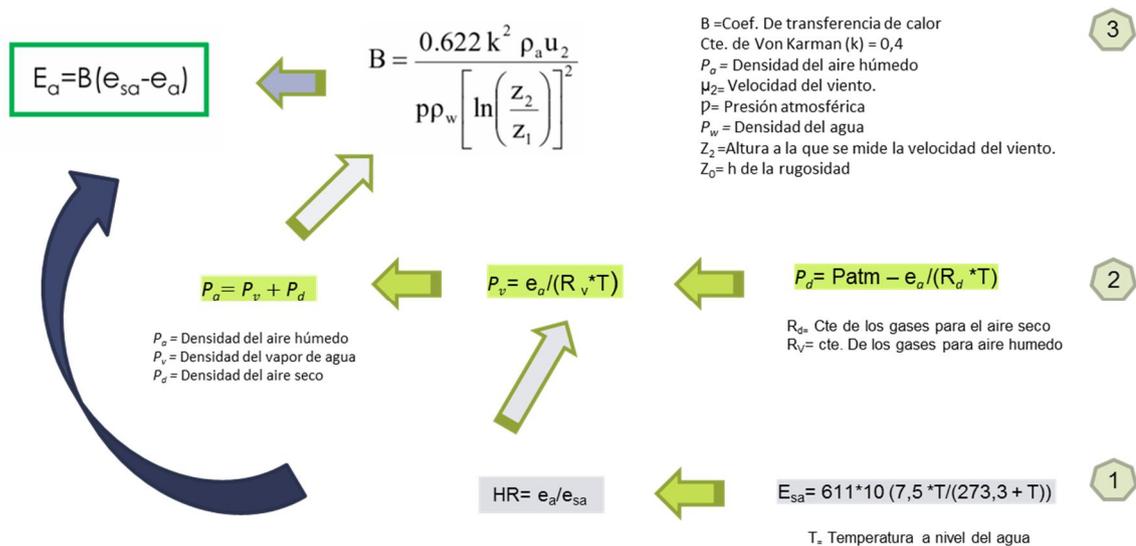


Tabla 1 Datos necesarios para el cálculo de la Evaporación en una masa de agua.

DATOS NECESARIOS	MODO DE OBTENCION
B =Coef. De transferencia de calor	Formula
e_a = Tensión de vapor de aire	Formula
e_{sa} = Tensión de vapor de saturación de aire	Formula
Cte. de Von Karman (k) = 0,4	Cte. de Von Karman (k) = 0,4
ρ_a = Densidad del aire húmedo	Dato
μ_2 = Velocidad del viento.	Estación meteorológica
P = Presión atmosférica	Estación meteorológica
ρ_w = Densidad del agua	Dato
Z_2 = Altura a la que se mide la velocidad del viento	Estación meteorológica
Z_0 = h de la rugosidad	Según tabla
HR = Humedad relativa	Estación meteorológica
R_d = Cte de los gases para el aire seco	Dato
R_v = cte. De los gases para aire húmedo	Dato
T = Temperatura a nivel del agua	Estación meteorológica

$$E_a = B(e_{sa} - e_a)$$

Valores aproximados de la altura de rugosidad en superficies naturales

Superficie	Altura de rugosidad z_0 (cm)
Hielo, fango	0.001
Agua	0.01 - 0.06
Pasto (hasta 10 cm de altura)	0.1 - 2.0
Pasto (10 - 50 cm de altura)	2 - 5
Vegetación (1 - 2 de altura)	20
Árboles (10 - 15 de altura)	40 - 70

Fuente: (Chow, 1994)

En la Tabla 1 se muestra el modo de obtención de los datos necesarios para el cálculo de la Evaporación.

El procedimiento para el cálculo de la Evaporación pasa por la extracción de los datos obtenidos por la estación meteorológica, volcado en la hoja Excel elaborada para el proyecto y por último aplicación de las distintas fórmulas, hasta obtener para cada día de monitoreo una **Evaporación total** en m³/día.

En la Tabla 2 se muestran los cálculos de Evaporación total para el período octubre 2017, la primera columna corresponde con el cálculo teórico si no hubiese cubierta en la masa de aguay la segunda columna aplicando el factor de reducción del efecto del viento según se indica en la bibliografía especializada (Gallego 2011, Maestre 2011). Según Gallego, la presencia de una cobertura de sombreado (tipo malla) provoca una reducción del factor de evaporación variable en función de la época del año, alcanzándose valores máximos en los meses estivales (90%), mientras que a finales de otoño se observan valores más moderados (38. 60%). Esta variación va asociada a las altas temperaturas que se registran en verano.

Tabla 2 Cálculos de Evaporación total (Etotal) durante el período octubre de 2017, frente a los cálculos obtenidos en el periodo julio-agosto de 2017. El factor de reducción se explica arriba en el texto.

Octubre 2017	Etotal (m ³ /día)	Etotal con Panal Flotante (m ³ /día)	Factor de Reducción (%)
Media	13,11	0,73	-94,44
Máx	36,97	1,34	-96,38
Mín	4,39	0,36	-91,88

Julio-Agosto 2017	Etotal (m ³ /día)	Etotal con Panal Flotante (m ³ /día)	Factor de Reducción (%)
Media	28,91	2,15	-92,57
Máx	92,01	7,36	-92,00
Mín	0,00	0,00	0

Las principales observaciones que extraemos de los datos son:

- En los resultados obtenidos en octubre, se refleja la reducción de la tasa de evaporación, relacionado por la disminución de las temperaturas medias y la menor afección del viento. Aun así, en el periodo evaluado, se han registrado valores muy altos de temperatura provocados por la exposición al aire de la sonda tras la bajada del nivel, lo que ha supuesto un Factor de Reducción aún mayor al registrado en el verano.
- Los cálculos teóricos de la Evaporación total son equivalentes a los que se publican en las tesis doctorales y artículos científicos realizados en el sureste español. Por lo que damos por válido el método de cálculo y los datos obtenidos.
- En la bibliografía consultada se incide en la importancia de la acción del viento en la tasa de evaporación del agua. Aunque la temperatura es importante para generar vapor, si no hay viento que arrastre el vapor de agua no se produce la evaporación.
- El rendimiento del Panal Flotante evaluado como tasa de reducción de la evaporación, debe calcularse según las estaciones del año y finalmente mediante un cálculo medio anual; para compensar las altas temperaturas del verano con el resto del año.

4. Conclusiones

Podemos resumir los resultados obtenidos hasta el momento del ensayo del Panal Flotante en la Figura 6.



Figura 6 Esquema de los objetivos a monitorizar de la instalación del Panal Flotante en la C. R. Campo Alto.

Durante este periodo la inspección visual de las esferas es correcta, sin presencia de deterioro del material plástico.

Las velocidades del viento registradas no son muy altas (máximos de 20-25 km/h), pero encontramos una velocidad media de 5 km/h, suficiente para provocar la evaporación.

La evaluación del rendimiento durante la fase estival en este piloto resulta muy positiva, ya que se ha reducido el índice de insolación de la masa de agua (por la acción física de las esferas) y se reduce la tasa de evaporación máxima de 36,97 a 1,34 m³/día. La evolución se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Datos medios y máximos de evaporación en la Balsa Control según los meses de estudio, comparando el dato sin presencia de cobertura y con la cobertura del Panal Flotante.

TASA EVAPORACIÓN	SIN COBERTURA		CON COBERTURA	
	OCTUBRE		OCTUBRE	
	MEDIA	MÁX	MEDIA	MÁX
mm/día	4,5	12,59	0,357	1,01
cm/mes	13,4	37,78	1,071	3,02

5. Bibliografía

Gallego E., B. 2011 *Análisis de la evaporación en embalses de riego y de su reducción con coberturas de sombreo*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería los Alimentos y del Equipamiento Agrícola. Área Ingeniería Agroforestal. Universidad Politécnica de Cartagena. <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/1736/bge.pdf?sequence=1>

Maestre V., J.F. 2011 *Efectos de la aplicación de coberturas de sombreo suspendidas sobre balsas de riego*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería los Alimentos y del Equipamiento Agrícola. Área Ingeniería Agroforestal. Universidad Politécnica de Cartagena. <http://repositorio.upct.es/bitstream/10317/2036/1/eac.pdf>

Martínez G., D. 2015 *Economic valuation of water use for irrigation in the Segura River Basin. Assessment of economic instruments for aquifer management*. Tesis Doctoral. Departamento de Economía de la Empresa. Área De Economía, Sociología Y Política Agraria. Universidad Politécnica de Cartagena. <http://www2.uned.es/catedraeconomiaagua/tesis-david.pdf>

Molina M., J.M.; Martínez A., V.; Baille, A. & González-Real, M.M. 2006 Estimación de la Evaporación en embalses de riego mediante un modelo de balance de energía. Ingeniería del Agua. Vol 13, Nº 3.