

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“CALIBRACIÓN DE LAS FORMULAS EMPÍRICAS DE  
EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA, RESPECTO A LA  
EVAPORACIÓN DEL TANQUE TIPO A, EN LA ESTACIÓN DE  
PURHUAY-HUARI, PERIODO 2014 – 2018”**

**Presentado por:**

**MIJAIL ROBENSON ACUÑA BARDALES**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**Huaraz, Perú**

**2020**



## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme las bendiciones necesarias, todos los días de mi vida.

A mis padres por haberme brindado el apoyo Moral y Económico para culminar esta noble profesión.

Lo dedico a todos los integrantes de la familia Acuña Bardales; capitaneados por el señor Arturo Acuña Silva y la señora Aidée Bardales de Acuña siendo conformados por: Ivan, Nelly, Herver, Luis, Ronald, Yely, Tula, Dula y Alicia.

A mis hermanos por haber estado cada uno de ellos apoyándome de diferentes maneras, pero me apoyaron.

A Hever Y Ronal por ponerse a la familia al hombro cuando más se necesitó.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Centro de Investigación Ambiental para el Desarrollo de la Facultad de Ciencias del Ambiente, por brindarme el apoyo con los datos meteorológicos, para esta tesis.

A la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) el cual es y será mi alma mater, por haberme brindado la educación superior en mi región, sin la necesidad de ir a la capital, sé que la universidad no hace al estudiante, el estudiante hace a la universidad; con altas y bajas me he formado y creo tuve en mi desempeño académico a muchos docentes buenos de mi facultad y otras que colaboran en la formación académica de un ingeniero, que en adelante me toca desenvolverme y ser de los mejores profesionales de la región y del país.

Al ingeniero Esteban Reyes Roque, por los aportes académicos en el tema de hidrología con el fin de mejorar esta investigación.

A mi asesor, doctor Fidel Aparicio Roque, por la paciencia y buena voluntad, al dirigirme en la realización de esta tesis.

Al Colegio Secundario Taller Don Bosco, Anexo- Llamellin, por haberme brindado la educación básica y técnica en Talla Artística, los cuales me sirvieron para trabajar y solventar mis necesidades en el proceso de formación profesional.

## LISTA DE CONTENIDO

PORTADA .....	iv
ACTA DE CONFORMIDAD .....	ivi
ACTA DE SUSTENTACION.....	ivii
DEDICATORIA.....	ivv
AGRADECIMIENTO .....	v
LISTA DE CONTENIDO .....	vi
TABLA DE CONTENIDO .....	vii
CONTENIDO DE TABLAS .....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS .....	x
CONTENIDO DE ECUACIONES .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRAC.....	xv

## TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION.....	1
1.1    Objetivos .....	2
1.2    Hipótesis.....	2
1.3    Variables.....	3
1.3.1    Variable dependiente .....	3
1.3.2    Variable independiente .....	3
II. MARCO TEORICO .....	4
2.1    Antecedentes del tema .....	4
2.2    Marco conceptual .....	5
2.3    Definición de términos básicos.....	28
III. MATERIALLES Y METODOS .....	30
3.1    Materiales y Equipos .....	30
3.2    Tipo de investigación .....	30
3.3    Población y muestra .....	31
3.4    Técnicas e instrumentación de recolección de información.....	32
3.5    Procesamiento de la información .....	32
3.6    Calibración de las fórmulas empíricas. ....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	38
4.1    Resultados .....	38
4.1.1    Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia diaria (ET <sub>o</sub> ) .....	38
4.1.2    Análisis estadístico de la relación de la evapotranspiración entre la ecuación del tanque tipo A y ecuaciones empíricas. ....	38

4.1.3 Determinación de la correlación de la Evapotranspiración promedio mensual, estimadas con las Fórmulas Empíricas.....	51
4.2 Discusión.....	57
V. CONCLUSIONES.....	60
VI. RECOMENDACIONES .....	61
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	62
ANEXO .....	64

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. ETo promedio para diferentes regiones agroclimáticas en mm/día. ....	13
Tabla 2. Matriz de datos Meteorológicos. ....	32
Tabla 3. Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2014. Con una probabilidad del 95%. ....	40
Tabla 4. Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2015. Con una probabilidad del 95%. ....	43
Tabla 5. Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2016. Con una probabilidad del 95%. ....	45
Tabla 6. Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2017. Con una probabilidad del 95%. ....	48
Tabla 7. Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2018. Con una probabilidad del 95%. ....	50
Tabla 8. Análisis de la Evapotranspiración Mensual. Años (2014-2018).....	51
Tabla 9. Análisis estadístico de la Evapotranspiración de Referencia, Anual. Con una probabilidad del 95%. ....	54
Tabla 10. Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia Mensual, Años (2014-2018).....	55
Tabla 11. Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia Mensual, Años (2014-2018).....	56



## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de una estoma. ....	7
Figura 2. Repartición de la evapotranspiración en evaporación y traspiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual. ....	8
Figura 3. Factores que afectan la evapotranspiración con referencia a conceptos relacionados de ET. ....	9
Figura 4. Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ), bajo condiciones estándares ( $ET_c$ ) y bajo condiciones no estándares ( $ET_{c\ aj}$ ). ....	12
Figura 5. Balance de agua en el suelo de la zona radicular. ....	16
Figura 6. Modelo de comparación grafica de $ET_o$ . ....	35
Figura 7. Modelo regresión lineal $ET_{OTANQUE\ TIPO\ A}$ VS $ET_{OEcuaciones\ Empírica}$ ....	37
Figura 8. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de $ET_o$ . Año 2014. ....	38
Figura 9. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de $ET_o$ . Año 2014. ....	39
Figura 10. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de $ET_o$ . Año 2014. ....	39
Figura 11. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de $ET_o$ . Año 2014. ....	40
Figura 12. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de $ET_o$ . Año 2015. ....	41
Figura 13. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de $ET_o$ . Año 2015. ....	41
Figura 14. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de $ET_o$ . Año 2015. ....	42
Figura 15. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de $ET_o$ . Año 2015. ....	42

Figura 16. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2016. ....	43
Figura 17. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2016. ....	44
Figura 18. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2016. ....	44
Figura 19. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2016. ....	45
Figura 20. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2017. ....	46
Figura 21. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2017. ....	46
Figura 22. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2017. ....	47
Figura 23. Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2017. ....	47
Figura 24. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2018. ....	48
Figura 25. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2018. ....	49
Figura 26. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2018. ....	49
Figura 27. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2018. ....	50
Figura 28. Comportamiento mensual de la ETo determinada por las Ecuaciones Empíricas y Tanque Tipo A. Años (2014-2018) .....	51
Figura 29. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación anual de ETo. .	52
Figura 30. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación anual de ETo. .	53
Figura 31. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación anual de ETo. .	53

Figura 32. Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación anual de ETo. .	54
Figura 33. Evapotranspiración de Referencia ETo (Tanque Tipo A, Ivanov, Ivanov corregido). .....	55
Figura 34. Evapotranspiración de Referencia ETo (Tanque Tipo A, Penman-Monteith, Penman-Monteith corregido)......	56
Figura 35. Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2014.	83
Figura 36. Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2015.	94
Figura 37. Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2016. .....	105
Figura 38. Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2017. .....	116
Figura 39. Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2018. .....	127
Figura 40. Estación de Purhuay.....	128

## CONTENIDO DE ECUACIONES

1. Ecuacion de la Evapotraspiracion real .....	18
2. Ecuacion del Tanque Tipo A.....	18
3. Ecuacion de Ivanov .....	19
4. Ecuacion de Hargreaves y Samani .....	20
5. Ecuacion de Jensen - Haise .....	20
6. Ecuacion de Penman - Monteith .....	21
7. Presion Atmosferica (P) .....	22
8. Constante Psicometrico ( $\gamma$ ) .....	22
9. Radiacion extraterrestre para periodos diarios (Ra) .....	23
10. Ecuacion de regresion lineal .....	24
11. Coeficiente de correlacion (r).....	25
12. Formulas para calcular (r) .....	25
13. Calculo de t calculado (tc).....	27

## RESUMEN

Con la finalidad de manejar eficientemente el agua en los proyectos de irrigación y el aumento tecnológico en la agricultura, La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, propuso el uso de la ecuación de Penman-Monteith como el estándar para la estimación de la evapotranspiración de referencia y para la calibración de otras ecuaciones. El principal inconveniente del uso de las ecuaciones empíricas es que requiere datos que no se tienen acondicionados en la mayoría de las estaciones de la región Ancash.

Por ello esta investigación se enfoca en describir y comprender cual de la formulas resultan con mejor resultado al calibrar las fórmulas empíricas de evapotranspiración de referencia, respecto a la Evaporación del Tanque Tipo A, en la estación de Purhuay-Huari.

El uso de varias fórmulas empíricas como Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen-Haise, Penman - Monteith ha hecho que se necesite de los datos del tanque tipo A para realización de la calibración. Se ha correlacionado el Tanque tipo A con las fórmulas empíricas (Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen-Haise, Penman - Monteith) determinando cuál de las fórmulas presenta mejor correlación estadística.

Se encontró que los resultados **diarios** de la Evapotranspiración estimadas mediante las fórmulas empíricas y correlacionadas respecto al tanque tipo A. El que tiene mejor ajuste es la ecuación empírica de Penman - Monteith con el coeficiente de determinación de 80.10%, 81.53%, 80.50%, 80.69% y 88.60%, respectivamente en orden desde el 2014 al 2018. Al hacer la correlación **mensual** del ETo del Tanque Tipo A con Penman – Monteith tenemos un valor de 89.23% y muy cerca esta la ecuación de Ivanov con un 88.09% de asociación relativa.

Se concluye que la ecuación de Penman-Monteith es el que tiene mayor ajuste respecto de la demás formulas empíricas.

**Palabra clave:** *evapotranspiración, Penman-Monteith, formulas empíricas, correlación.*

## ABSTRAC

In order to efficiently manage water in irrigation projects and technological increase in agriculture, the United Nations Agriculture and Food, prop use the use of the Penman-Monteith as the standard for estimation of the evapotranspiration of reference and for the calibration of other equations. The main drawback of the use of empirical equations is that it requires no data will have put in most stations in the Ancash region.

Therefore, this research aims to describe and understand which of the formulas result in a better result when calibrating the empirical formulas of evapotranspiration of eference, with respect to Evaporation of the Type A Tank, at the Purhuay-Huari station.

The use of various empirical formulas such as Ivanov, Hargreaves and Samani, Jensen- Haise, Penman - Monteith has made it necessary for the data of the type A tank to perform the calibration. The Type A Tank has been correlated with the empirical formulas (Ivanov, H argreaves and Samani, Jensen- Haise, Penman - Monteith) determining which of the formulas has the best statistical correlation.

Is found that results **day** of Eto estimated with the empirical formulas and correlated with respect to the tank type A. The that has better ajust and is the equation empiric to the Penman - Monteith with the coefficient of determination of 80.10%, 81.53%, 80.50 %, 80.69% and 88.60 %, respectively in order from 2014 to 2018. When making the **monthly** correlation of the Type A Tank ETo with Penman - Monteith we have a value of 89.23% and the Ivanov equation is very close with an 88.09% relative association.

It is concluded that the Penman-Monteith equation is the one that has the greatest adjustment with respect to the other empirical formulas.

**Keyword:** *evapotranspiration, Penman-Monteith, empirical formulas, correlation.*

## I. INTRODUCCION

La evapotranspiración es uno de los parámetros meteorológicos más importantes para el estudio de la vegetación y el consumo de agua en el medio ambiente. Se estima que aproximadamente el 75% de la precipitación total anual que ocurre sobre los continentes retornan la atmósfera en forma de vapor a través de los procesos de evaporación y transpiración, por ello la evapotranspiración junto a la evaporación constituyen una de las fases básicas del ciclo hidrológico del agua.

Dicha determinación permite desarrollar estudios de gestión, optimización del recurso hídrico, para una adecuada dotación del agua en proyectos de irrigación, proyectos de reforestación, entre otros. La ETo es la medida de la demanda evaporativa de la atmósfera independiente del tipo de cultivo, el cual representa un parámetro climático y puede calcularse a partir de datos meteorológicos. Esto hace posible comparar valores medidos o estimados de ETo en diferentes localidades y épocas del año, debido a que se refiere a la ET determinada bajo un mismo cultivo de referencia.

Los métodos más precisos para determinar la ETo utilizan mediciones con lisímetros; estas mediciones son costosas y difíciles de realizar; razones por las cuales el uso de estos equipos resulta insostenible en la estimación de la ETo en muchas áreas del planeta. Diferentes modelos empíricos y semi-empíricos para el cálculo de la ETo han sido desarrollados incluyendo métodos basados en: la temperatura, radiación, transferencia de masa, tanque evaporímetro, entre otros. El método de la FAO 56 Penman-Monteith, es recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, como el único estandarizado para dicho cálculo

La Ecuación de Penman - Monteith, contiene aspectos termo y aerodinámicos, con lo que ha demostrado ser un método relativamente preciso tanto en climas húmedos y áridos. Sin embargo, presenta inconvenientes que se presenta en el cálculo de la ETo por este método, es la alta demanda de datos meteorológicos y la poca disponibilidad de estos debido a que se requiere valores de la temperatura del aire, velocidad del viento, humedad relativa y

radiación; cuyas estaciones meteorológicas en que todos estos parámetros se observan es limitada en muchas zonas. lo que limita su uso en muchas regiones.

Por ello existe siempre la necesidad de la búsqueda de métodos que reúna tanto la precisión como la facilidad operacional.

Al determinar un modelo para la estimación de la evapotranspiración potencial a nivel diario, se pretende cubrir en parte esta limitación, en el presente trabajo se adoptan factores climatológicos preponderantes y de más fácil obtención para el usuario.

El objetivo de este trabajo fue Calibrar las Fórmulas Empíricas de Evapotranspiración de Referencia, respecto a la Evaporación del Tanque Tipo A.

## **1.1 Objetivos**

### **Objetivo general**

Calibrar las Fórmulas Empíricas de Evapotranspiración de Referencia, respecto a la Evaporación del Tanque Tipo A, en la Estación de Purhuay-Huari

### **Objetivos específicos:**

- 1) Estimar la evapotranspiración aplicando las ecuaciones empíricas Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen-Haise, Penman – Monteith, Tanque Tipo A.
- 2) Determinar la correlación de la evapotranspiración estimadas con fórmulas empíricas respecto a la evapotranspiración de referencia del tanque tipo A.

## **1.2 Hipótesis**

Los modelos de la evapotranspiración diaria y mensual de referencia (Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen-Haise, Penman - Monteith) se ajustan a la



evapotranspiración estimada con el tanque evaporímetro tipo A, en la Estación Meteorológica de Purhuay-Huari.

### 1.3 Variables

#### 1.3.1 Variable dependiente

Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), estimada mediante el tanque tipo A

#### 1.3.2 Variable independiente

Evapotranspiración de referencia (ETR), estimadas mediante fórmulas empíricas.

ETR Ivanov = f (T°, HR)

ETR Hargreaves = f (T°, Rad)

ETR Jensen = f (T°, Rad)

ETR Penman-Monteith = f (T°, Ra, U<sub>2</sub>)

Donde:

T° = Temperatura

HR = Humedad Relativa

Ra = Radiación

Ev= Evaporación del tanque tipo A

U<sub>2</sub>= Velocidad de viento

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes del tema

Bochetti V. (2010), “Análisis comparativo de la evapotranspiración obtenida mediante distintas ecuaciones empíricas aplicadas a la zona agrícola de Chillan”.

**Objetivo:** Evaluar el comportamiento de tres modelos empíricos de estimación de la evapotranspiración, a través de su aplicación y comparación con registros de evaporación, para identificar aquel modelo que presenta el mejor comportamiento en la zona agrícola de Chillan. **Métodos:** Penman Monteith FAO, Priestley – Taylor, Hargreaves – Samani. **Resultados:** se calcularon la ETo por cada método. **Conclusiones:** el modelo Priestley -Taylor, fue el que logró la mejor estimación de los valores de evapotranspiración de referencia para la zona agrícola de Chillan.

Caballero C. & Ibars F. (2006), “Comparación de la evapotranspiración del cultivo de referencia mediante cinco métodos, propuestos por la FAO”. **Objetivo:** comparar el desempeño de cuatro métodos con respecto al de Penman modificado por la FAO, que fue utilizado como método base. **Métodos:** Blaney y Criddle modificado por la FAO; el de la Radiación modificado por la FAO; el Tanque evaporímetro clase A y el de Hargreaves. **Resultados:** el método de la Radiación obtuvo el mejor desempeño con una calificación de: óptimo, seguido del método de Blaney y Criddle modificado por la FAO con desempeño bueno.

Chavez R., Gonzáles C., y Gonzáles B. (2013), “Uso de las estaciones climatológicas automáticas y modelos matemáticos para determinar la evapotranspiración”. **Objetivo:** estimar la evapotranspiración de referencia a partir de los datos climatológicos estándar. **Métodos:** Penman - Monteith FAO, Blaney y Criddle, Hargreaves – Samani, Tanque evaporímetro. **Resultados:** los

metodos analizados con respecto a Penman - Monteith FAO como referencia, se recomiendo usar el método de Blaney y Criddle y Hargreaves – Samani, siempre en cuando no se cuente con variables suficientes para utilizar el metodo de Penman - Monteith FAO.

Contreras S. (2015), “Análisis comparativo de cuatro modelos de evapotranspiración de referencia en la microcuenca del río quinquas”. **Objetivo:** Evaluar el comportamiento de 3 modelos de ETo en una gradiente montano andina, tomando como referencia el modelo de la FAO 56 P-M, **Métodos:** FAO 56 P-M, Hargreaves, Priestley-Taylor y Valiantzas. **Conclusiones:** Las mejores estimaciones de ETo fueron obtenidas con Valiantzas y con Priestley-Taylor al comparar con la FAO 56 P-M.

## 2.2 Marco conceptual

### a) Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante. A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura gradualmente y el proceso se vuelve cada vez más lento hasta detenerse completamente si el aire mojado circundante no se transfiere a la atmósfera o en otras palabras no se retira de alrededor de la hoja. El reemplazo del aire saturado

por un aire más seco depende grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación.

Cuando la superficie evaporante es la superficie del suelo, el grado de cobertura del suelo por parte del cultivo y la cantidad de agua disponibles en la superficie evaporante son otros factores que afectan el proceso de la evaporación. Lluvias frecuentes, el riego y el ascenso capilar en un suelo con manto freático poco profundo, mantienen mojada la superficie del suelo. En zonas en las que el suelo es capaz de proveer agua con velocidad suficiente para satisfacer la demanda de la evaporación del suelo, este proceso está determinado solamente por las condiciones meteorológicas. Sin embargo, en casos en que el intervalo entre la lluvia y el riego es grande y la capacidad del suelo de conducir la humedad cerca de la superficie es reducida, el contenido en agua en los horizontes superiores disminuye y la superficie del suelo se seca. Bajo estas circunstancias, la disponibilidad limitada del agua ejerce un control sobre la evaporación del suelo. En ausencia de cualquier fuente de reabastecimiento de agua a la superficie del suelo, la evaporación disminuye rápidamente y puede cesar casi totalmente en un corto lapso de tiempo. (FAO, 2006, p.2)

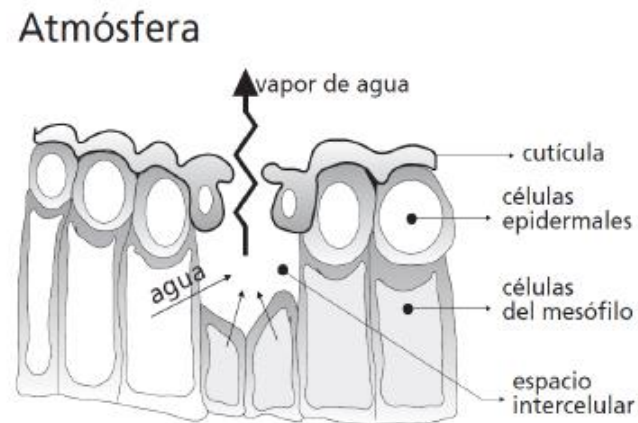
#### **b) Traspiración**

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera (Figura 1). El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta.

La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales.

**Figura 1**

*Representación esquemática de una estoma.*



Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, p.25

La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce y las prácticas de cultivo.

Diversas clases de plantas pueden tener diversas tasas de transpiración. Por otra parte, no solamente el tipo de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración. (FAO, 2006, p.3)

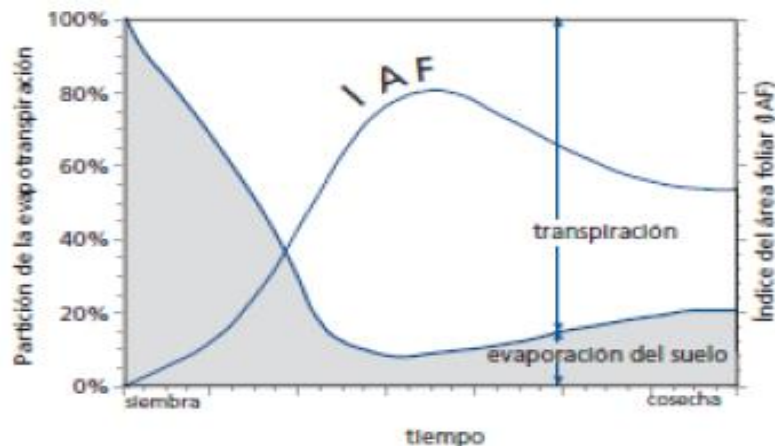
### c) Evapotranspiración

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo.

Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal. En la Figura 2 se presenta la evapotranspiración dividida en sus dos componentes (evaporación y transpiración) en relación con el área foliar por unidad de superficie de suelo debajo de él. En el momento de la siembra, casi el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la ET ocurre como transpiración. (FAO, 2006, p.3)

**Figura 2**

*Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual.*



Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, p.2

## Unidades

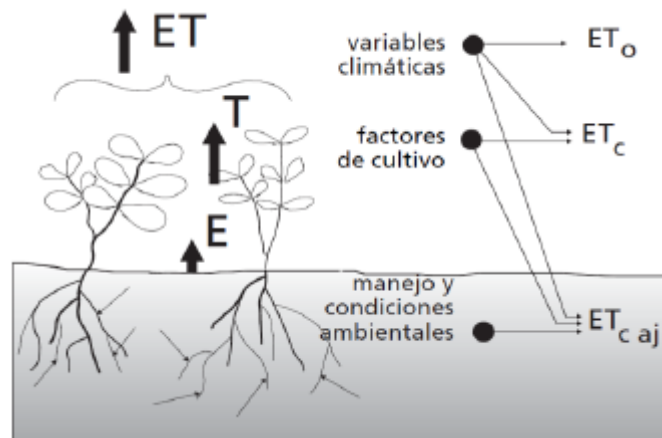
La evapotranspiración se expresa en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, mes o incluso un completo período de cultivo o un año. (FAO, 2006, p.3)

## Factores que afectan la Evapotranspiración

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración. Los conceptos relacionados a la ET y presentados en la Figura 3.

### Figura 3

*Factores que afectan la evapotranspiración con referencia a conceptos relacionados de ET.*



Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, p.4

## Variables climáticas

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmósfera

puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar. (FAO, 2006, p.5)

### **Factores de cultivo**

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos, aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas. (FAO, 2006, p.5)

### **Manejo y condiciones ambientales**

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo. El efecto del contenido en agua en el suelo sobre la ET está determinado primeramente por la magnitud del déficit hídrico y por el tipo de suelo. Por otra parte, demasiada agua en el suelo dará lugar a la saturación de este lo cual puede dañar el sistema radicular de la planta



y reducir su capacidad de extraer agua del suelo por la inhibición de la respiración.

Cuando las condiciones de campo difieran de las condiciones estándar, son necesarios factores de corrección para ajustar ETc (ETc aj). Estos factores de ajuste reflejan el efecto del ambiente y del manejo cultural de las condiciones de campo. (FAO, 2006, p.5)

### **2.2.1 Conceptos de Evapotranspiración**

El concepto de evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET<sub>c</sub> aj) (Figura 4). ET<sub>o</sub> es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. ET<sub>c</sub> se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. ET<sub>c</sub> requiere generalmente una corrección, cuando no existe un manejo óptimo y se presentan limitantes ambientales que afectan el crecimiento del cultivo y que restringen la evapotranspiración, es decir, bajo condiciones no estándar de cultivo. (FAO, 2006, p.7)

#### **Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>)**

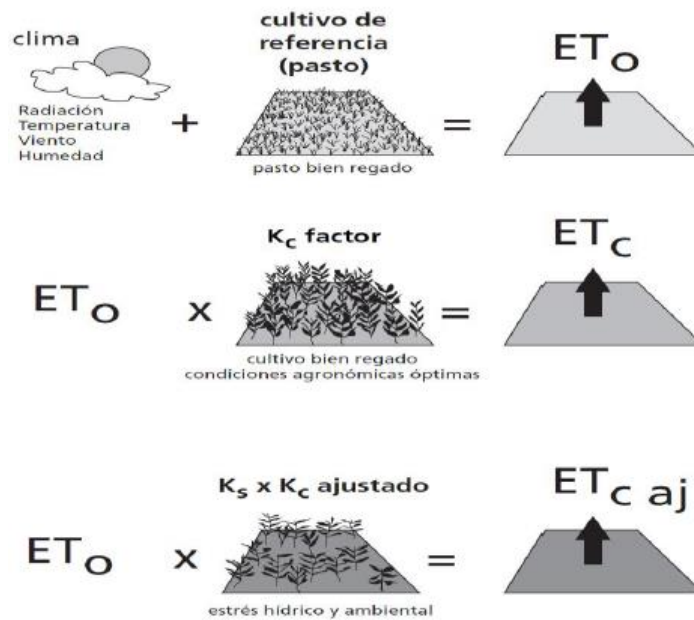
La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET<sub>o</sub>. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de

evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo.

Los únicos factores que afectan  $ET_o$  son los parámetros climáticos. Por lo tanto,  $ET_o$  es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos.  $ET_o$  expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo. Desde este punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método de determinación de  $ET_o$  con parámetros climáticos. (FAO, 2006, p.7)

#### Figura 4

*Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_o$ ), bajo condiciones estándares ( $ET_c$ ) y bajo condiciones no estándares ( $ET_{c aj}$ ).*



Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, p.6

Este método ha sido seleccionado debido a que aproxima de una manera cercana la ETo de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos.

La tabla 1 muestra rangos típicos de valores de ETo en diferentes regiones agroclimáticas.

**Tabla 1**

*ETo promedio para diferentes regiones agroclimáticas en mm/día.*

REGIONES	Temperatura promedio durante el día		
	Templada ~10°C	Moderada 20°C	Caliente >30°C
<b>Trópicos y subtropicos</b>			
• húmedos y subhúmedos	2-3	3-5	5-7
• áridos y semiáridos	2-4	4-6	6-8
<b>Regiones templadas</b>			
• húmedos y subhúmedos	1-2	2-4	4-7
• áridos y semiáridos	1-3	4-7	6-9

Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, p.8

### **Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc)**

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETc, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. (FAO, 2006, p.7)

### **Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETc aj)**

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETc aj) se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar. Bajo condiciones de campo, la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de

ETc debido a condiciones no óptimas como son la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, baja fertilidad del suelo y limitación o exceso de agua. Esto puede resultar en un reducido crecimiento de las plantas, menor densidad de plantas y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de ETo. (FAO, 2006, p.9)

### **2.2.2 Determinación de la Evapotranspiración**

#### **Medición de ETo**

La evapotranspiración no es simple de medir. Para determinarla experimentalmente se requieren aparatos específicos y mediciones precisas de varios parámetros físicos o el balance del agua del suelo en lisímetros. Los métodos experimentales de campo, son en general caros, exigiendo precisión en las mediciones. A pesar de que estos procedimientos no son apropiados para mediciones de rutina, siguen siendo importantes para la evaluación de las estimaciones de ET obtenidas con otros métodos indirectos. (FAO, 2006, p.10)

#### **Métodos de balance de energía y micro climáticos**

La evaporación de agua requiere cantidades relativamente altas de energía, ya sea en la forma de calor sensible o de energía radiante. Por ello, el proceso de evapotranspiración es controlado por el intercambio de energía en la superficie de la vegetación y es limitado por la cantidad de energía disponible. Debido a esta limitación, es posible predecir la evapotranspiración aplicando el principio de conservación de energía. La energía que llega a la superficie debe ser igual a la energía que sale de la superficie en el mismo periodo de tiempo.

Todos los flujos de energía deben ser considerados cuando se deriva una ecuación de balance de energía. La ecuación para una superficie de evaporación se puede escribir como:

$$\mathbf{R_n - G - \lambda ET - H = 0}$$

Donde:  $R_n$  es la radiación neta,  $H$  es el calor sensible,  $G$  es el flujo de calor del suelo, y  $\lambda ET$  es el flujo de calor latente. Los distintos términos pueden ser positivos o negativos.

Cuando  $R_n$  es positivo, proporciona energía a la superficie y cuando  $G$ ,  $\lambda ET$  y  $H$  son positivos retiran energía de la superficie. (FAO, 2006, pp.10-11)

### **Balance de agua en el suelo**

La evapotranspiración también puede determinarse midiendo varios componentes del balance de agua en el suelo. El método consiste en evaluar los flujos de agua que entran y salen de la zona radicular del cultivo dentro de un determinado periodo de tiempo (Figura 5). El riego ( $R$ ) y la precipitación ( $P$ ) proporcionan agua a la zona radicular.

Parte de  $R$  y  $P$  pueden perderse por escurrimiento superficial ( $ES$ ), y percolación profunda ( $D$ ) la cual eventualmente recargará la capa freática. El agua también puede ser transportada hacia la superficie mediante capilaridad ( $C$ ) desde la capa freática sub-superficial hacia la zona de raíces o ser incluso transferida horizontalmente por flujo sub-superficial hacia dentro ( $FS_{in}$ ) o fuera ( $FS_{out}$ ) de la zona radicular ( $\Delta FS$ ).

Si todos los otros flujos aparte de la evapotranspiración ( $ET$ ) pueden ser evaluados, la evapotranspiración se puede deducir a partir del cambio en el contenido de agua en el suelo ( $\Delta SW$ ) a lo largo de un periodo de tiempo: (FAO, 2006, p.12)

$$ET = R + P - ES - D + C \pm \Delta FS \pm \Delta SW$$

### **Lisímetros**

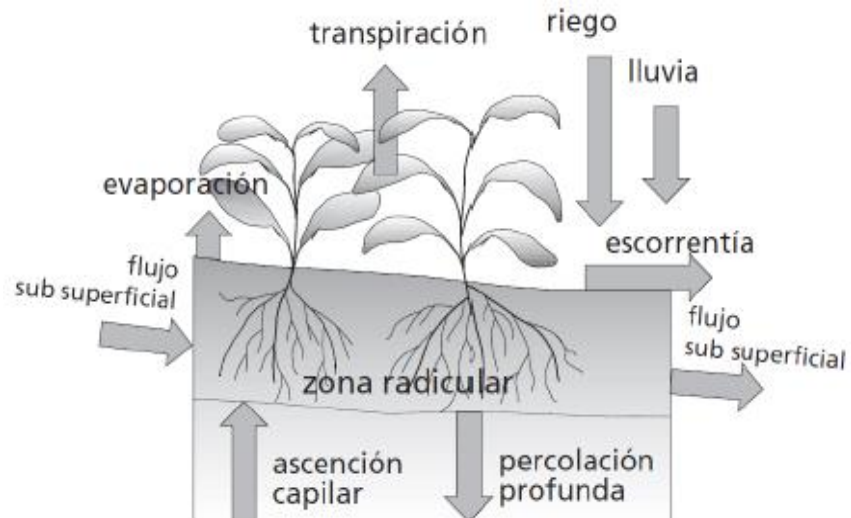
Si se aísla la zona radicular del cultivo y se controlan los procesos que son difíciles de medir, los diversos términos en la ecuación del balance de agua en el suelo se pueden determinar con apreciable exactitud. Esto se hace en lisímetros que son tanques aislados llenados con suelo disturbado o no disturbado en los

que el cultivo crece y se desarrolla. En lisímetros de pesaje de precisión, la evapotranspiración se puede obtener con una exactitud de centésimos de milímetro, donde la pérdida de agua es medida directamente por el cambio de masa y períodos pequeños tales como una hora pueden ser considerados. En lisímetros de drenaje, la evapotranspiración es medida por un período dado, restando la cantidad de agua de drenaje, recogida en el fondo de los lisímetros, de la cantidad total de agua ingresada.

Un requerimiento de los lisímetros es que la vegetación dentro e inmediatamente fuera del lisímetro sea idéntica (la misma altura e índice de área foliar). Este requisito no se ha respetado normalmente en muchos estudios de lisimetría y ha dado lugar a datos seriamente desviados y poco representativos de  $E_{Tc}$  y  $K_c$ . (FAO, 2006, p.13)

### Figura 5

*Balace de agua en el suelo de la zona radicular.*



Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje 56, p.35

### **ET calculada con datos meteorológicos**

Debido a la dificultad de obtener mediciones de campo precisas, ET se calcula comúnmente con datos meteorológicos. Una gran cantidad de ecuaciones empíricas o semi-empíricas se han desarrollado para determinar la evapotranspiración del cultivo o de referencia utilizando datos meteorológicos. Algunos de los métodos son solamente válidos para condiciones climáticas y agronómicas específicas y no se pueden aplicar bajo condiciones diferentes de las que fueron desarrolladas originalmente.

De una Consulta de expertos llevada a cabo en mayo de 1990, el método FAO Penman-Monteith se recomienda actualmente como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia,  $E_{To}$ . La ET del cultivo bajo condiciones estándar se determina utilizando los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) que relacionan la  $E_{Tc}$  con la  $E_{To}$ . La ET de superficies cultivadas bajo condiciones no estándar se ajusta mediante un coeficiente de estrés hídrico ( $K_s$ ) o modificando el coeficiente de cultivo. (FAO, 2006, p.13)

### **Necesidad de un método estándar para determinar $E_{To}$**

Durante los últimos 50 años se han desarrollado una gran cantidad de métodos más o menos empíricos por numerosos científicos y especialistas en todo el mundo, con el fin de estimar la evapotranspiración a partir de diferentes variables climáticas.

Para cubrir esta necesidad, algunas guías fueron desarrolladas y publicadas en el Documento N° 24 de la Serie FAO Riego y Drenaje «Necesidades de agua de los cultivos», se presentaron cuatro métodos para calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $E_{To}$ ): Blaney-Criddle, Penman modificado y el método del tanque de evaporación. El método de Penman modificado se consideró que ofrecía los mejores resultados con el mínimo error posible con relación a un cultivo de referencia (pasto). (FAO, 2006, p.17)

En términos prácticos, la evapotranspiración real se puede calcular como:

$$ET_{\text{real}} = E_{\text{Tr}} \cdot K_c \quad (1)$$

**Donde:**

$ET_{\text{real}}$  = evapotranspiración real ( $\text{mm } d^{-1}$ );

$E_{\text{Tr}}$  = evapotranspiración de referencia ( $\text{mm } d^{-1}$ )

$K_c$  = coeficiente de cultivo.

### **ET estimada con el tanque de evaporación**

La evaporación de una superficie libre de agua, proporciona un índice del efecto integrado de la radiación, la temperatura del aire, la humedad del aire y del viento en la evapotranspiración. Sin embargo, diferencias entre la superficie de agua y las superficies cultivadas producen diferencias significativas entre la pérdida de agua de una superficie libre de agua y una superficie cultivada. El tanque ha probado su valor práctico y ha sido utilizado con éxito para estimar la evapotranspiración de referencia observando la pérdida por evaporación de una superficie de agua y aplicando coeficientes empíricos para relacionar la evaporación del tanque con  $ET_o$ . (FAO, 2006, p.13)

### **Ecuación del Tanque Evaporímetro Tipo A**

Doorembos y Pruitt, (1977), Definen como la cantidad de agua evapotranspirada desde una superficie extensa, cubierta uniformemente de alfalfa o festuca de 8 a 15 cm. De altura, creciendo activamente, sombreando completamente el suelo, sin limitaciones de agua y con un óptimo manejo agronómico.

Existen diversas formas de medir la  $E_{\text{Tr}}$ , entre los que se cuenta con los métodos de Penman, Penman-Monteith FAO, Radiación, Blaney-Criddle y cubeta de evaporación “Clase A”. De estos, los más usados son el método de Penman, Penman-Monteith FAO y la bandeja de evaporación. Este último método mide la  $E_{\text{Tr}}$  a través de la siguiente ecuación:

$$E_{\text{Tr}} = E_v \cdot K_b \quad (2)$$



**Donde:**

$E_v$  = evaporación de bandeja, ( $\text{mm } d^{-1}$ );

$K_b$  = coeficiente de bandeja.

Para calcular los valores de  $K_b$ , FAO N° 56 (2006) propusieron dos fórmulas para calcular los valores de la tabla en cuestión:

La primera se utiliza cuando el tanque está rodeado de pasto:

$$K_b = 0.108 - 0.0286 u_2 + 0.0422 \ln(\text{entorno}) + 0.1434 \ln(\text{HRmedia}) - 0.000631 [\ln(\text{entorno})]^2 \ln(\text{HRmedia})$$

**Donde:**

entorno = distancia desde el tanque evaporímetro hasta el área de cultivo

$$\text{HRprom} = \text{humedad relativa promedio } HR_{media} = \frac{HR_{min} - HR_{max}}{2}$$

$U_2$  = velocidad diaria promedio del viento a 2 m de altura (Km/día)

La otra fórmula se utiliza cuando el tanque evaporímetro está rodeado de suelo desnudo:

$$K_b = 0.61 + 0.00341 \text{ HRmedia} - 0.000162 u_2 \text{ HRmedia} - 0.00000959 u_2(\text{entorno}) + 0.00327 u_2 \ln(\text{entorno}) - 0.00289 u_2 \ln(86.4 u_2) - 0.0106 \ln(86.4 u_2) \ln(\text{entorno}) + 0.00063 [\ln(\text{entorno})]^2 \ln(86.4 u_2)$$

**Ecuación de Ivanov**

Martínez M.S. & Bart L.C. (2011), Definen que este modelo fue propuesto por el investigador ruso Konstantin Evgenevich Ivanov en 1954. Está basado en la temperatura del aire y la humedad relativa. Su fórmula se escribe como:

$$ET_p = 0,0018 * (25 + T_m)^2 * (100 - HR) \quad (3)$$

**Donde:**

ETP= evapotranspiración potencial, expresada en mm/mes

T<sub>m</sub>= temperatura media del aire, expresada en °C

HR= humedad relativa del aire, expresada en porcentaje.

**Ecuación de Hargreaves y Samani**

Martínez M.S. & Bart L.C. (2011), Definen que fue propuesta por Hargreaves y otros en 1985 y tomada de Hargreaves (1994) se escribe como:

$$ET_o = 0.0023 * R_a * (T_m + 17.8) * (T_{max} - T_{min})^{1/2} \quad (4)$$

**Donde:**

ET<sub>o</sub>= evapotranspiración de referencia, expresado en mm/día.

R<sub>a</sub>= radiación solar extraterrestre, expresada en mm/día

T<sub>m</sub>= temperatura media, entendida como el promedio de la temperatura máxima y mínima del periodo, expresada en °C

T<sub>max</sub>= temperatura máxima diaria, expresada en °C

T<sub>min</sub>= temperatura mínima diaria, expresada en °C

**Ecuación de Jensen-Haise**

Definen que el método propuesto por M.E. Jensen y H.R. Haise, en 1963, también basado sobre la radiación solar y la temperatura del aire se presenta como: (Martínez M.S. & Bart L.C, 2011).

$$ET_o = R_a * (0.025 * T_m + 0.08) \quad (5)$$

**Donde:**

ET<sub>o</sub>= evapotranspiración de referencia, expresada en mm/día

R<sub>a</sub>= radiación global incidente, expresada en mm/día

T<sub>m</sub>= temperatura media diaria, expresada en °C

**Ecuación de Penman – Monteith**

El enfoque de Penman-Monteith incluye todos los parámetros que gobiernan el intercambio de energía y el flujo de calor (evapotranspiración) de grandes extensiones uniformes de vegetación. La mayoría de los parámetros son medidos o pueden calcularse fácilmente de datos meteorológicos. La ecuación se puede utilizar para el cálculo directo de la evapotranspiración de cualquier cultivo pues las resistencias superficial y aerodinámica son específicas para cada cultivo, se presenta una versión modificada por la FAO de la ecuación de Penman-Monteith para la determinación de la evapotranspiración de referencia. (FAO, 2006, p.13)

$$ET_r = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} \cdot U_2 \cdot DPV}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot U_2)} \quad (6)$$

**Dónde:**

R<sub>n</sub>: radiación neta (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)

G: calor del suelo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)

T: temperatura de aire (c°)

Δ: Pendiente de la presión de saturación (kPa °C<sup>-1</sup>)

U<sub>2</sub>: velocidad del viento (m s<sup>-1</sup>)

DPV: déficit de presión de vapor (kPa)

γ: Constante psicométrica (kPa °C<sup>-1</sup>)

### **Presión Atmosférica (P)**

La presión atmosférica, P, es la presión ejercida por el peso de la atmosfera terrestre. La evaporación en altitudes elevadas ocurre en parte gracias a la baja presión atmosférica que se expresa con la constante psicométrica. Este efecto es, sin embargo, pequeño y en los procedimientos del cálculo, el valor medio para una localidad es suficiente. Para calcular P puede emplearse una simplificación de la ley de los gases ideales, a una temperatura atmosférica estándar de 20°C. (FAO, 2006, p.31)

$$P = 101.3 * \left( \frac{293 - 0.0065 * Z}{293} \right)^{5.26} \quad (7)$$

**Donde:**

P = Presión atmosférica [kPa]

Z = Elevación sobre el nivel del mar [m]

### **Calor latente de vaporización ( $\lambda$ )**

El calor latente de vaporización,  $\lambda$ , expresa la energía requerida para cambiar una masa de unidad de agua líquida a vapor de agua bajo presión y temperatura constantes. El valor del calor latente de vaporización varía en función de la temperatura. Cuanto más elevada sea la temperatura, menos energía será requerida. Como  $\lambda$  varia levemente dentro de rangos de temperaturas normales, se considera un valor constante de 2,45 MJkg<sup>-1</sup> para la simplificación de la ecuación de FAO Penman-Monteith. Este valor corresponde al calor latente de vaporización a una temperatura del aire de alrededor de 20 °C. (FAO, 2006, p.31)

### **Constante Psicométrico ( $\gamma$ )**

La constante psicrometría,  $\gamma$ , se calcula por:

$$\gamma = \frac{C_p * P}{\epsilon * \lambda} = 0.665 * 10^{-3} \quad (8)$$

**Donde:**

$\gamma$  = Constante psicrometría [kPa °C-1],

P = presión atmosférica [kPa],

$\lambda$  = calor latente de vaporización, 2,45 [MJ kg-1],

Cp = calor específico a presión constante, 1,013 x 10-3 [MJ kg-1 °C-1],

$\varepsilon$  = Cociente del peso molecular de vapor de agua /aire seco = 0,622.

**Radiación extraterrestre para periodos diarios (Ra)**

La radiación extraterrestre, Ra, para cada día del año y para diversas latitudes se puede estimar a partir de la constante solar, la declinación solar y la época del año (FAO, 2006, p.32).

$$Ra = \frac{24 * 60}{\pi} * Gsc * dr [\omega s \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin \omega] \quad (9)$$

**Donde:**

Ra = radiación extraterrestre [MJ m-2 día-1]

Gsc = constante solar = 0,082 MJ m-2 min-1,

dr = distancia relativa inversa Tierra-Sol

$\omega s$  = ángulo de radiación a la puesta del sol [rad]

$\phi$  = latitud [rad]

$\delta$  = declinación solar [rad].

**2.2.3 Análisis estadístico**

Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1999). Define los siguientes enunciados.

**Regresión lineal**

Un análisis de la relación entre Y y X requiere el planteamiento de un modelo estadístico. Con frecuencia, un modelo es usado por un estadístico como representación de un ideal que, en esencia, define cómo percibimos que el

sistema en cuestión generó los datos. El modelo debe incluir al conjunto  $[(x_i, y_i); i = 1, 2, \dots, n]$  de datos que implica  $n$  parejas de valores  $(x, y)$ . Debe tenerse en cuenta que el valor de  $y_i$  depende de  $x_i$  por medio de una estructura lineal que también incluye el componente aleatorio. La base para el uso de un modelo estadístico relaciona la forma en que la variable aleatoria  $Y$  cambia con  $x$  y el componente aleatorio.

En Hidrológica el modelo más simple y común, está basada en la suposición de que dos variables se relacionan en forma lineal como, por ejemplo:

Este hecho, permite correlacionar estas variables para completar datos o extender un registro.

Un aspecto importante del análisis de regresión es, simplemente, estimar los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  (es decir, estimar los llamados coeficientes de regresión). En la sección siguiente se estudiará el método para estimarlos. Suponga que los estimados de  $\alpha$  y  $\beta$  se denotan con  $a$  y  $b$ , respectivamente. Entonces, la recta de regresión ajustada, o estimada, está dada por

Ecuación de regresión: La ecuación general de la regresión lineal es:

$$y = a + bx \quad (10)$$

Donde:

$x$  = Variable independiente, variable conocida.

$y$  = Variable dependiente, variable que se trata de predecir.

$a$  = Intercepto, punto donde la línea de regresión cruza el eje  $y$ , es decir valor de  $y$  cuando  $x = 0$ .

$b$  = Pendiente de la línea o coeficiente de regresión, es decir, es la cantidad de cambio de  $y$  asociada a un cambio unitario de  $x$ .

## Correlación.

La constante  $\rho$  (ro) se denomina coeficiente de correlación de la población, y juega un papel importante en muchos problemas de análisis de datos variados. Es importante que el lector entienda la interpretación física de este coeficiente de correlación y la diferencia entre correlación y regresión.

La correlación se define como la asociación entre dos o más variables aleatorias.

Estimación de los dos parámetros que miden el grado de asociación correlativa.  
( $r^2$ ,  $r$ )

### Coefficiente de correlación ( $r$ )

Es la medida estadística que permite medir el grado de asociación de dos variables linealmente asociadas. Para el caso de una muestra está dada por:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{nS_x S_y} \quad (11)$$

Donde:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n} \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y}{n} \quad (12)$$

### Interpretación del coeficiente de correlación

Córdova (2009) define que:

Si  $r = 1$ , se dice que hay una correlación lineal perfecta positiva.

Si  $r = -1$ , se dice que hay una correlación lineal perfecta negativa.

Si  $r = 0$ , se dice que hay una correlación entre las dos variables.

Es obvio, que cuanto más cercano este a 1 el valor absoluto de  $r$  tendrá una “buena” correlación, pero, ¿Qué valores de  $r$  indican una correlación lineal buena o aceptable a nivel descriptivo entre las variables  $X$ ,  $Y$ ?

El grado o nivel de ajuste de la ecuación a los datos se analiza en forma descriptiva aplicando el coeficiente de determinación que se define como el cuadrado del coeficiente de correlación (p.91).

### **Coeficiente de determinación ( $R^2$ )**

Es la proporción o porcentaje, de la variación total de la variable total de la variable dependiente  $Y$ , que es explicada o depende de la variable independiente  $X$ , por lo cual, es un criterio para explicar la importancia de la variable independiente dentro del modelo.

### **Interpretación coeficiente de determinación**

Córdova (2009) define que:

- 1) De la identidad (\*) se concluye que  $0 \leq R^2 \leq 1$ . Entonces  $-1 \leq r \leq 1$

Si  $r > 0$ , se dice que existe una correlación *directa positiva*, ambas variables aumentan (o disminuyen) simultáneamente

Si  $r < 0$ , se dice que existe una correlación *inversa negativa*, mientras los valores de una variable aumentan, los de la otra disminuyen y viceversa.

Si  $r = 0$ , se dice que no hay correlación entre  $X$  e  $Y$ , por lo tanto, no hay regresión de  $Y$  en  $X$ .

- 2)  $R^2 = 1$ , solo si,  $SCE=0$  o solo si,  $y_i = \hat{y}_i$  para los  $n$  datos de la muestra. Esto significa que todos los valores  $y_i$  están en la recta de regresión. Si este es el caso, se dice que hay una correlación perfecta entre  $X$  e  $Y$ .

Si  $r = 1$ , se dice que hay una *correlación lineal perfecta positiva*.

Si  $r = -1$ , se dice que hay una *correlación lineal perfecta negativa*.



3)  $R^2 = 0$ , solo si,  $SCR = 0$  o solo si,  $y_i = \hat{y}_i$  para los n datos de la muestra.

Es decir,  $y_i$  no cambia cuando cambia  $x_i$ , o todas las predicciones son iguales a una misma constante. Si este es el caso, se dice **que no hay correlación ni regresión**.

4) El coeficiente de determinación  $r^2$ , es pues una medida de la proximidad del ajuste de la recta de regresión. *Cuanto mayor sea el valor de  $r^2$ , mejor será el ajuste y más útil la recta de regresión como instrumento de predicción* (p.100).

### **Cálculo de t calculado ( $t_c$ )**

Se utiliza la ecuación:

$$t_c = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (13)$$

Donde:

r = Coeficiente de correlación.

n = Numero de pares de valores

### **Cálculo del t tabular ( $t_t$ )**

El  $t_t$  se obtiene de las tablas preparadas para este efecto, con un nivel de significación  $\alpha$  o una probabilidad de  $(1 - \alpha)$ , y con un grado de libertad ( $v = n - 2$ ), donde n es el número de pares de valores.

### **Criterios de decisión:**

Si  $|t_c| \leq t_t$ , se acepta la hipótesis nula, por lo que  $\rho = 0$ , y por lo tanto no hay correlación significativa.

Si  $|t_c| > t_t$ , se rechaza la hipótesis nula por lo que  $\rho \neq 0$ , indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables.

### 2.3 Definición de términos básicos

*Coefficiente de cultivo (Kc)*, es un coeficiente de ajuste que permite calcular la *ETr* a partir de la *ETP* o *ETo*. Estos coeficientes dependen fundamentalmente de las características propias de cada cultivo.

*Calibración*, estimar o determinar las cualidades o la importancia de un proceso de comparación de los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente a partir de un referencial.

*Evaporación*, acción y efecto de evaporar. Proceso físico de cambio de estado, del líquido al gaseoso, que tiene lugar a una temperatura ligeramente inferior a la de ebullición. La proporción de líquido evaporada aumenta al subir la temperatura.

*Evapotranspiración*, se denomina evapotranspiración a la evaporación en superficies cubiertas de vegetales junto con la transpiración de estos vegetales.

*Humedad Relativa (HR)*, es una medida que permite saber que tan húmedo o seco se encuentra el aire.

*Latitud Sur (L)*, Distancia angular al ecuador desde un punto situado en el hemisferio sur, la distancia se considera negativa y varía de 0° a -90°.

*Precipitación*, se le llama precipitación a la caída del agua de las nubes, ya sea en estado sólido o en estado líquido.

*Presión Atmosférica*, la que ejerce la masa de la atmósfera sobre la tierra y los objetos que se encuentran en ella. Se mide en milibares (mb).

*Riego*, consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro de agua que necesitan favoreciendo así su crecimiento.

*Radiación Solar*, es la cantidad de energía que el sol suministra a la tierra en forma de radiación electromagnética.

*Temperatura*, es el factor del medio ambiente que influye directamente sobre la tasa de crecimiento foliar bajo condiciones óptimas de disponibilidad hídrica.

*Temperatura Máxima*, El mayor grado de calor que se observa en la atmosfera o en un cuerpo durante un determinado tiempo.

*Temperatura Mínima*, El menor grado de calor que se observa en la atmosfera o en un cuerpo durante un determinado tiempo.

*Vientos*, es el movimiento de aire en la superficie terrestre, es generado por la acción de gradientes de presión atmosférica producida por el calentamiento diferencial de las superficies y masas de aire.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Materiales y Equipos

Los siguientes datos climatológicos fueron adquiridos de los años 2014 al 2018.

- Registro de evaporación diaria de Tanque Tipo A.
- Registro de Temperatura mínima, media y máxima diaria.
- Registro de Humedad mínima y máxima diaria.
- Registro de Velocidad de viento diario.
- Registro de Radiación diaria

#### Zona de estudio

El trabajo se realizó en el sector de Purhuay, Distrito de Huari y Provincia de Huari, de la región Ancash, localizado en las coordenadas UTM latitud 9°18'53.50" S., longitud 77°12'22.10" O., altitud 3506 m.s.n.m. la superficie de estudio es de 144.50 km<sup>2</sup> el clima es frío, con temperaturas medias anuales de alrededor de 1.9 a 14.3°C y Precipitaciones medias entre 250 a 264.5 mm anuales, el suelo es de textura franco arcillosa, moderadamente acida, ricos en materia orgánica y nitrógeno, rico en potasio, no presenta problemas de salinidad y la distribución de la vegetación predominante es herbácea, arbustiva y Arborea.

#### 3.2 Tipo de investigación

HERNÁNDEZ S, et al. (2006). Define que:

Investigación **cuantitativa**: se establece una o varias hipótesis (suposiciones acerca de una realidad), se diseña un plan para someterlas a prueba, se miden los conceptos incluidos en la(s) hipótesis (variables) y se transforman las mediciones en valores

numéricos (datos cuantificables), para analizarse posteriormente con técnicas estadísticas y extender los resultados a un universo más amplio, o para consolidar las creencias (formuladas en forma lógica en una teoría o un esquema teórico).

Según el alcance de la investigación a realizar es estudio **descriptivo** busca especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así (vágase la redundancia) describir lo que se investiga (p.144).

#### **Diseño de la investigación:**

Según su fin, el presente estudio es aplicativo y de nivel descriptivo, en función del periodo en el que se obtuvo la información es retrospectivo (información meteorológica) y prospectivo, la evolución del fenómeno es de corte longitudinal, el diseño de la investigación es cuasiexperimental, según su énfasis de la naturaleza de los datos manejados es cuantitativo.

Los diseños transeccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables (dentro del enfoque cuantitativo).

### **3.3 Población y muestra**

#### **Población**

La estación meteorológica de Purhuay-Huari, cuenta con los datos meteorológicos desde el año 2012 hasta la actualidad 2018, será nuestra población el cual será brindado por el Centro de investigación Ambiental para el Desarrollo (CIAD).

#### **Muestra**

Para esta tesis se tomará un periodo de 5 años (2014-2018), haciendo así una muestra con datos meteorológicos de la estación meteorológica de Purhuay-Huari, departamento de Ancash.

### 3.4 Técnicas e instrumentación de recolección de información

Los datos serán adquiridos del CIAD. Correspondiente a la Estación Meteorológica de Purhuay-Huari, los datos que se necesitan para esta investigación serán según la matriz de datos en la tabla N°2.

**Tabla 2**

*Matriz de datos Meteorológicos.*

Ecuación	Ev. (mm/día)	T(°C)	HR (%)	Rad(mm/día)	U <sub>2</sub> (m/s)
Tanque tipo A	✓	–	✓	–	✓
Ivanov	–	✓	✓	–	–
Hargreaves - Samani	–	✓	–	✓	–
Jesen-Haise	–	✓	–	✓	–
Penman - Monteith	–	✓	✓	✓	✓

### 3.5 Procesamiento de la información

#### 3.5.1.- Estimación de la evapotranspiración

Para determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) a partir de datos meteorológicos. Se presenta pautas para calcular la ET<sub>o</sub> para diferentes periodos de tiempo que van desde días a meses y cuando faltan datos climáticos, se realizan el uso de procedimiento alternativo como puede ser el caso de completaciones y regresiones de datos.

##### *a. Estimación de la evapotranspiración mediante del Tanque Evaporímetro Tipo A.*

El procedimiento de estimación consiste en:

1. La evaporación debe medirse todos los días a la misma hora y por la misma persona, la evaporación expresada en mm/día, en este caso será adquirido del CIAD.
2. Estimación del coeficiente de bandeja que está en función de la velocidad media del viento ( $u_2$ ), y de la humedad relativa promedio (HR media).
3. La ETo se obtiene combinando los resultados de los pasos anteriores.

***b. Estimación de la ETo mediante la ecuación de Ivanov***

Se sigue el siguiente orden para la estimación:

1. Temperatura del aire: Temperatura máxima ( $T_{max}$ ) y temperatura mínima ( $T_{min}$ ) promedio diario para periodos mensuales.
2. Humedad del aire: el promedio diario de la presión real de vapor ( $e_a$ ) derivada de lecturas psicrométricas, de la temperatura del punto de condensación o de los datos de humedad relativa.
3. La ETo se obtiene combinando los resultados de los pasos anteriores.

***c. Estimación de la ETo mediante la ecuación de Hargreaves y Samani.***

El procedimiento de estimación consiste en:

1. Temperatura del aire: Temperatura máxima ( $T_{max}$ ) y temperatura mínima ( $T_{min}$ ) promedio diario para periodos mensuales.
2. Radiación: Promedio decadiario o mensual de la radiación neta diaria ( $R_n$ ) calculada de la media decadiaria o mensual de la radiación de onda corta medida o de la duración real de las horas diarias de insolación ( $n$ ).
3. La ETo se obtiene combinando los resultados de los pasos anteriores.

***d. Estimación de la ETo mediante la ecuación de Jensen-Haise***

El procedimiento de estimación consiste en:

1. Temperatura del aire: Temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) promedio diario para periodos mensuales.
2. Radiación: Promedio diario o mensual de la radiación neta diaria (Rn) calculada de la media diaria o mensual de la radiación de onda corta medida o de la duración real de las horas diarias de insolación (n).
3. La ETo se obtiene combinando los resultados de los pasos anteriores.

***e. Estimación de la ETo mediante la ecuación de Penman-Monteith***

Las variables que se utilizaran en esta ecuación son los siguientes datos climatológicos requeridos son los siguientes:

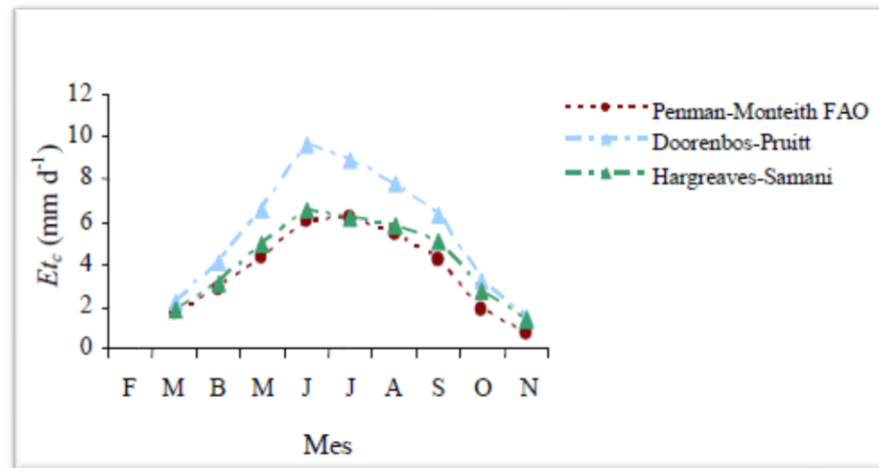
1. Temperatura del aire: Temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) diaria.
2. Humedad del aire: el promedio diario de la presión real de vapor (ea) derivada de lecturas psicométricas, de la temperatura del punto de condensación o de los datos de humedad relativa.
3. Velocidad del viento: valores promedio diarios para 24 horas de la velocidad diaria del viento medida a una altura de 2 m (u2).
4. Radiación: Radiación neta diaria (Rn) medida o calculada de la radiación solar de onda corta y de la radiación de onda larga o de la duración real de las horas diarias de insolación (n). La radiación extraterrestre (Ra) y las horas de duración máxima de insolación (N) para un día específico del mes.
5. Cumpliendo todo lo descrito se remplazará los valores climatológicos en respectivas ecuaciones para el cálculo de la Eto.

Luego de realizar las estimaciones se realizará una comparación grafica de los resultados de las fórmulas empíricas como se observa en la figura:



**Figura 6**

*Modelo de comparación grafica de ETo.*



Fuente: González-Cervantes, et al (2012) p.6

### 3.6 Calibración de las fórmulas empíricas.

#### 3.6.1 Calibración de las ecuaciones empíricas en función de La ecuación del tanque tipo A

La Ecuación puede calibrarse en base diario, mensual o anual determinando los coeficientes empíricos de correlación donde:

$$ET_{\text{TANQUE TIPO A}} = a + b ET_{\text{Ecuaciones Empíricas}}$$

Los coeficientes a y b se pueden determinar por análisis de regresión.

#### Análisis estadístico de la información

Modelo de la ecuación de regresión:

La ecuación general de la regresión lineal que se plantea como la ecuación de modelo de corrección de la ecuación que mejor correlación presente será:

$$ET_o (\text{Tanque Tipo A}) = a + b*(ET_o \text{ Ecuación})$$

Estimación de los dos parámetros que miden el grado de asociación correlativa. ( $r^2$ ,  $r$ ).

Prueba de significación de los parámetros estadísticos que miden la asociación correlativa, para lo cual se aplica la prueba "t".

### **Se plantea la hipótesis**

$H_0: \rho = 0$  ( $\rho$  es el coeficiente de correlación poblacional y su valor varía entre -1 y 1)

$H_a: \rho \neq 0$

### **Cálculo de t calculado ( $t_c$ )**

Se utiliza la ecuación (13) p.27

$$t_c = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

$r$  = Coeficiente de correlación.

$n$  = Numero de pares de valores

### **Cálculo del t tabular ( $t_t$ )**

El  $t_t$  se obtiene de las tablas preparadas para este efecto, con un nivel de significación  $\alpha$ , una probabilidad de  $(1-\alpha)$ , y con un grado de libertad ( $v = n-2$ ), donde  $n$  es el número de pares de valores.

### **Criterios de decisión:**

Si  $|t_c| \leq t_t$ , se acepta la hipótesis nula, por lo que  $\rho = 0$ , y por lo tanto no hay correlación significativa.

Si  $|t_c| > t_t$ , se rechaza la hipótesis nula por lo que  $\rho \neq 0$ , indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables.

### **Interpretación de la correlación**

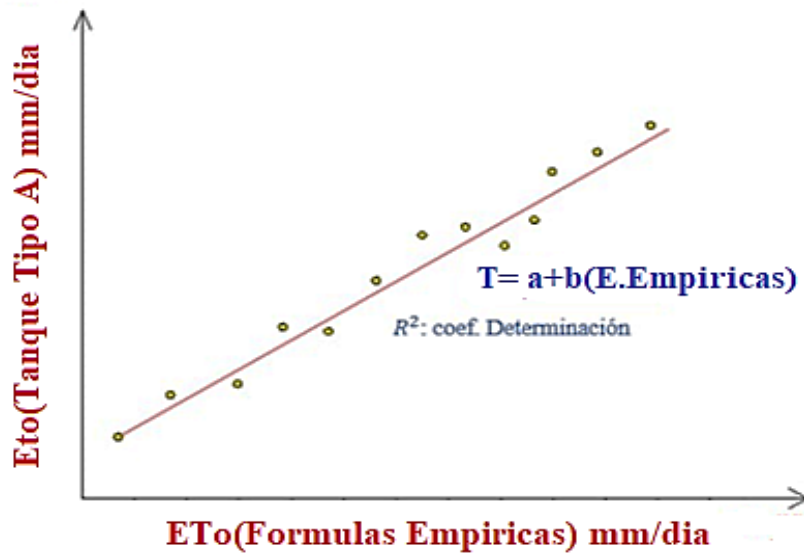
Martínez et al., (2009) expresa lo siguiente:

Rangos de relación para el Coeficiente de Correlación:

- 1) Perfecta  $r = 1.00$
- 2) Excelente  $0.9 \leq r < 1.00$
- 3) Buena  $0.8 \leq r < 0.90$
- 4) Regular  $0.5 \leq r < 0.80$
- 5) Mala  $r < 0.5$

**Figura 7**

*Modelo regresión lineal  $ET_{OTANQUE TIPO A}$  VS  $ET_{O}$  Ecuaciones Empírica*



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Resultados

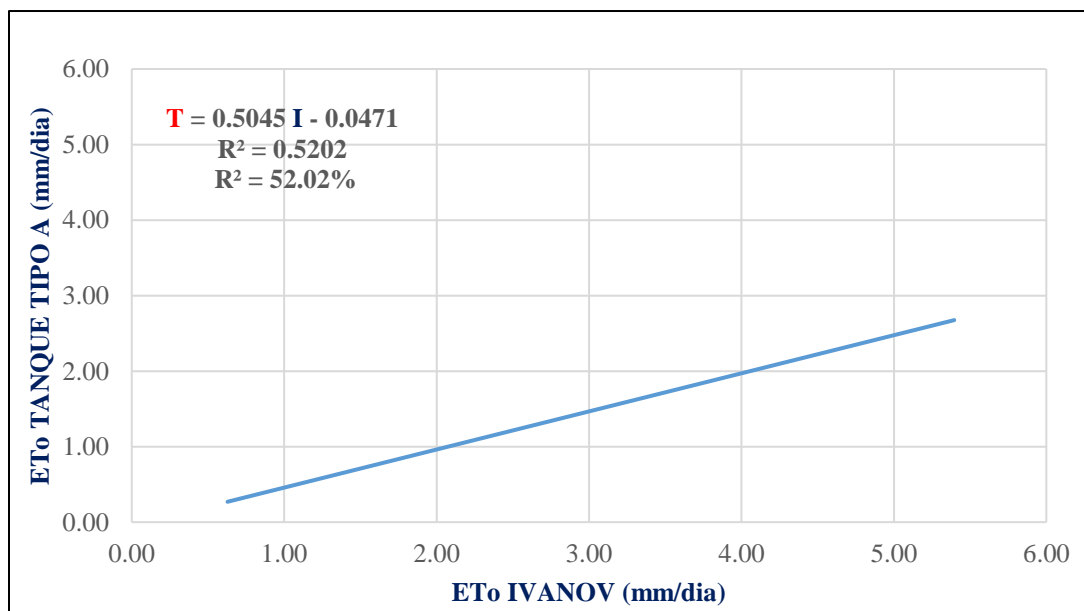
#### 4.1.1 Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia diaria (ETo)

Ver anexo (1 a 5).

#### 4.1.2 Análisis estadístico de la relación de la evapotranspiración entre la ecuación del tanque tipo A y ecuaciones empíricas.

##### Figura 8

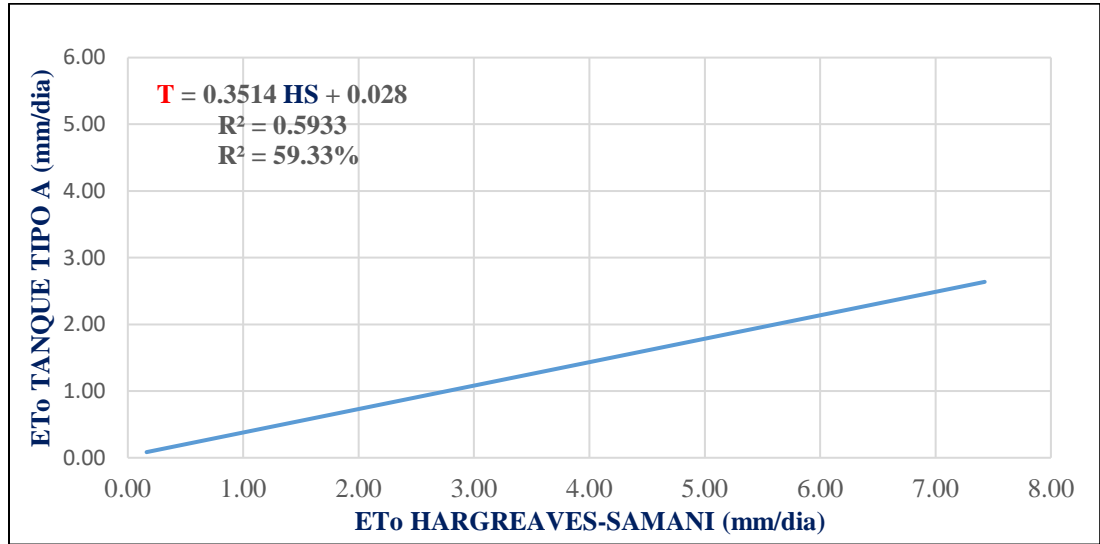
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2014.*



El modelo del Tanque está explicado por la variable de Ivanov, en un  $R^2 = 52.02\%$ , es decir que la variable independiente explica regularmente. Debido a que están dispersos los valores.

**Figura 9**

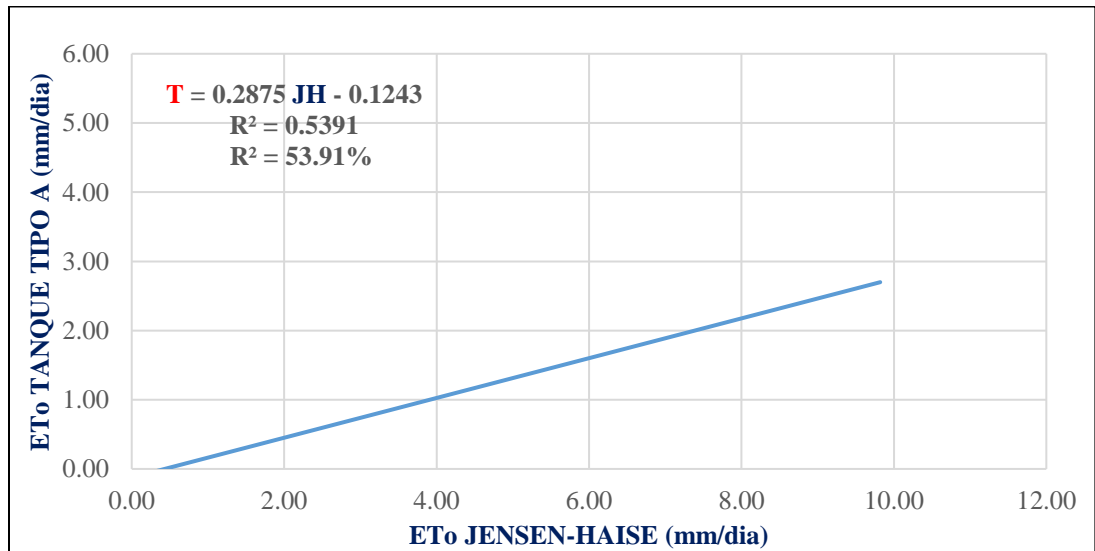
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2014.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Hargreaves, en un  $R^2 = 59.33\%$ , es decir que la variable independiente tiene una moderada correlación.

**Figura 10**

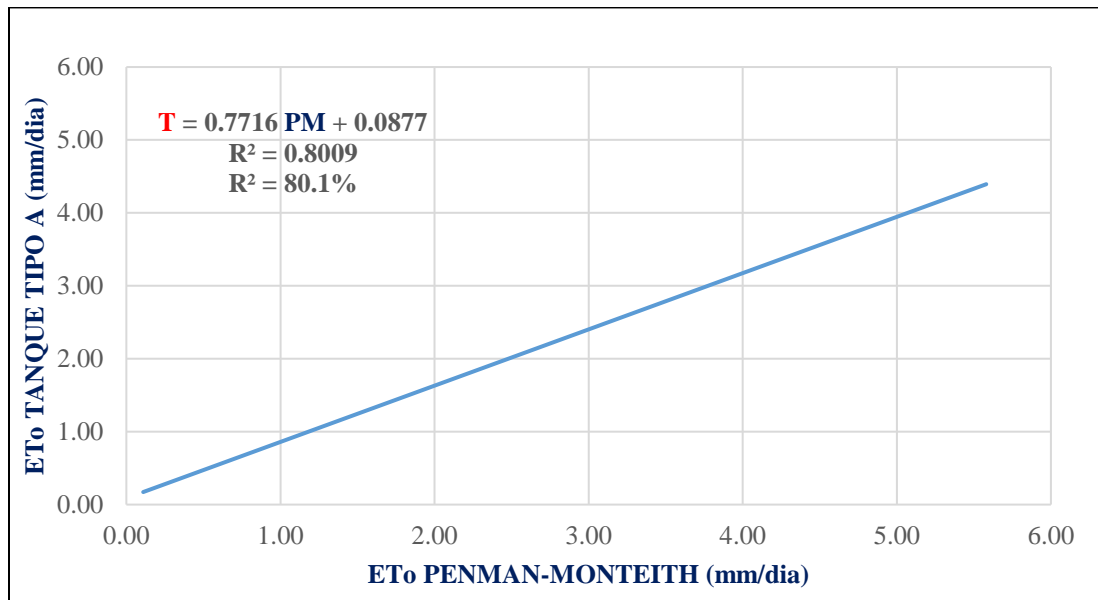
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2014.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Jensen, en un  $R^2 = 53.91\%$ , es decir que la variable independiente tiene una moderada correlación.

**Figura 11**

*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2014.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Penman-Monteith, en un  $R^2 = 89.23\%$ , es decir que la variable independiente tiene buena calidad de predicción.

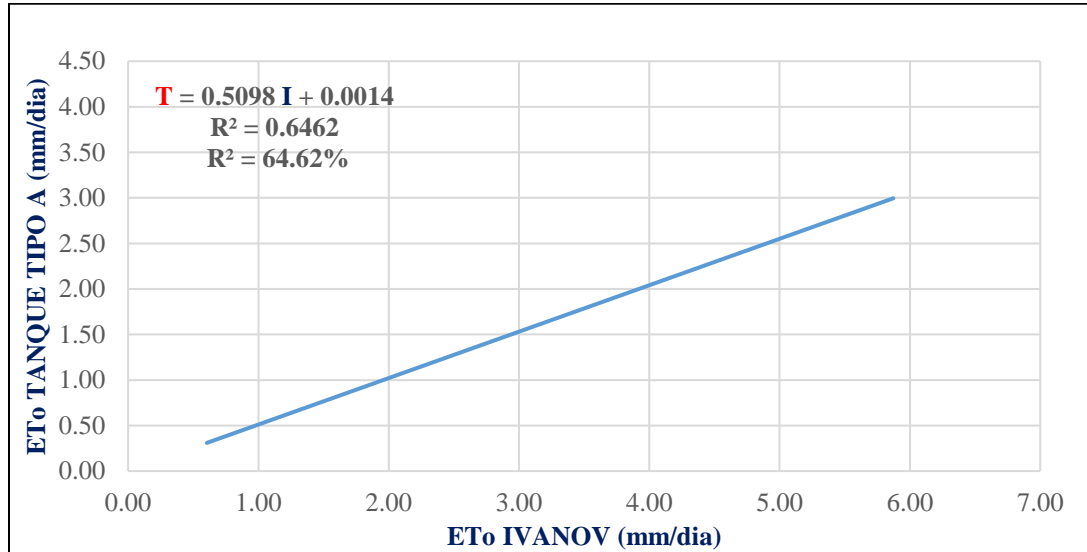
**Tabla 3**

*Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2014. Con una probabilidad del 95%.*

Ecuación	$\alpha$	n	$R^2$	Error	$t_c$	$t_t$	Análisis
Tanque Tipo A	-	-	-	-	-	-	-
Ivanov	0.05	365	0.5202	0.47	19.838	1.967	Si
Hargreaves y Samani	0.05	365	0.5933	0.44	23.012	1.967	Si
Jensen y Haise	0.05	365	0.5391	0.47	20.606	1.967	Si
Penman y Monteith	0.05	365	0.8009	0.31	38.213	1.967	Si

**Figura 12**

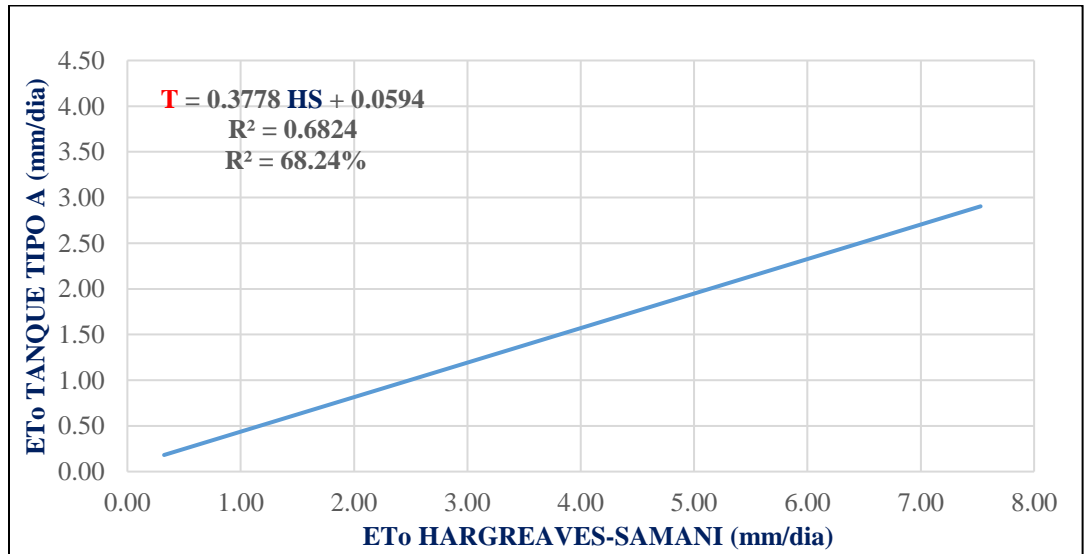
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2015.*



El modelo lineal tiene un  $R^2 = 64.62\%$ , es decir que la variable independiente explica regularmente. Debido a que están dispersos los valores.

**Figura 13**

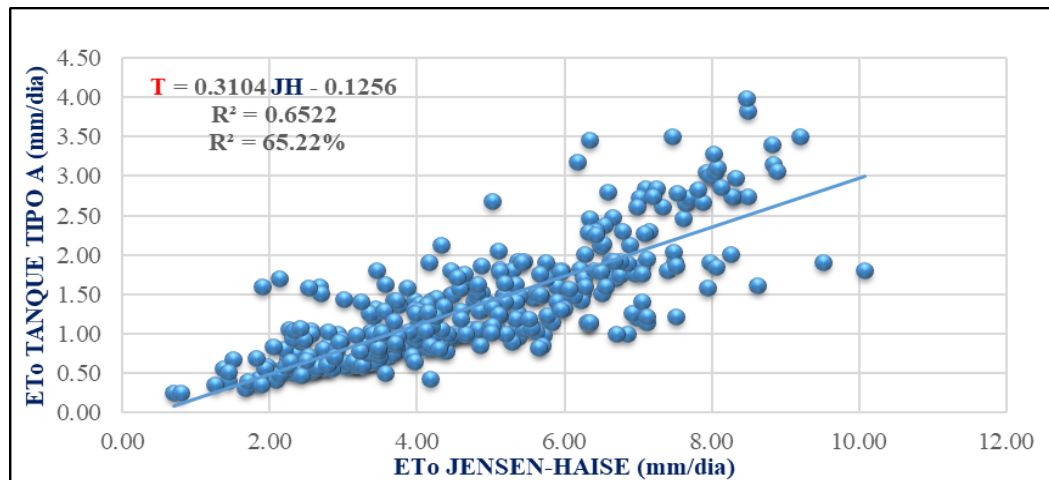
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2015.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Hargreaves, en un  $R^2 = 68.24\%$ , es decir que la variable independiente tiene una moderada correlación.

### Figura 14

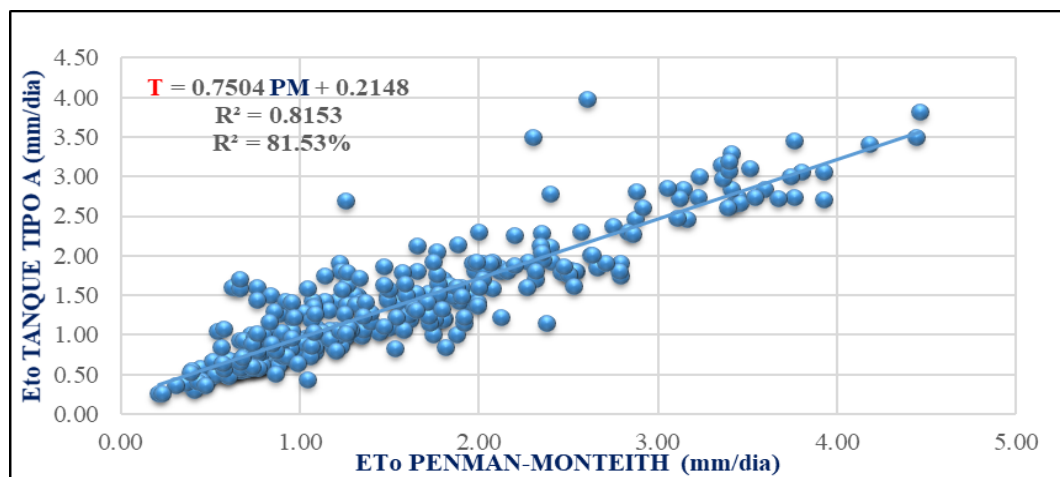
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2015.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Jensen, en un  $R^2 = 65.22\%$ , es decir que la variable independiente tiene una moderada correlación.

### Figura 15

*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2015.*





El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Penman-Monteith, en un  $R^2 = 81.53\%$ , es decir que la variable independiente tiene mejor linealidad.

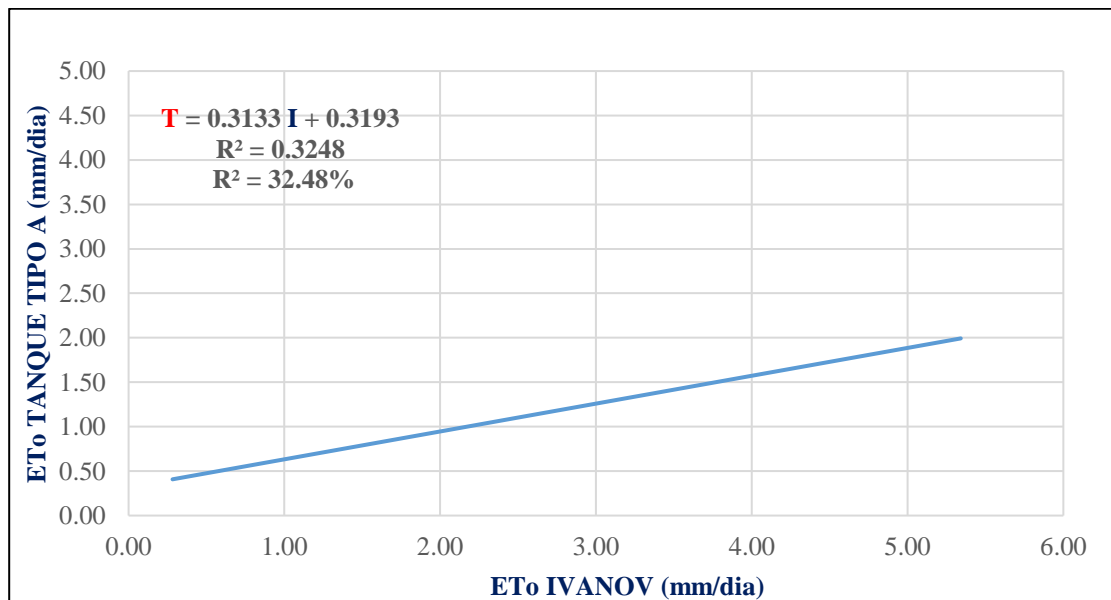
**Tabla 4**

*Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2015. Con una probabilidad del 95%.*

Ecuación	$\alpha$	n	$R^2$	Error	$t_c$	$t_t$	Análisis
Tanque Tipo A	-	-	-	-	-	-	-
Ivanov	0.05	365	0.6462	0.43	25.749	1.967	No
Hargreaves y Samani	0.05	365	0.6824	0.40	27.928	1.967	Si
Jensen y Haise	0.05	365	0.6522	0.42	26.090	1.967	Si
Penman y Monteith	0.05	365	0.8153	0.31	40.029	1.967	Si

**Figura 16**

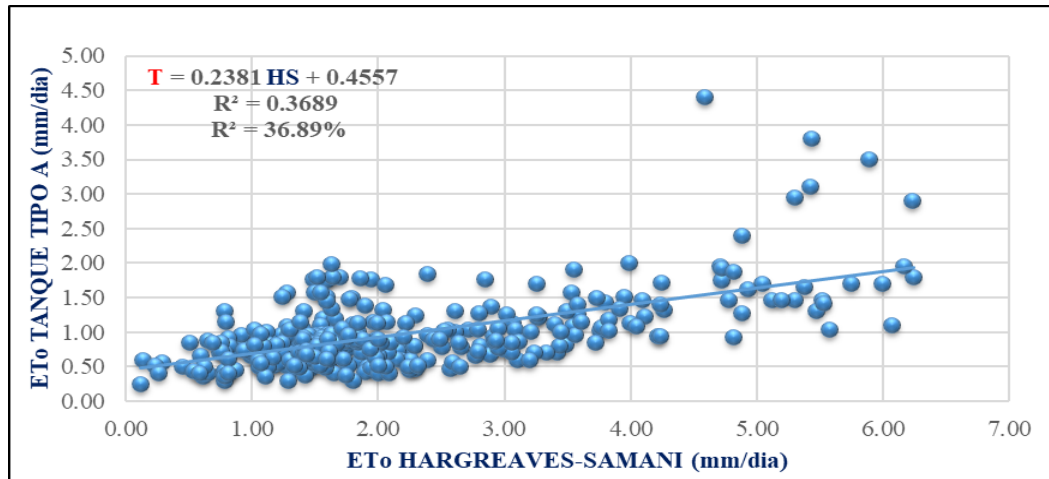
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de  $E_{To}$ . Año 2016.*



La correlación del Tanque e Ivanov, tiene un  $R^2 = 32.48\%$ , para el estudio es un resultado malo.

### Figura 17

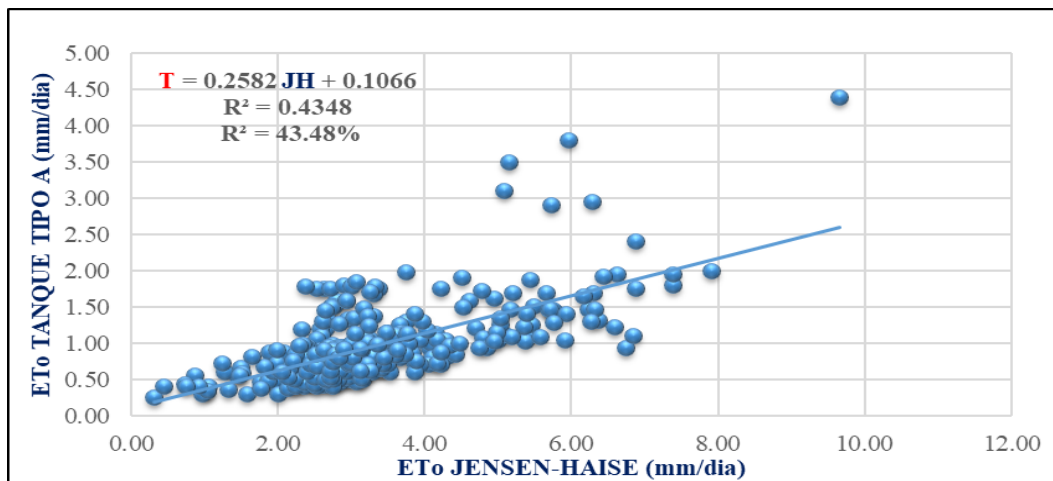
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2016.*



El modelo del Tanque no está explicado por la variable de Hargreaves, porque el  $R^2 = 36.89\%$ , este resultado es menor del 50% lo cual es malo correlativamente.

### Figura 18

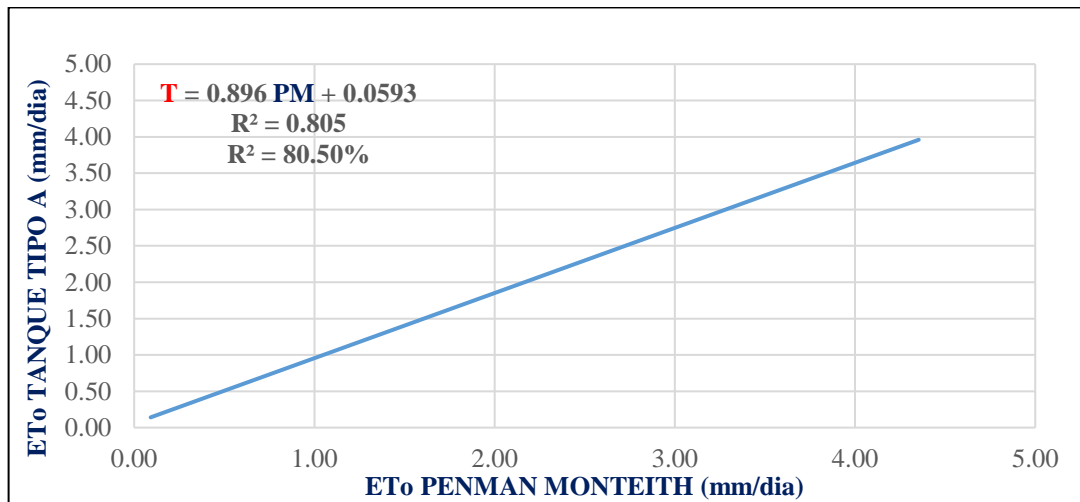
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2016.*



Esta correlación es mala debido a que tiene un  $R^2 = 43.48\%$ , es decir que la variable independiente está muy dispersa respecto a la línea de tendencia.

**Figura 19**

*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2016.*



El modelo del Tanque está explicado por la variable de Penman-Monteith, en un  $R^2 = 80.50\%$ , es decir que la variable independiente tiene mejor linealidad.

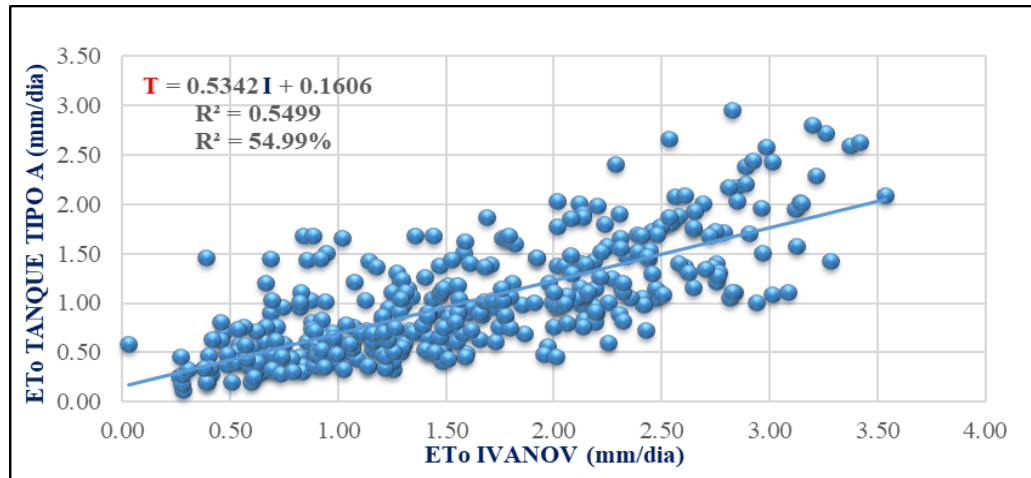
**Tabla 5**

*Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2016. Con una probabilidad del 95%.*

Ecuación	$\alpha$	n	$R^2$	Error	$t_c$	$t_t$	Análisis
Tanque Tipo A	-	-	-		-	-	-
Ivanov	0.05	366	0.3248	0.41	13.233	1.967	Si
Hargreaves y Samani	0.05	366	0.3689	0.40	14.587	1.967	Si
Jensen y Haise	0.05	366	0.4348	0.38	16.734	1.967	Si
Penman y Monteith	0.05	366	0.8050	0.22	38.764	1.967	Si

**Figura 20**

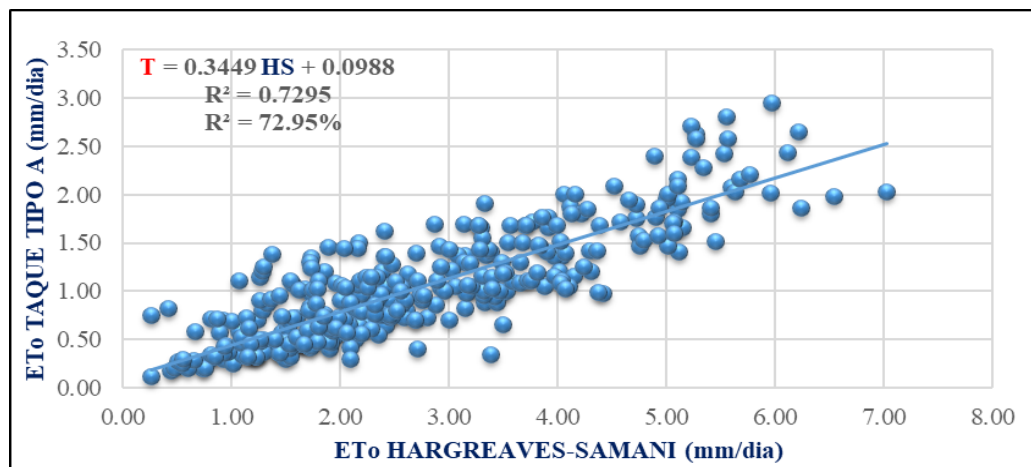
*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2017.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Ivanov, en un  $R^2 = 54.99\%$ , es decir que la variable independiente explica regularmente. Debido a que están dispersos los valores.

**Figura 21**

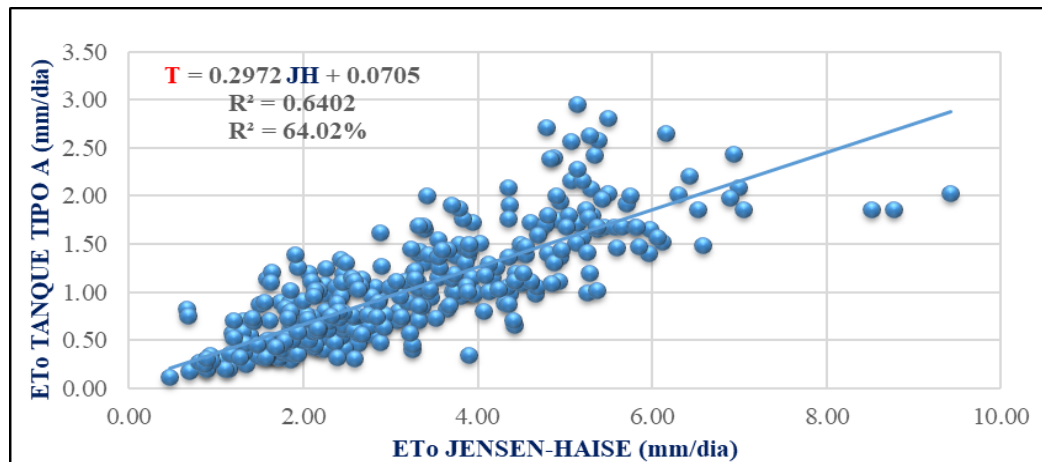
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2017.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Hargreaves, en un  $R^2 = 72.95\%$ , es decir que la variable independiente tiene una moderada correlación.

**Figura 22**

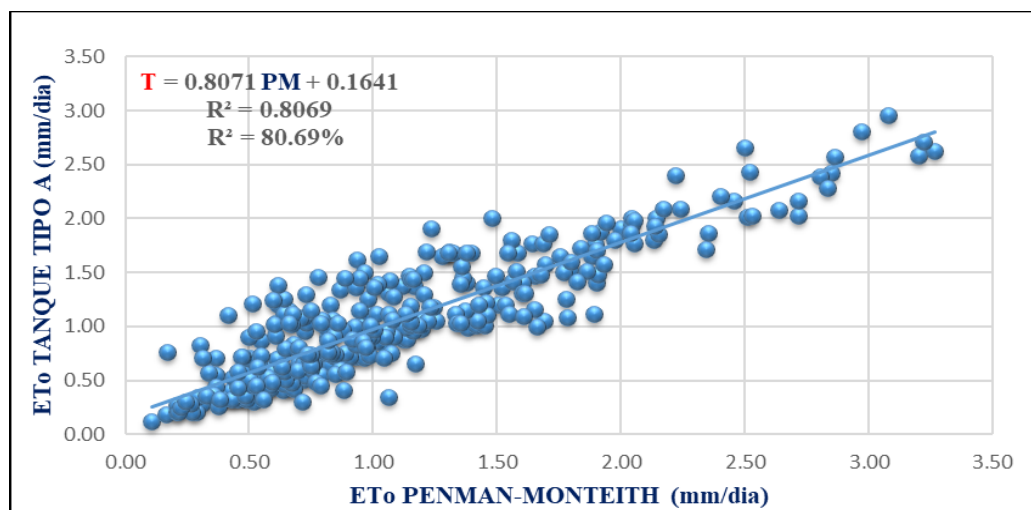
*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2017.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Jensen, en un  $R^2 = 64.02\%$ , es decir que la variable independiente tiene una moderada correlación.

**Figura 23**

*Determinación de Modelos Lineales y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2017.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Penman-Monteith, con un  $R^2 = 80.69\%$ , es decir que la variable independiente tiene buena correlatividad.

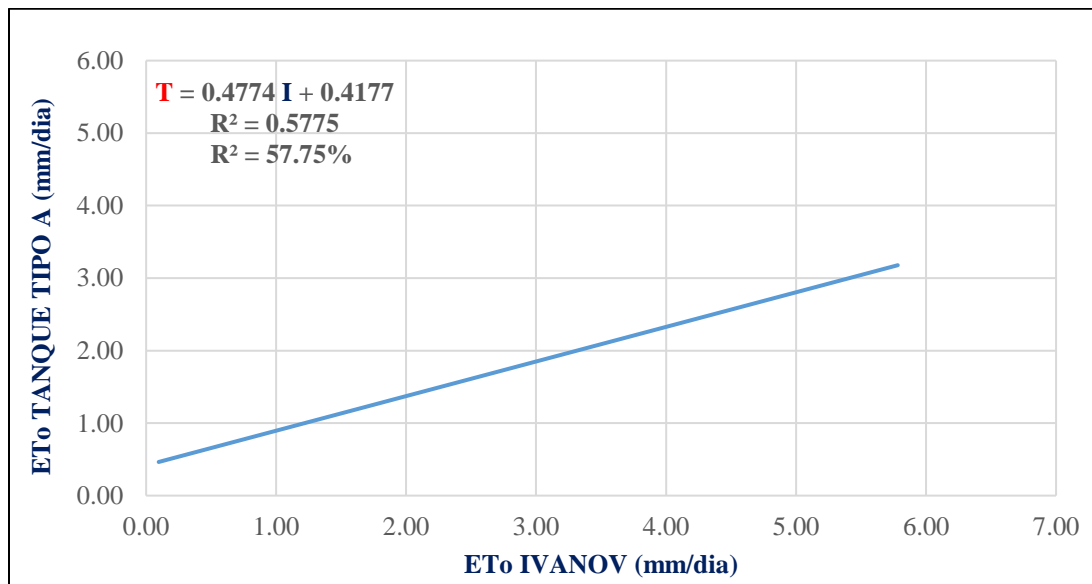
**Tabla 6**

*Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2017. Con una probabilidad del 95%.*

Ecuación	$\alpha$	n	$R^2$	Error	$t_c$	$t_t$	Análisis
Tanque Tipo A	-	-	-		-	-	-
Ivanov	0.05	365	0.5499	0.38	21.159	1.967	Si
Hargreaves y Samani	0.05	365	0.7295	0.29	31.288	1.967	Si
Jensen y Haise	0.05	365	0.6402	0.34	25.414	1.967	Si
Penman y Monteith	0.05	365	0.8069	0.25	38.947	1.967	Si

**Figura 24**

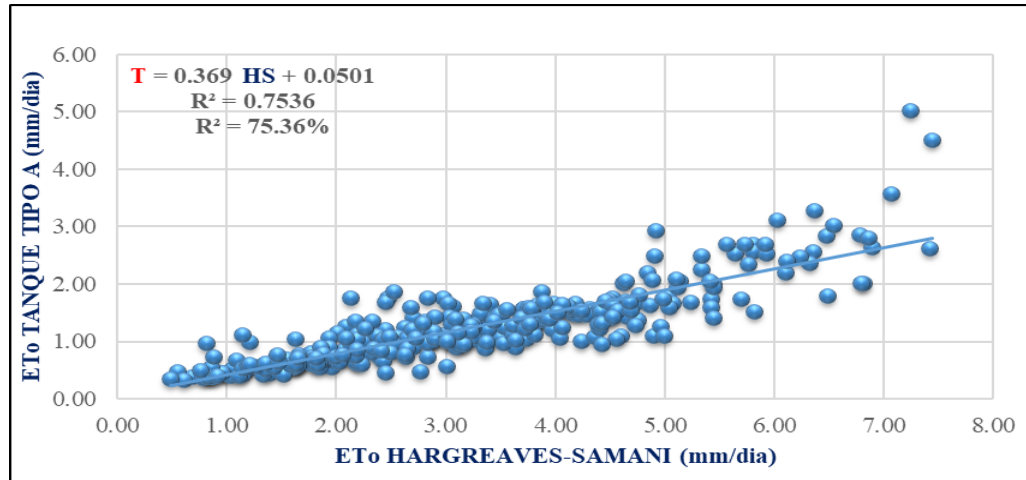
*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2018.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Ivanov, en un  $R^2 = 52.02\%$ , es decir que la variable independiente explica regularmente. Como se observa el grafico los valores están muy dispersos generando errores.

### Figura 25

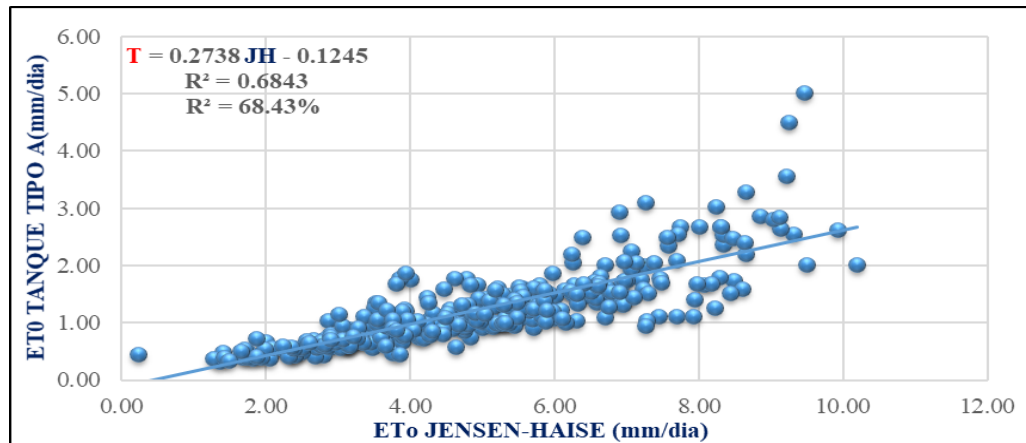
*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2018.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Hargreaves, en un  $R^2 = 59.33\%$ , es decir que la variable independiente tiene una moderada correlación.

### Figura 26

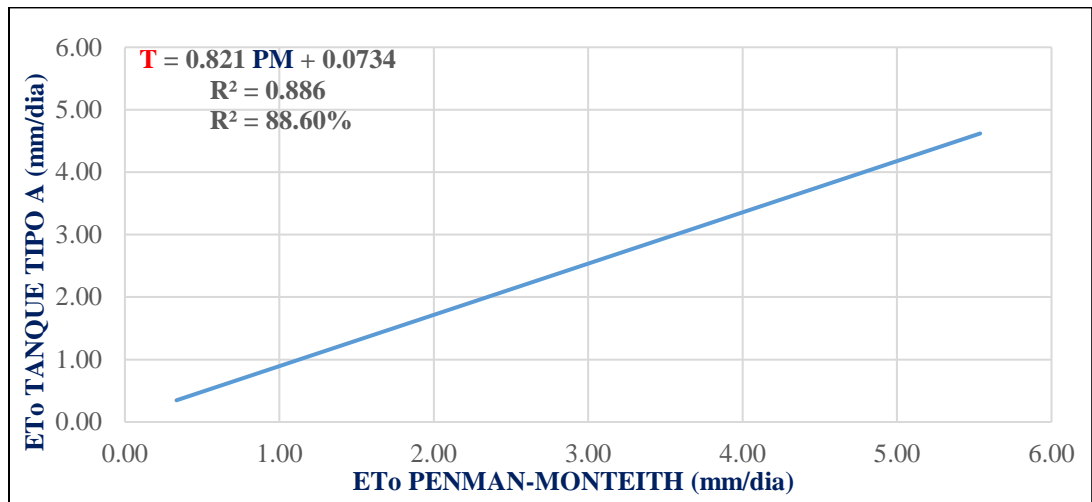
*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2018.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Jensen, en un  $R^2 = 68.43\%$ , estadísticamente tiene una regular correlación.

**Figura 27**

*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación diario de ETo. Año 2018.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Penman-Monteith, con un  $R^2 = 88.60\%$ , es decir que la variable independiente tiene buena correlación respecto a la variable dependiente.

**Tabla 7**

*Análisis estadístico diario de la Evapotranspiración de Referencia, año 2018. Con una probabilidad del 95%.*

Ecuación	$\alpha$	n	$R^2$	Error	$t_c$	$t_t$	Análisis
Tanque Tipo A	-	-	-	-	-	-	-
Ivanov	0.05	365	0.5775	0.42	22.275	1.967	Si
Hargreaves y Samani	0.05	365	0.7536	0.32	33.320	1.967	Si
Jensen y Haise	0.05	365	0.6843	0.36	28.050	1.967	Si
Penman y Monteith	0.05	365	0.8860	0.22	53.115	1.967	Si



**4.1.3 Determinación de la correlación de la Evapotranspiración promedio mensual, estimadas con las Fórmulas Empíricas.**

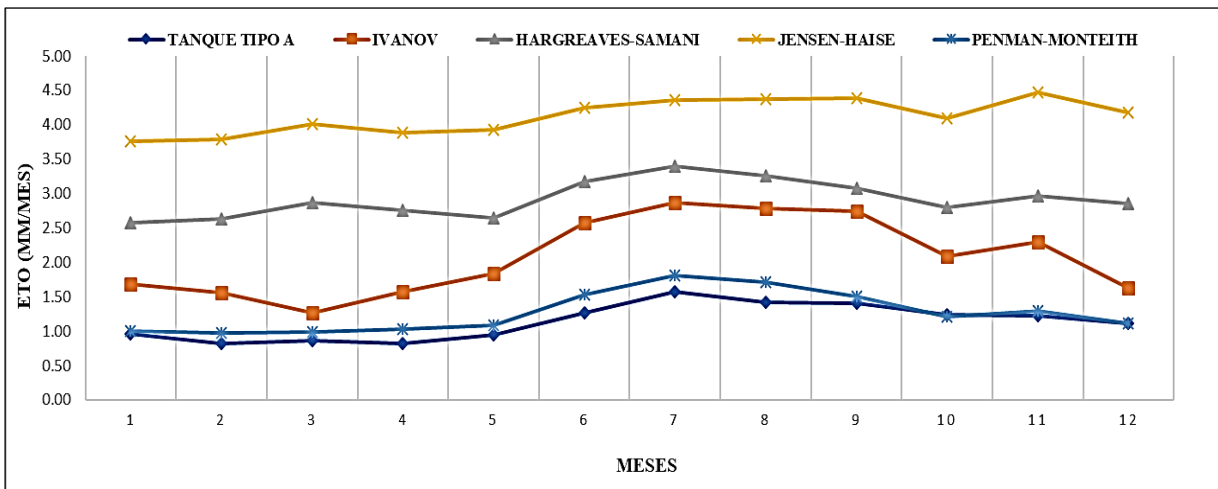
**Tabla 8**

*Análisis de la Evapotranspiración Mensual. Años (2014-2018)*

Mes	ETo Tanque Tipo A	ETo Ivanov	ETo Hargreaves - Samani	ETo Jensen - Haise	ETo Penman – Monteith
Enero	0.96	1.68	2.58	3.77	1.01
Febrero	0.82	1.55	2.63	3.78	0.97
Marzo	0.87	1.26	2.87	4.01	0.98
Abril	0.82	1.57	2.75	3.89	1.02
Mayo	0.95	1.84	2.65	3.93	1.09
Junio	1.27	2.58	3.17	4.25	1.53
Julio	1.58	2.87	3.40	4.36	1.80
Agosto	1.42	2.79	3.26	4.38	1.72
Septiembre	1.41	2.74	3.08	4.39	1.50
Octubre	1.23	2.08	2.80	4.09	1.21
Noviembre	1.23	2.29	2.97	4.47	1.30
Diciembre	1.11	1.63	2.86	4.18	1.11

**Figura 28**

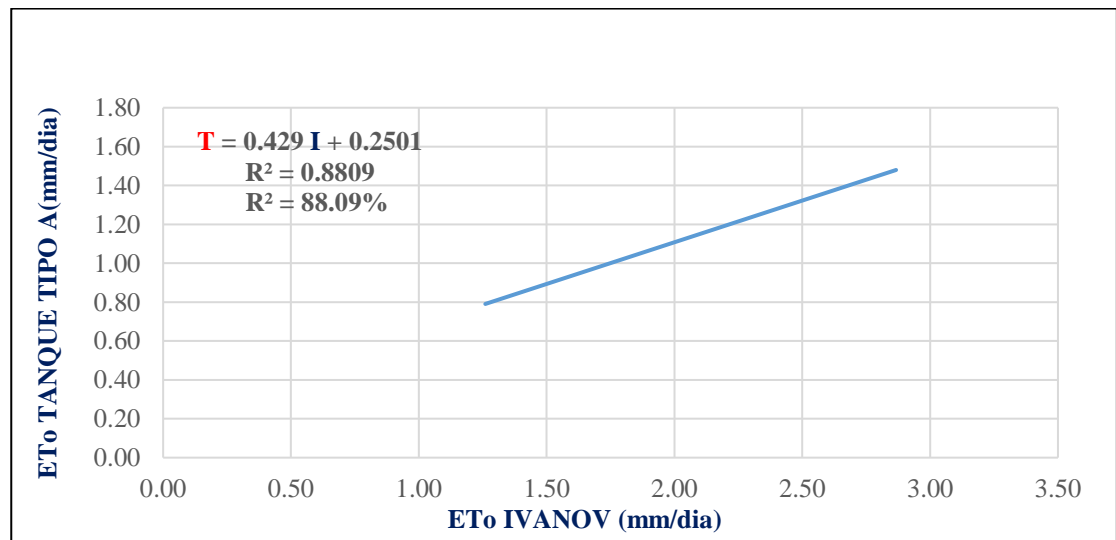
*Comportamiento mensual de la ETo determinada por las Ecuaciones Empíricas y Tanque Tipo A. Años (2014-2018)*



Los valores de referencia fueron calculados por la ecuación del tanque tipo A cuyos resultados se comparan con los obtenidos por las demás ecuaciones empíricas mencionadas. Se obtuvo que el mayor valor de evapotranspiración mensual, fue la ecuación de Jansen-Haise (4.47mm/mes) en el mes de noviembre seguida de Hargreaves-Samani (3.40mm/mes) e Ivanov (2.87mm/mes) para el mes de julio, el menor valor lo registro el Tanque Tipo A (0.82mm/mes) para el mes de abril. Se observó, que no existe una estacionalidad marcada de la ETo entre las ecuaciones del Tanque Tipo A y Penman-Monteith mostrando una ligera variabilidad entre los meses del año, haciendo que ambos tengan una correlación gráfica aceptable, además las ecuaciones de Ivanov y Hargreaves mantienen una ligera variabilidad, pero el que se aleja significativamente con valores altos es la ecuación de Jensen-Haise.

**Figura 29**

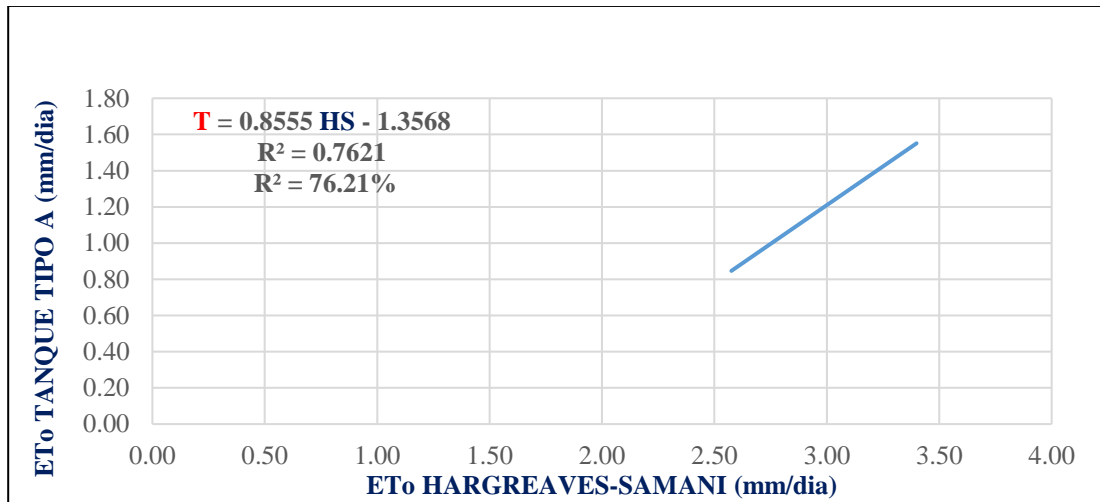
*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación anual de ETo.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Ivanov, en un  $R^2 = 88.09\%$ , es decir que la variable independiente tiene una buena correlación.

**Figura 30**

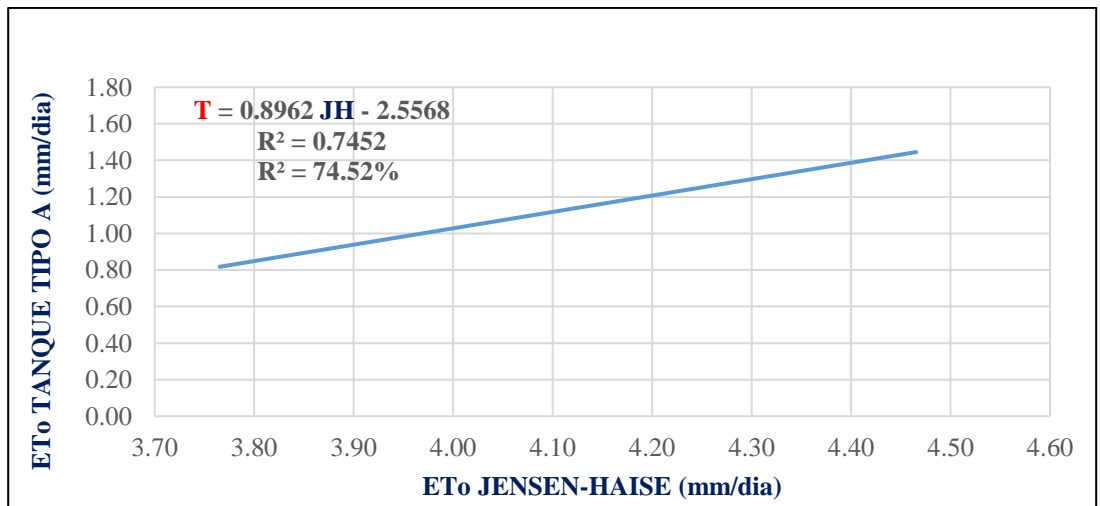
*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación anual de ETo.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Hargreaves, en un  $R^2 = 76.21\%$ , es decir que la variable independiente explica regularmente la correlación.

**Figura 31**

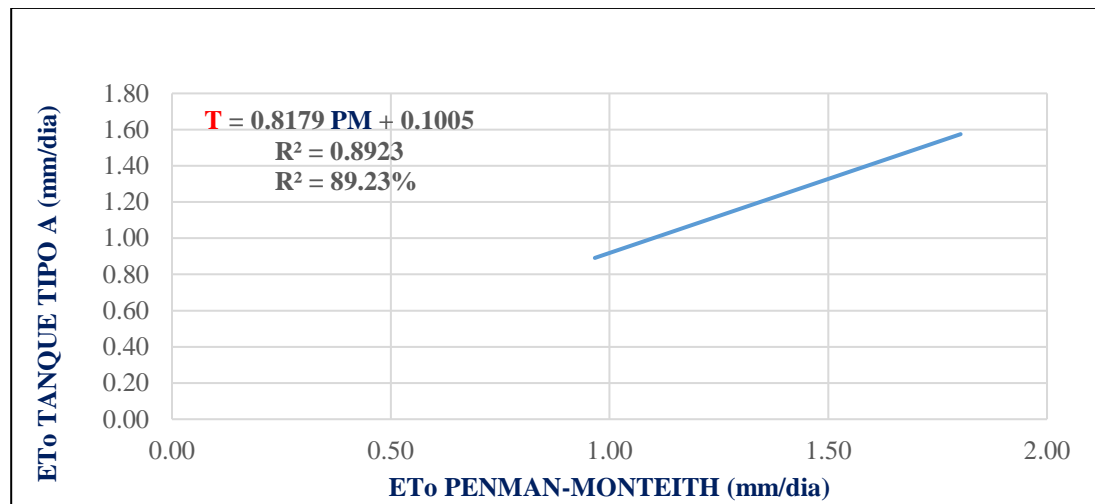
*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación anual de ETo.*



El modelo del Tanque esta explicado por la variable de Jensen-Haise, en un  $R^2 = 74.52\%$ , es decir que la variable independiente explica regularmente.

**Figura 32**

*Determinación del Modelo Lineal y coeficiente de determinación anual de ETo.*



El modelo del Tanque está explicado por la variable de Penman-Monteith, en un  $R^2 = 89.23\%$ , es decir que la variable independiente tiene mejor linealidad.

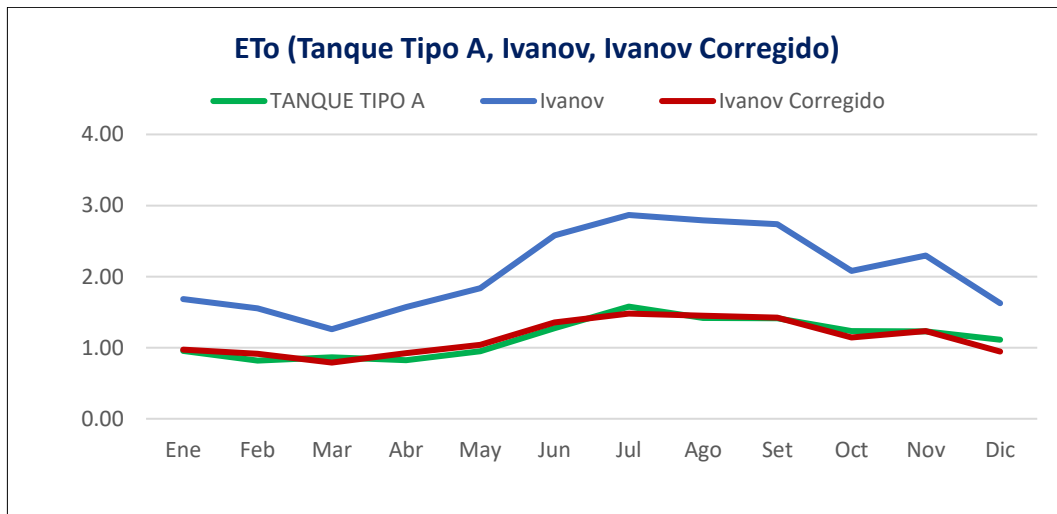
**Tabla 9**

*Análisis estadístico de la Evapotranspiración de Referencia, Anual. Con una probabilidad del 95%.*

Ecuación	$\alpha$	n	$R^2$	Error	$t_c$	$t_t$	Análisis
Tanque Tipo A	-	-	-	-	-	-	-
Ivanov	0.05	12	0.8809	0.09	8.600	2.228	Si
Hargreaves y Samani	0.05	12	0.7621	0.13	5.660	2.228	Si
Jensen y Haise	0.05	12	0.7452	0.14	5.408	2.228	Si
Penman y Monteith	0.05	12	0.8923	0.09	9.102	2.228	Si

**Tabla 10***Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia Mensual, Años (2014-2018).*

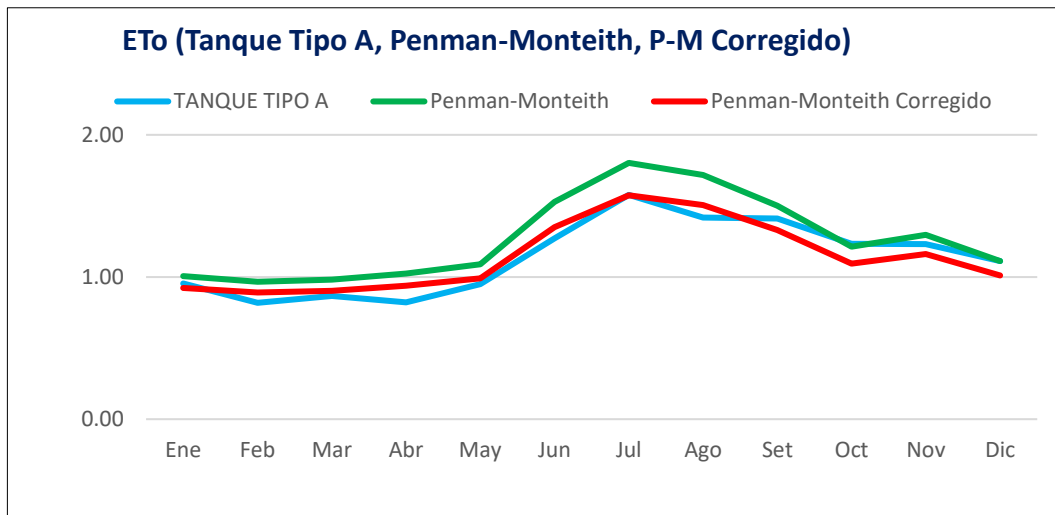
	ETo Tanque Tipo A	ETo Ivanov	ETo Ivanov (Corregido)	Error Abs.
Enero	0.96	1.68	0.97	0.73
Febrero	0.82	1.55	0.92	0.73
Marzo	0.87	1.26	0.79	0.39
Abril	0.82	1.57	0.92	0.75
Mayo	0.95	1.84	1.04	0.89
Junio	1.27	2.58	1.36	1.31
Julio	1.58	2.87	1.48	1.29
Agosto	1.42	2.79	1.45	1.37
Setiembre	1.41	2.74	1.42	1.33
Octubre	1.23	2.08	1.14	0.85
Noviembre	1.23	2.29	1.23	1.06
Diciembre	1.11	1.63	0.95	0.51

**Figura 33***Evapotranspiración de Referencia ETo (Tanque Tipo A, Ivanov, Ivanov corregido).*

Se observa que los valores de Ivanov (corregido) son de mayor similitud con los del Tanque Tipo A. los valores originales de Ivanov son mayores respecto a los del Tanque.

**Tabla 11***Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia Mensual, Años (2014-2018).*

	ETo Tanque Tipo A	ETo Penman – Monteith	ETo PM (Corregido)	Error Abs.
Enero	0.96	1.01	0.92	0.05
Febrero	0.82	0.97	0.89	0.15
Marzo	0.87	0.98	0.90	0.12
Abril	0.82	1.02	0.94	0.20
Mayo	0.95	1.09	0.99	0.14
Junio	1.27	1.53	1.35	0.26
Julio	1.58	1.80	1.57	0.22
Agosto	1.42	1.72	1.51	0.30
Setiembre	1.41	1.50	1.33	0.09
Octubre	1.23	1.21	1.09	0.02
Noviembre	1.23	1.30	1.16	0.07
Diciembre	1.11	1.11	1.01	0.00

**Figura 34***Evapotranspiración de Referencia ETo (Tanque Tipo A, Penman-Monteith, Penman-Monteith corregido).*

Se observa que los valores de Penman-Monteith corregido son de mayor similitud con los del Tanque Tipo A. y los valores de Penman-Monteith son mayores.

## 4.2 Discusión

Para la calibración de las ecuaciones se utilizaron datos diarios meteorológicos del periodo 2014-2018. Las ecuaciones que fueron comparadas: Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen y Haise, Penman-Monteith, respecto a la ecuación del Tanque Tipo A; Utilizando Excel se obtuvieron la correlación de las ecuaciones analizadas, obteniéndose los siguientes resultados.

Como se observa en las Figuras 8 al 11 y Tabla 3. Indica que las ecuaciones tienen el coeficiente de determinación y correlación. Ivanov ( $R^2 = 52.02\%$ ,  $r = 0.7212$ ), Hargreaves y Samani ( $R^2 = 59.33\%$ ,  $r = 0.7703$ ), Jensen y Haise ( $R^2 = 53.91\%$ ,  $r = 0.7342$ ) y Penman y Monteith ( $R^2 = 80.1\%$ ,  $r = 0.8949$ ) los cuales se consideran una correlación positiva moderada fuerte, como indica el autor Martínez et al., (2009), descrito en la (p. 37). La ecuación de Penman-Monteith tienen una correlación de 80.10% lo que explica al modelo de evapotranspiración, considerando un 19.90% de error. Del análisis de los resultados del estadístico t de Studen, se acepta la hipótesis alterna, es decir: Si  $|t_c| > t_t$ , se rechaza la hipótesis nula por lo que  $\rho \neq 0$ , indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables. Descritas en la p.36. Se acepta la hipótesis alterna, es decir se acepta la hipótesis de la investigación.

Como se observa en las Figuras 12 al 15 y Tabla 4. Indica que las ecuaciones tienen el coeficiente de determinación y correlación. Ivanov ( $R^2 = 64.62\%$ ,  $r = 0.8039$ ), Hargreaves y Samani ( $R^2 = 68.24\%$ ,  $r = 0.8261$ ), Jensen y Haise ( $R^2 = 65.22\%$ ,  $r = 0.8076$ ), Penman y Monteith ( $R^2 = 81.53\%$ ,  $r = 0.9029$ ) los cuales se consideran una correlación positiva moderada fuerte, como indica el autor Martínez et al., (2009), descrito en la (p. 37). La ecuación de Penman-Monteith tienen una correlación de 81.53% lo que explica al modelo de evapotranspiración, considerando un 18.43% de error. Del análisis de los resultados del estadístico t de Studen, se acepta la hipótesis alterna, es decir: Si  $|t_c| > t_t$ , se rechaza la

hipótesis nula por lo que  $\rho \neq 0$ , indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables. Descritas en la p.36. Se acepta la hipótesis alterna, es decir se acepta la hipótesis de la investigación.

Como se observa en las Figuras 16 al 19 y Tabla 5. Indica que las ecuaciones tienen el coeficiente de determinación y correlación. Ivanov ( $R^2 = 32.48\%$ ,  $r = 0.5699$ ), Hargreaves y Samani ( $R^2 = 36.89\%$ ,  $r = 0.6074$ ), Jensen y Haise ( $R^2 = 43.48\%$ ,  $r = 0.6594$ ) y Penman y Monteith ( $R^2 = 80.50\%$ ,  $r = 0.8972$ ); dice que son de correlación positiva moderada fuerte, la teoría descrita Según Martínez et al., (2009), en las (p.37); La ecuación de Penman-Monteith tienen una correlación de 80.50% lo que explica al modelo de evapotranspiración, considerando un 19.50% de error. Del análisis de los resultados del estadístico t de Student, se acepta la hipótesis alterna, es decir: Si  $|t_c| > t_t$ , se rechaza la hipótesis nula por lo que  $\rho \neq 0$ , indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables. Descritas en la p.36. Se acepta la hipótesis alterna, es decir se acepta la hipótesis de la investigación.

Como se observa en las Figuras 20 al 23 y Tabla 6. Indica que las ecuaciones tienen el coeficiente de determinación y correlación. Ivanov ( $R^2 = 54.99\%$ ,  $r = 0.7415$ ), Hargreaves y Samani ( $R^2 = 72.95\%$ ,  $r = 0.8541$ ), Jensen y Haise ( $R^2 = 64.02\%$ ,  $r = 0.8001$ ) Penman y Monteith ( $R^2 = 80.69\%$ ,  $r = 0.8983$ ); dice que son de correlación positiva moderada fuerte, la teoría descrita Según Martínez et al., (2009), en las (p.37); La ecuación de Penman-Monteith tienen una correlación de 80.69% lo que explica al modelo de evapotranspiración, considerando un 19.31% de error. Del análisis de los resultados del estadístico t de Student, se acepta la hipótesis alterna, es decir: Si  $|t_c| > t_t$ , se rechaza la hipótesis nula por lo que  $\rho \neq 0$ , indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables. Descritas en la p.36. Se acepta la hipótesis alterna, es decir se acepta la hipótesis de la investigación.



Como se observa en las Figura 24 al 27 y Tabla 7. Indica que las ecuaciones tienen el coeficiente de determinación y correlación. Ivanov ( $R^2 = 57.75\%$ ,  $r = 0.7599$ ), Hargreaves y Samani ( $R^2 = 75.36\%$ ,  $r = 0.8681$ ), Jensen y Haise ( $R^2 = 68.43\%$ ,  $r = 0.8272$ ), Penman y Monteith ( $R^2 = 88.60\%$ ,  $r = 0.9412$ ); dice que son de correlación positiva moderada fuerte, la teoría descrita Según Martínez et al., (2009), en las (p.37); La ecuación de Penman-Monteith tienen una correlación de 88.60% lo que explica al modelo de evapotranspiración, considerando un 11.40% de error. Del análisis de los resultados del estadístico t de Student, se acepta la hipótesis alterna, es decir: Si  $|t_c| > t_t$ , se rechaza la hipótesis nula por lo que  $\rho \neq 0$ , indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables. Descritas en la p.36. Se acepta la hipótesis alterna, es decir se acepta la hipótesis de la investigación.

Se estimó la ETo con los promedios mensuales de las variables meteorológicas, estos valores conocidos comúnmente en la hidrología como ETo mensual, Los resultados mensuales obtenidos, como se observa en las Figura 28 al 31 y Tabla 8. Indica que las ecuaciones tienen el coeficiente de determinación y correlación. Ivanov ( $R^2 = 88.09\%$ ,  $r = 0.9386$ ), Hargreaves y Samani ( $R^2 = 76.21\%$ ,  $r = 0.8729$ ), Jensen y Haise ( $R^2 = 74.52\%$ ,  $r = 0.8632$ ), Penman y Monteith ( $R^2 = 89.23\%$ ,  $r = 0.9446$ ); poseen una correlación positiva moderada fuerte, según Martínez et al., (2009), la teoría descrita en las (p.37). Tenemos que  $R^2=89.23\%$  correlación de ajuste (Excelente  $0.9 \leq r < 1$ ), lo que explica la variable Eto con un error de 10.77%. Además, tenemos  $R^2 = 88.09\%$  por parte de Ivanov, indica también un buen ajuste respecto al Eto del tanque con un error de 11.91%. Del análisis de los resultados del estadístico t de Student, se acepta la hipótesis alterna, es decir: Si  $|t_c| > t_t$ , se rechaza la hipótesis nula por lo que  $\rho \neq 0$ , indicándose que es significativo y por lo tanto existe correlación entre las variables. Descritas en la p.36. Se acepta la hipótesis alterna, es decir se acepta la hipótesis de la investigación.

## V. CONCLUSIONES

- Para la calibración anual la ecuación de Penman-Monteith presentó la mejor correlación frente a las estimaciones del Tanque Tipo A con un  $R^2 \leq 0.80$ . Al hacer la correlación entre ETo del Tanque Tipo A con Penman – Monteith tenemos un valor de  $R^2 = 89.23\%$ , muy cerca esta la ecuación de Ivanov con un  $88.09\%$  de asociación relativa. Por lo que se concluye que PM es el que tiene mejor ajuste respecto las demás formulas. Los siguientes modelos lineales se ajustan y permiten realizar correcciones.

$$ETo (\text{Tanque Tipo A}) = 0.2501 + 0.429 * ETo (\text{Ivanov})$$

$$ETo (\text{Tanque Tipo A}) = 0.1005 + 0.8179 * ETo (\text{Penman-Monteith})$$

- Se estimaron los valores de Evapotranspiración diaria y mensual para los años respectivos mediante las ecuaciones empíricas de Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen-Haise, Penman - Monteith; Tanque Tipo A. los resultados se encuentran detallados Anexo 2 al 6.
- Al comparar los modelos de Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen y Haise, Penman-Monteith con el Tanque Tipo A, se encontró que para estimaciones diarias las ecuaciones de Penman-Monteith determino los mejores resultados en las estimaciones de ETo con los menores errores y un  $R^2$  mayor a 0.80 a diferencia de los demás, tras cinco años de datos estudiados.

Las mejores correlaciones de la evapotranspiración con el Tanque Clase A respecto de la ecuación empírica de Penman - Monteith fueron 80.10%, 81.53%, 80.50%, 80.69% y 88.60, respectivamente del 2014 al 2018. A continuación, tenemos ecuaciones lineales con buen ajuste y que nos ayudaran para las correcciones.

$$\text{Año 2014, } ETo (\text{Tanque Tipo A}) = 0.0877 + 0.7716 * ETo (\text{Penman-Monteith})$$

$$\text{Año 2015, } ETo (\text{Tanque Tipo A}) = 0.2148 + 0.7504 * ETo (\text{Penman-Monteith})$$

$$\text{Año 2016, } ETo (\text{Tanque Tipo A}) = 0.0593 + 0.896 * ETo (\text{Penman-Monteith})$$

$$\text{Año 2017, } ETo (\text{Tanque Tipo A}) = 0.1641 + 0.8071 * ETo (\text{Penman-Monteith})$$

$$\text{Año 2018, } ETo (\text{Tanque Tipo A}) = 0.0734 + 0.821 * ETo (\text{Penman-Monteith})$$

## VI. RECOMENDACIONES

- Para su mejor estimación de la evapotranspiración  $E_{To}$  mediante las ecuaciones empíricas (Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen-Haise, Penman - Monteith) se recomienda calibrar con los coeficientes medidos en el lugar de estudio, es decir con datos de un lisímetro.
- Además, se recomienda realizar el cálculo de la  $E_{To}$  con datos diarios, o al menos con promedios diarios de las variables meteorológicas, debido a que el error se incrementa al aumentar a escalas mensuales.
- Implementación de estaciones meteorológicas en cada valle interandino del departamento de Ancash para poder realizar estudios en el ámbito de los recursos hídricos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., & SMITH, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Food and Agriculture Org., 56.

BOCHETTI V.M.J.(2010). Analisis comparativo de la evapotranspiracion obtenida mediante distintas ecuaciones empiricas aplicadas a la zona agricola de chillan. concepcion: universidad católica de la santísima concepción. De: <http://web2.ucsc.cl/~civil/investigacion/memorias/mbochetti.pdf>

CABALLERO CASURIAGA, L. O., & FRANCO IBARS, R. A. (2006). Comparacion de la evapotranspiracion del cultivo de referencia mediante cinco metodos, propuestas por la FAO. *Investigacion Agricola*, 58-65. De <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/102>

CHAVEZ RAMIRES , E., GONZÁLES CERVANTES, G., & GONZÁLES BARRIOS , J. (2013). Uso de las estaciones climatologicas automaticas y modelos automaticos para determinar la evapotranspiracion. *Tecnologia y Ciencias del Agua* , 115-126. De: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php>

CONTRERAS SILVA, J. J. (2015). análisis comparativo de cuatro modelos de evapotranspiración de referencia en la microcuenca del río quinuas. cuenca: universidad de cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/pdf>.

CÓRDOVA, M. (2009). *Estadística Descriptiva e Inferencial*. Lima, Perú: Moshera s.r.l.

DOOREMBOOS, J; PRUITT, W.O. (1977) Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio Fao n° 24, Naciones Unidas, New York.

FAO N° 56 (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Manual No. 56 serie Riego y Drenaje. Roma, Italia. De: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s>.

GONZÁLEZ-CERVANTES, G., & CHÁVEZ-RAMÍREZ, E., & GONZÁLEZ-BARRIOS, J. L., & DZUL-LÓPEZ, A., & SÁNCHEZ-COHEN, I., & POTISEK-TALAVERA, M. C. (2012). Comparación de Métodos para Determinar la Evapotranspiración y Oportunidad de Riego en Nogal Pecanero. *Terra Latinoamericana*, 30(1), undefined. [fecha de Consulta 26 de septiembre de 2019]. ISSN: Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57324651004>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (2006). *Metodología de la investigación* (Vol. 3). México: McGraw-Hill.

MARTÍNEZ, M. S., & BART, L. C. (2011). Comparación de ecuaciones empíricas para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en la Región del Libertador General Bernardo O Higgins, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (50), 171-186. <http://www.scielo.cl/scielo.php>.

MARTÍNEZ ORTEGA, R. M., TUYA PENDÁS, L. C., MARTÍNEZ ORTEGA, M., PÉREZ ABREU, A., & CÁNOVAS, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2).

WALPOLE, R. E., MYERS, R. H., & MYERS, S. L. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. (8ª Ed) (389 - 443). México: Pearson Educación.

## ANEXO

### Anexo 1

*Valores diarios de la Evaporación del Tanque Tipo A.*

Fecha	Evaporación				
	2014	2015	2016	2017	2018
1-Ene	2.93	0.94	1.63	1.34	2.54
2-Ene	2.47	0.93	1.75	0.40	2.62
3-Ene	2.19	0.97	1.95	1.25	3.20
4-Ene	2.51	1.04	1.44	0.55	1.42
5-Ene	0.86	1.09	1.58	1.37	1.17
6-Ene	0.93	1.33	1.44	0.48	0.48
7-Ene	1.26	0.95	1.61	0.84	2.19
8-Ene	1.16	1.52	1.54	0.72	0.61
9-Ene	1.65	0.98	1.80	1.50	2.44
10-Ene	1.64	1.40	4.05	0.38	1.20
11-Ene	1.30	1.62	2.07	0.60	1.01
12-Ene	1.29	1.44	1.93	0.40	2.49
13-Ene	0.92	1.25	2.36	1.42	1.44
14-Ene	1.27	1.71	2.65	0.93	2.45
15-Ene	1.10	3.11	2.20	0.15	1.08
16-Ene	0.98	2.94	2.91	0.33	0.95
17-Ene	1.41	2.70	2.00	0.59	0.97
18-Ene	1.09	1.49	1.13	1.48	1.16
19-Ene	1.19	1.35	1.42	0.80	0.66
20-Ene	1.19	1.40	1.78	0.80	0.66
21-Ene	1.27	0.93	1.66	0.79	0.99
22-Ene	1.26	0.67	1.11	0.83	2.31
23-Ene	1.12	0.90	3.17	0.78	0.60
24-Ene	1.00	1.20	3.20	0.52	0.80
25-Ene	0.78	0.93	2.03	1.68	0.67
26-Ene	0.69	1.44	1.62	0.23	1.27
27-Ene	0.94	1.22	1.82	1.48	2.41
28-Ene	0.95	1.39	1.95	0.99	2.37
29-Ene	0.88	1.35	1.34	1.03	2.34
30-Ene	1.37	0.92	1.46	1.60	2.48
31-Ene	0.55	1.14	1.15	1.70	2.65
1-Feb	0.73	0.76	0.73	2.07	2.55

---

2-Feb	0.37	1.04	1.48	2.22	2.45
3-Feb	1.07	0.73	0.84	2.12	2.11
4-Feb	1.14	1.41	1.07	2.19	1.85
5-Feb	1.27	2.75	1.18	0.48	2.03
6-Feb	0.83	2.94	2.56	2.01	1.77
7-Feb	0.69	2.40	0.85	2.09	2.22
8-Feb	0.37	1.47	0.69	0.75	1.66
9-Feb	0.46	0.73	0.85	0.58	1.47
10-Feb	1.20	1.05	1.06	0.69	1.46
11-Feb	0.74	1.45	1.06	0.81	0.57
12-Feb	0.86	1.08	1.10	0.27	1.64
13-Feb	0.53	1.43	0.95	0.78	2.18
14-Feb	0.96	0.74	0.74	0.44	2.12
15-Feb	0.70	1.01	0.83	0.35	1.95
16-Feb	0.32	0.49	1.21	0.62	1.08
17-Feb	1.42	1.03	0.67	2.40	1.39
18-Feb	1.08	1.85	0.64	0.64	1.49
19-Feb	1.01	3.40	1.06	0.58	1.82
20-Feb	1.27	3.27	1.29	0.65	0.42
21-Feb	0.62	1.45	1.20	1.87	2.25
22-Feb	0.62	1.73	1.59	0.59	2.55
23-Feb	1.41	1.58	0.63	0.50	0.62
24-Feb	0.55	1.35	0.67	0.58	1.82
25-Feb	0.68	0.51	0.67	0.74	2.60
26-Feb	0.99	0.41	1.02	0.99	0.78
27-Feb	0.53	0.88	0.59	0.63	1.45
28-Feb	1.07	0.82	0.66	0.67	0.90
29-Feb	2.27	2.37	1.01	0.64	1.04
1-Mar	0.64	1.52	2.17	1.01	0.52
2-Mar	2.28	0.81	0.80	1.11	0.98
3-Mar	2.35	0.56	0.77	0.26	1.85
4-Mar	0.96	1.39	2.15	0.93	1.04
5-Mar	0.35	1.43	1.53	0.85	1.94
6-Mar	0.90	0.77	0.84	1.15	1.15
7-Mar	1.84	0.82	0.46	0.85	0.84
8-Mar	0.74	1.27	0.40	0.27	1.24
9-Mar	0.88	1.43	0.72	0.64	0.74
10-Mar	1.89	1.16	0.88	0.58	1.00
11-Mar	1.81	0.73	0.99	0.26	1.14
12-Mar	1.01	0.85	0.98	0.82	1.40
13-Mar	1.23	1.42	1.70	0.79	2.63

---

14-Mar	1.34	1.57	2.29	0.83	1.48
15-Mar	0.98	1.41	0.90	0.76	1.83
16-Mar	1.36	1.85	2.23	0.45	1.75
17-Mar	1.29	1.35	0.68	0.50	0.84
18-Mar	0.66	1.88	2.26	0.57	1.14
19-Mar	1.01	1.37	0.83	1.15	1.22
20-Mar	2.11	1.62	0.72	1.28	1.23
21-Mar	1.89	0.82	0.63	1.83	1.45
22-Mar	0.62	1.11	0.86	1.30	1.56
23-Mar	2.00	0.89	0.56	1.07	1.35
24-Mar	1.76	1.15	2.17	1.01	1.47
25-Mar	2.17	0.54	2.79	0.45	1.40
26-Mar	1.01	1.38	2.37	0.91	1.89
27-Mar	0.76	1.26	1.25	1.03	1.12
28-Mar	2.10	0.88	2.65	0.50	1.42
29-Mar	3.00	0.83	2.59	0.96	0.99
30-Mar	1.74	1.59	0.73	0.54	2.47
31-Mar	1.51	2.24	2.23	0.47	1.59
1-Abr	1.16	0.47	0.89	0.76	0.62
2-Abr	1.08	0.91	0.75	0.70	0.48
3-Abr	0.47	1.75	0.67	0.55	0.90
4-Abr	0.53	1.30	1.41	0.75	0.97
5-Abr	0.68	0.91	1.14	0.50	0.77
6-Abr	2.17	0.89	1.11	0.60	1.48
7-Abr	0.87	0.83	1.43	0.96	1.39
8-Abr	1.84	1.54	1.67	0.80	0.80
9-Abr	0.84	1.10	1.03	0.60	0.88
10-Abr	1.82	0.66	0.59	0.42	2.13
11-Abr	2.26	0.91	0.42	0.45	2.45
12-Abr	1.24	1.07	1.17	0.58	2.16
13-Abr	0.81	2.14	1.97	1.44	0.50
14-Abr	0.58	1.25	1.54	2.17	0.55
15-Abr	0.76	1.33	0.71	2.56	1.01
16-Abr	2.22	1.46	0.52	2.27	2.29
17-Abr	1.23	1.48	0.55	2.40	3.93
18-Abr	2.23	0.91	0.53	1.04	3.98
19-Abr	0.81	1.22	1.13	0.84	2.12
20-Abr	1.31	1.40	0.35	1.37	1.51
21-Abr	2.34	0.75	0.59	0.77	1.54
22-Abr	1.33	0.74	1.01	1.41	1.38
23-Abr	2.24	1.59	0.87	0.64	1.38



24-Abr	1.43	1.50	0.79	1.44	1.96
25-Abr	1.01	0.60	0.99	1.26	0.83
26-Abr	1.44	1.47	1.45	0.50	1.05
27-Abr	2.14	1.53	0.76	0.63	0.89
28-Abr	0.69	1.10	1.69	0.63	0.52
29-Abr	0.57	0.92	1.61	0.44	1.76
30-Abr	2.15	1.58	1.78	0.79	1.55
1-May	2.28	1.29	1.83	2.46	0.98
2-May	2.29	1.07	1.77	2.16	1.50
3-May	0.59	2.16	1.66	2.11	1.93
4-May	0.75	1.45	1.55	1.52	2.36
5-May	2.19	0.80	1.47	1.45	1.46
6-May	1.11	1.48	1.45	0.72	1.98
7-May	2.24	1.30	1.37	1.03	1.64
8-May	0.55	0.58	1.24	2.48	1.04
9-May	1.48	1.23	1.36	0.72	1.35
10-May	2.20	2.24	1.21	0.69	2.94
11-May	0.71	2.09	1.06	1.07	1.04
12-May	0.88	0.96	0.75	2.26	2.12
13-May	0.97	0.81	1.30	0.93	1.29
14-May	0.80	0.64	1.12	0.65	2.08
15-May	2.23	0.78	1.08	0.52	1.31
16-May	0.67	0.33	1.39	0.89	1.40
17-May	2.24	0.85	1.15	2.33	2.03
18-May	0.94	0.34	1.05	0.92	0.91
19-May	1.23	1.22	1.06	0.48	1.33
20-May	0.73	1.45	0.71	0.73	1.83
21-May	1.41	2.26	0.87	0.38	1.20
22-May	1.41	2.16	0.55	0.85	0.76
23-May	1.33	2.32	1.31	0.63	1.86
24-May	1.55	1.17	1.39	0.51	2.24
25-May	1.13	1.50	3.07	0.94	2.41
26-May	1.23	1.11	0.91	0.80	2.16
27-May	2.32	2.25	1.44	0.94	2.12
28-May	3.06	2.32	1.09	0.74	2.20
29-May	2.36	1.07	1.01	0.96	2.04
30-May	4.03	1.56	1.59	0.66	1.47
31-May	3.85	1.06	1.51	0.91	0.79
1-Jun	2.14	0.71	1.25	0.83	1.67
2-Jun	2.91	2.09	1.33	0.73	1.37
3-Jun	3.88	2.13	1.33	0.33	0.69

4-Jun	3.36	2.17	1.21	0.73	0.54
5-Jun	3.31	1.20	1.32	0.76	0.73
6-Jun	4.73	2.91	1.44	1.32	2.62
7-Jun	3.40	4.02	1.35	1.51	2.24
8-Jun	3.92	2.97	1.18	1.64	1.92
9-Jun	2.22	1.45	0.90	1.15	2.10
10-Jun	1.35	2.17	1.31	0.91	1.44
11-Jun	3.07	2.14	1.14	1.41	2.37
12-Jun	3.02	1.31	1.33	1.05	2.45
13-Jun	1.44	2.39	1.43	1.08	0.90
14-Jun	1.17	2.22	2.09	1.77	1.80
15-Jun	0.78	1.16	6.42	1.78	0.77
16-Jun	1.05	0.81	2.10	2.36	1.11
17-Jun	2.19	1.94	2.14	2.84	0.73
18-Jun	4.85	1.27	1.90	2.75	1.86
19-Jun	5.00	1.18	1.70	2.94	3.99
20-Jun	2.83	3.06	1.43	2.69	3.93
21-Jun	2.21	4.88	1.55	0.83	4.18
22-Jun	2.26	4.18	4.94	1.32	4.05
23-Jun	1.56	2.93	1.35	2.83	3.20
24-Jun	1.75	3.12	1.35	1.67	1.46
25-Jun	1.34	2.33	2.60	2.25	0.67
26-Jun	1.29	1.63	1.19	2.83	1.31
27-Jun	1.37	1.65	0.55	1.26	2.19
28-Jun	3.07	4.05	0.64	1.53	2.78
29-Jun	2.02	4.76	1.09	0.72	1.31
30-Jun	2.22	2.93	1.54	1.02	3.51
1-Jul	2.19	2.26	3.08	0.99	3.74
2-Jul	2.16	2.47	3.09	0.97	3.78
3-Jul	0.93	2.20	3.08	1.56	3.40
4-Jul	2.10	1.53	2.45	1.50	2.04
5-Jul	2.24	1.97	1.67	1.26	1.73
6-Jul	1.54	4.40	0.42	2.20	3.92
7-Jul	3.11	4.46	0.76	1.02	5.36
8-Jul	2.12	4.73	1.34	1.39	5.10
9-Jul	1.44	4.72	1.42	1.12	1.62
10-Jul	4.98	3.02	1.41	1.69	1.02
11-Jul	5.45	4.02	2.43	1.34	0.91
12-Jul	5.41	3.95	2.99	1.17	0.66
13-Jul	6.20	3.78	1.60	3.04	0.84
14-Jul	3.10	2.80	2.90	4.11	0.60

15-Jul	2.70	2.45	2.13	3.31	2.08
16-Jul	2.24	2.14	2.40	3.57	2.21
17-Jul	2.91	1.23	2.10	1.35	2.06
18-Jul	1.54	0.87	2.88	1.17	0.78
19-Jul	0.88	4.58	2.25	3.80	1.91
20-Jul	0.56	4.76	3.37	4.49	2.14
21-Jul	2.05	5.23	7.45	4.65	0.53
22-Jul	2.55	3.03	2.91	4.93	0.51
23-Jul	3.14	2.67	5.58	4.05	0.64
24-Jul	1.50	4.54	4.47	2.96	1.57
25-Jul	0.78	4.98	1.69	1.70	3.02
26-Jul	0.90	2.65	1.53	1.14	3.13
27-Jul	1.56	2.96	2.40	3.42	4.55
28-Jul	0.72	4.85	1.56	3.45	4.31
29-Jul	1.99	4.73	1.53	3.10	4.59
30-Jul	1.50	5.14	1.55	2.01	2.17
31-Jul	3.52	2.83	0.93	2.91	4.52
1-Ago	4.96	4.50	1.53	3.37	2.87
2-Ago	3.41	6.81	1.12	2.81	0.78
3-Ago	3.65	6.06	1.29	4.42	1.50
4-Ago	6.12	3.04	1.15	5.01	1.16
5-Ago	1.87	3.45	1.43	1.75	0.86
6-Ago	3.25	4.86	2.33	3.55	1.42
7-Ago	1.37	5.46	1.55	4.79	1.06
8-Ago	1.06	5.40	1.19	3.99	0.52
9-Ago	0.91	6.27	1.67	2.03	1.27
10-Ago	1.01	1.74	0.97	1.54	0.91
11-Ago	1.48	2.80	0.63	1.46	2.44
12-Ago	1.69	0.77	0.72	1.88	3.06
13-Ago	0.93	1.01	0.77	1.45	3.30
14-Ago	2.04	3.07	0.99	1.63	3.27
15-Ago	1.84	1.39	1.08	1.69	2.91
16-Ago	3.92	1.40	1.14	1.64	0.77
17-Ago	5.19	1.62	1.48	1.75	1.68
18-Ago	2.82	3.22	1.05	0.45	1.88
19-Ago	2.25	2.98	0.93	1.66	1.09
20-Ago	4.89	2.68	1.09	1.64	0.78
21-Ago	7.03	2.16	0.93	0.73	1.42
22-Ago	9.39	3.17	0.85	1.22	1.13
23-Ago	8.82	2.75	1.47	1.83	2.30
24-Ago	5.16	2.87	1.33	1.51	3.13

---

25-Ago	1.93	2.37	1.49	1.82	1.66
26-Ago	1.21	3.86	1.51	1.65	2.69
27-Ago	1.50	1.57	1.53	2.10	1.54
28-Ago	1.37	0.99	1.24	1.22	2.12
29-Ago	1.31	2.98	1.29	1.37	2.23
30-Ago	1.21	4.64	1.48	2.48	4.62
31-Ago	2.20	5.38	0.68	1.80	4.55
1-Set	2.43	5.21	1.23	1.80	1.95
2-Set	2.64	1.15	1.31	1.67	1.72
3-Set	2.25	2.14	1.31	1.75	1.66
4-Set	2.14	1.24	1.33	1.84	1.87
5-Set	0.69	2.60	1.16	2.14	4.03
6-Set	2.11	1.94	1.34	2.28	8.18
7-Set	5.07	1.97	1.37	2.06	9.29
8-Set	5.30	1.93	2.92	1.66	6.32
9-Set	3.21	2.03	2.49	1.35	5.04
10-Set	3.25	2.50	2.40	2.37	2.41
11-Set	1.52	1.93	2.58	1.33	1.84
12-Set	1.38	3.63	2.86	1.31	2.55
13-Set	2.05	1.92	2.98	1.55	4.02
14-Set	0.97	3.01	3.10	1.14	2.74
15-Set	2.06	3.90	1.33	0.41	0.83
16-Set	2.00	5.79	0.73	1.75	1.42
17-Set	2.11	2.35	1.08	1.52	2.23
18-Set	2.62	3.23	2.18	1.51	0.97
19-Set	2.00	2.47	1.37	3.10	3.29
20-Set	1.88	0.88	1.28	3.21	1.66
21-Set	1.93	3.37	1.52	3.21	2.20
22-Set	0.66	1.84	2.06	1.79	2.37
23-Set	1.98	2.87	0.86	1.77	2.49
24-Set	2.13	2.24	3.12	0.93	2.49
25-Set	1.61	3.74	0.97	1.66	3.10
26-Set	1.95	1.81	1.77	1.18	1.43
27-Set	2.25	2.05	1.15	1.69	1.95
28-Set	1.63	2.09	1.03	2.65	1.27
29-Set	2.08	1.79	1.08	3.08	1.52
30-Set	2.28	2.32	1.60	2.78	1.39
1-Oct	3.02	1.32	1.32	3.44	1.50
2-Oct	2.81	3.04	0.84	3.38	1.51
3-Oct	1.02	1.47	1.22	2.61	1.52
4-Oct	4.31	0.85	1.30	0.71	1.90

---

---

5-Oct	2.27	0.92	1.24	3.61	0.52
6-Oct	1.27	1.22	1.20	2.84	1.85
7-Oct	1.83	3.62	1.32	2.68	1.90
8-Oct	2.84	3.02	1.37	2.46	1.88
9-Oct	2.00	2.66	1.30	4.34	2.16
10-Oct	2.36	6.53	1.03	4.02	1.69
11-Oct	1.14	5.90	1.01	2.19	1.55
12-Oct	1.27	4.65	0.96	1.98	1.28
13-Oct	1.87	4.88	1.22	2.15	1.21
14-Oct	2.56	5.37	0.99	2.01	0.89
15-Oct	1.39	3.60	1.20	0.62	1.51
16-Oct	1.35	1.63	1.30	1.07	1.44
17-Oct	1.87	1.49	1.63	1.53	0.76
18-Oct	3.06	1.21	1.01	2.95	1.49
19-Oct	0.86	2.30	0.96	2.39	1.85
20-Oct	0.62	2.95	1.26	3.54	2.21
21-Oct	1.15	2.36	1.21	0.92	0.64
22-Oct	1.20	3.40	1.30	2.11	1.19
23-Oct	1.47	3.40	1.06	1.04	1.86
24-Oct	3.60	2.87	1.54	1.74	0.96
25-Oct	0.21	2.45	1.32	2.12	0.80
26-Oct	2.07	2.18	1.41	2.75	1.36
27-Oct	2.24	1.34	0.87	1.68	1.21
28-Oct	1.88	1.89	0.50	1.40	1.47
29-Oct	2.28	2.05	1.01	1.46	1.68
30-Oct	2.34	2.12	1.22	1.05	1.39
31-Oct	1.67	2.33	1.08	2.39	0.77
1-Nov	1.75	3.52	1.37	1.75	0.78
2-Nov	2.13	5.90	1.85	2.48	2.04
3-Nov	2.14	6.48	0.74	2.72	1.39
4-Nov	2.28	4.76	0.70	1.77	2.56
5-Nov	1.56	3.20	0.74	1.59	1.98
6-Nov	0.40	0.54	0.94	1.57	2.24
7-Nov	0.55	1.94	1.08	0.99	0.76
8-Nov	1.81	3.96	1.22	1.57	1.44
9-Nov	2.26	0.48	1.22	2.11	1.55
10-Nov	2.34	1.86	1.42	1.85	2.04
11-Nov	2.07	2.72	1.91	1.81	0.82
12-Nov	2.16	2.06	2.01	1.32	1.61
13-Nov	2.57	0.97	1.88	2.01	1.83
14-Nov	1.03	1.93	1.69	1.62	1.59

---

---

15-Nov	1.45	2.14	1.77	1.76	0.80
16-Nov	1.10	2.68	1.84	1.11	2.26
17-Nov	2.39	2.37	1.84	1.47	1.79
18-Nov	1.61	1.96	1.96	1.56	1.12
19-Nov	3.55	2.03	3.79	2.31	0.92
20-Nov	4.89	2.22	8.08	2.13	1.06
21-Nov	3.02	2.28	1.19	1.87	0.88
22-Nov	2.18	1.22	3.43	3.03	1.89
23-Nov	1.51	2.02	1.57	0.98	2.07
24-Nov	2.32	3.04	1.40	1.21	0.85
25-Nov	1.79	2.56	0.92	1.19	0.81
26-Nov	1.86	2.15	0.90	1.46	2.25
27-Nov	1.69	2.98	1.05	0.98	1.56
28-Nov	1.35	2.39	1.67	1.42	2.15
29-Nov	1.03	2.74	0.57	2.99	4.07
30-Nov	0.92	1.32	0.44	0.67	4.59
1-Dic	0.97	0.72	1.19	0.85	4.49
2-Dic	1.06	1.25	1.14	2.36	2.59
3-Dic	0.56	2.19	1.58	1.06	2.49
4-Dic	1.01	2.61	2.09	0.41	2.43
5-Dic	2.39	2.60	0.90	0.60	2.25
6-Dic	3.09	2.65	2.12	0.79	0.95
7-Dic	1.69	2.07	0.82	0.98	1.04
8-Dic	1.38	1.48	0.72	2.43	1.44
9-Dic	1.01	1.41	0.83	2.57	1.08
10-Dic	1.35	1.91	0.97	1.02	0.89
11-Dic	1.44	2.41	1.72	2.16	1.21
12-Dic	1.96	3.11	1.85	1.63	1.75
13-Dic	0.91	2.58	2.22	2.81	1.65
14-Dic	1.23	2.17	0.48	2.51	0.90
15-Dic	1.81	1.85	1.00	1.88	1.05
16-Dic	1.36	1.66	2.32	2.31	1.26
17-Dic	0.75	1.73	2.60	1.95	1.01
18-Dic	3.12	1.87	0.49	0.95	0.81
19-Dic	3.25	1.38	1.85	2.70	2.26
20-Dic	1.80	1.43	0.67	1.38	0.45
21-Dic	0.97	1.55	0.49	1.97	0.93
22-Dic	1.10	1.28	1.06	2.14	2.93
23-Dic	1.13	0.97	0.71	2.86	2.47
24-Dic	1.01	1.26	1.41	2.81	1.07
25-Dic	1.98	1.78	1.87	2.46	0.96

---

26-Dic	2.17	1.69	1.75	1.93	2.10
27-Dic	0.61	1.38	1.05	2.04	2.32
28-Dic	0.63	1.51	1.12	0.84	1.98
29-Dic	0.88	1.53	1.17	0.73	1.91
30-Dic	0.72	1.90	1.17	1.94	2.47
31-Dic			0.74		

## Anexo 2

*Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) con las fórmulas empíricas de Tanque Tipo A, Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen y Haise y Penman – Monteith – año 2014.*

Fechas	ET <sub>o</sub> Tanque Tipo A	ET <sub>o</sub> Ivanov	ET <sub>o</sub> Hargreaves- Samani	ET <sub>o</sub> Jensen- Haise	ET <sub>o</sub> Penman – Monteith
1/01/2014	1.89	2.33	5.06	6.33	1.76
2/01/2014	1.64	2.09	3.97	4.83	1.29
3/01/2014	1.40	2.45	2.89	3.90	1.12
4/01/2014	1.64	2.44	4.93	6.63	1.65
5/01/2014	0.63	1.06	1.91	2.89	0.68
6/01/2014	0.68	0.92	2.03	3.01	0.70
7/01/2014	0.88	1.28	1.92	3.02	0.74
8/01/2014	0.85	0.91	1.63	2.43	0.60
9/01/2014	1.14	1.49	2.62	4.02	0.96
10/01/2014	1.15	1.25	2.63	3.76	0.90
11/01/2014	0.92	1.32	1.71	2.91	0.72
12/01/2014	0.93	1.07	1.56	2.58	0.61
13/01/2014	0.64	1.73	1.98	3.09	0.78
14/01/2014	0.86	2.36	2.86	4.42	1.10
15/01/2014	0.73	2.24	2.59	4.53	1.14
16/01/2014	0.65	2.17	2.12	3.75	0.94
17/01/2014	0.93	1.63	1.19	1.78	0.52
18/01/2014	0.78	1.18	1.27	2.07	0.53
19/01/2014	0.82	1.78	2.69	3.64	0.96
20/01/2014	0.82	1.78	2.69	3.64	0.96
21/01/2014	0.84	1.93	3.66	5.01	1.29
22/01/2014	0.86	2.06	3.81	5.31	1.36
23/01/2014	0.75	1.81	2.90	4.18	1.13
24/01/2014	0.68	1.73	4.19	5.42	1.35
25/01/2014	0.56	1.16	1.65	2.61	0.62

26/01/2014	0.49	1.37	3.14	4.01	0.96
27/01/2014	0.64	2.26	2.29	3.92	1.04
28/01/2014	0.61	2.76	2.29	3.50	1.02
29/01/2014	0.58	2.06	3.47	4.71	1.27
30/01/2014	0.87	2.88	4.33	6.29	1.72
31/01/2014	0.39	1.32	0.98	2.23	0.53
1/02/2014	0.49	2.26	2.57	4.45	1.13
2/02/2014	0.26	1.37	1.58	2.66	0.63
3/02/2014	0.71	1.76	3.77	5.21	1.29
4/02/2014	0.77	1.98	4.48	5.50	1.43
5/02/2014	0.84	2.57	4.93	6.57	1.78
6/02/2014	0.56	2.10	2.09	3.40	0.93
7/02/2014	0.46	1.68	2.85	3.68	0.96
8/02/2014	0.27	1.01	1.15	1.91	0.47
9/02/2014	0.33	1.42	1.07	1.76	0.44
10/02/2014	0.81	2.13	4.73	6.90	1.62
11/02/2014	0.53	1.10	1.94	2.63	0.64
12/02/2014	0.60	1.94	3.16	4.71	1.20
13/02/2014	0.38	1.33	1.73	2.89	0.70
14/02/2014	0.66	1.64	3.09	4.17	1.10
15/02/2014	0.50	1.27	2.08	3.13	0.74
16/02/2014	0.24	0.75	0.42	0.78	0.19
17/02/2014	0.92	2.19	2.79	3.76	1.07
18/02/2014	0.71	2.51	3.46	4.55	1.24
19/02/2014	0.66	2.44	2.31	3.83	1.06
20/02/2014	0.90	1.33	2.96	4.59	1.05
21/02/2014	0.42	1.82	1.88	2.79	0.72
22/02/2014	0.43	1.98	1.91	3.33	0.82
23/02/2014	0.95	1.69	6.17	7.08	1.81
24/02/2014	0.40	1.20	1.58	2.57	0.61
25/02/2014	0.50	0.95	1.70	2.93	0.69
26/02/2014	0.71	1.14	2.79	3.70	0.99
27/02/2014	0.38	1.02	1.18	1.89	0.47
28/02/2014	0.74	1.63	3.12	3.80	1.00
1/03/2014	1.49	1.88	5.35	6.77	1.68
2/03/2014	0.46	1.12	1.43	2.07	0.54
3/03/2014	1.49	2.70	5.35	7.00	1.88
4/03/2014	1.48	2.97	4.33	5.94	1.73
5/03/2014	0.66	1.53	2.33	3.22	0.84
6/03/2014	0.26	0.75	0.69	1.27	0.31
7/03/2014	0.64	1.26	1.90	3.22	0.79



---

8/03/2014	1.24	1.74	3.57	4.88	1.19
9/03/2014	0.53	1.07	2.26	3.54	0.86
10/03/2014	0.63	1.09	2.40	3.45	0.85
11/03/2014	1.26	1.81	4.06	5.93	1.45
12/03/2014	1.24	1.84	4.37	5.64	1.44
13/03/2014	0.70	1.55	1.88	2.88	0.74
14/03/2014	0.84	1.44	2.95	3.65	0.98
15/03/2014	0.94	1.52	4.20	5.68	1.38
16/03/2014	0.69	1.45	2.09	3.57	0.84
17/03/2014	0.95	1.24	3.32	4.37	1.03
18/03/2014	0.94	1.07	2.93	4.73	1.07
19/03/2014	0.49	0.63	1.15	2.25	0.49
20/03/2014	0.73	1.03	1.94	3.05	0.71
21/03/2014	1.49	1.44	3.03	4.44	1.02
22/03/2014	1.30	1.73	4.42	5.73	1.38
23/03/2014	0.46	0.69	0.80	2.02	0.51
24/03/2014	1.40	1.66	3.30	4.74	1.15
25/03/2014	1.18	2.18	4.16	5.67	1.43
26/03/2014	1.49	1.91	3.50	5.11	1.20
27/03/2014	0.72	1.25	2.03	3.29	0.74
28/03/2014	0.55	0.89	1.58	2.70	0.67
29/03/2014	1.48	1.52	3.35	4.44	1.13
30/03/2014	1.94	2.92	6.29	8.08	2.20
31/03/2014	1.10	2.67	4.97	6.77	1.88
1/04/2014	0.98	2.63	5.12	6.46	1.89
2/04/2014	0.79	1.97	4.17	5.86	1.43
3/04/2014	0.75	1.65	3.32	4.81	1.14
4/04/2014	0.34	1.09	2.00	3.08	0.72
5/04/2014	0.38	1.33	1.45	2.23	0.55
6/04/2014	0.49	1.03	1.55	2.35	0.57
7/04/2014	1.48	1.77	2.85	4.24	1.05
8/04/2014	0.62	1.37	2.23	3.39	0.81
9/04/2014	1.24	2.30	3.88	5.37	1.38
10/04/2014	0.57	2.08	3.47	5.43	1.29
11/04/2014	1.24	1.54	4.35	5.52	1.32
12/04/2014	1.49	2.12	4.57	6.56	1.70
13/04/2014	0.84	2.29	3.41	5.27	1.27
14/04/2014	0.56	2.06	3.75	5.80	1.41
15/04/2014	0.42	1.32	1.19	2.22	0.56
16/04/2014	0.54	1.35	2.16	2.89	0.73
17/04/2014	1.48	2.25	7.12	8.75	2.35

---

---

18/04/2014	0.84	1.88	2.56	3.44	0.97
19/04/2014	1.49	2.21	3.09	3.98	1.13
20/04/2014	0.56	2.08	1.70	2.59	0.72
21/04/2014	0.86	2.93	4.02	5.58	1.57
22/04/2014	1.48	3.25	4.44	6.56	1.80
23/04/2014	0.87	2.79	3.84	5.93	1.55
24/04/2014	1.49	2.26	3.60	4.93	1.28
25/04/2014	0.96	2.45	2.73	4.09	1.08
26/04/2014	0.68	2.06	2.09	3.08	0.80
27/04/2014	0.93	2.06	3.69	5.21	1.34
28/04/2014	1.48	1.70	3.76	4.87	1.22
29/04/2014	0.47	1.99	3.94	5.40	1.41
30/04/2014	0.42	0.90	0.95	1.66	0.40
1/05/2014	1.49	1.55	3.11	4.29	1.07
2/05/2014	1.50	2.48	5.83	7.23	1.97
3/05/2014	1.49	2.70	3.56	5.22	1.40
4/05/2014	0.41	1.73	1.32	2.19	0.56
5/05/2014	0.54	1.18	2.62	4.02	0.94
6/05/2014	1.49	1.82	3.66	4.88	1.20
7/05/2014	0.74	2.21	2.03	3.47	0.90
8/05/2014	1.49	2.13	2.92	4.59	1.17
9/05/2014	0.40	0.93	1.55	2.30	0.58
10/05/2014	1.00	2.03	2.78	4.07	1.05
11/05/2014	1.50	2.14	2.65	4.05	1.02
12/05/2014	0.50	1.66	2.62	3.72	0.95
13/05/2014	0.60	2.29	2.10	3.21	0.87
14/05/2014	0.65	2.45	2.15	3.14	0.89
15/05/2014	0.54	1.98	2.22	3.15	0.83
16/05/2014	1.49	2.22	2.61	4.02	1.06
17/05/2014	0.48	1.15	1.13	2.03	0.53
18/05/2014	1.50	1.99	4.31	5.52	1.51
19/05/2014	0.65	1.64	2.39	3.53	0.89
20/05/2014	0.84	2.21	3.59	4.98	1.33
21/05/2014	0.49	1.65	1.52	2.30	0.64
22/05/2014	0.99	1.41	3.17	4.13	1.08
23/05/2014	0.95	2.33	3.06	4.32	1.18
24/05/2014	0.84	3.11	4.51	5.87	1.91
25/05/2014	1.01	2.62	5.26	6.92	2.07
26/05/2014	0.72	2.97	4.30	5.65	1.65
27/05/2014	0.81	2.52	1.98	3.24	0.92
28/05/2014	1.50	3.03	4.12	5.97	1.71

---

29/05/2014	1.94	3.18	5.75	7.43	2.35
30/05/2014	1.50	2.88	4.33	6.29	1.72
31/05/2014	2.49	3.75	6.56	8.44	2.90
1/06/2014	2.38	3.77	6.03	8.10	2.71
2/06/2014	1.39	2.92	2.81	3.95	1.27
3/06/2014	1.83	3.47	4.50	6.10	2.02
4/06/2014	2.39	3.71	5.51	7.27	2.48
5/06/2014	2.06	3.86	5.89	8.02	2.76
6/06/2014	2.04	3.83	5.53	7.04	2.41
7/06/2014	2.86	4.18	6.56	8.26	3.12
8/06/2014	2.04	4.19	5.88	7.65	2.69
9/06/2014	2.39	4.04	6.63	8.41	2.76
10/06/2014	1.38	3.60	3.83	5.37	1.81
11/06/2014	0.87	3.03	2.18	3.34	1.12
12/06/2014	1.93	3.47	4.97	6.65	2.08
13/06/2014	1.86	3.72	5.18	6.88	2.21
14/06/2014	0.90	3.55	2.54	3.57	1.23
15/06/2014	0.75	3.11	2.12	3.05	0.98
16/06/2014	0.54	1.96	1.18	2.11	0.60
17/06/2014	0.70	2.49	2.04	3.22	0.96
18/06/2014	1.41	2.86	3.55	4.82	1.61
19/06/2014	2.90	3.74	6.05	7.19	3.27
20/06/2014	2.98	3.75	5.81	6.95	3.13
21/06/2014	1.68	4.03	5.60	6.46	2.84
22/06/2014	1.34	3.84	5.23	6.51	2.46
23/06/2014	1.39	3.49	3.60	4.62	1.78
24/06/2014	0.92	3.91	3.93	5.16	2.25
25/06/2014	1.04	4.28	4.67	6.55	2.49
26/06/2014	0.84	3.17	3.46	4.72	1.58
27/06/2014	0.80	2.86	5.07	6.18	1.86
28/06/2014	0.85	2.65	2.31	3.17	1.09
29/06/2014	1.95	3.17	5.19	6.85	2.23
30/06/2014	1.30	3.03	2.55	3.68	1.26
1/07/2014	1.38	3.42	3.65	4.70	1.61
2/07/2014	1.34	3.27	2.87	4.37	1.50
3/07/2014	1.33	3.38	3.77	4.98	1.71
4/07/2014	0.60	3.19	1.45	2.37	0.85
5/07/2014	1.33	3.24	2.50	3.38	1.28
6/07/2014	1.34	3.50	3.86	5.24	1.86
7/07/2014	1.00	2.33	3.14	4.34	1.36
8/07/2014	1.97	3.24	4.79	6.31	2.12

9/07/2014	1.34	3.14	2.93	4.47	1.45
10/07/2014	0.90	3.29	3.61	4.64	1.61
11/07/2014	2.90	4.00	5.84	7.01	3.24
12/07/2014	3.10	4.47	5.17	6.42	3.20
13/07/2014	3.14	4.01	6.01	7.31	3.45
14/07/2014	3.51	4.22	5.98	7.17	3.78
15/07/2014	1.82	3.96	4.21	5.23	2.62
16/07/2014	1.60	3.89	2.87	3.87	1.79
17/07/2014	1.34	3.50	2.75	3.40	1.54
18/07/2014	1.70	3.72	3.38	4.20	1.92
19/07/2014	0.98	2.86	1.62	2.64	1.01
20/07/2014	0.60	1.70	1.39	2.08	0.69
21/07/2014	0.40	1.14	0.81	1.39	0.42
22/07/2014	1.35	2.50	3.57	4.75	1.49
23/07/2014	1.60	3.04	4.31	5.21	1.80
24/07/2014	1.89	3.57	5.12	6.96	2.53
25/07/2014	0.90	3.36	2.71	3.39	1.43
26/07/2014	0.50	2.80	1.43	2.47	0.85
27/07/2014	0.57	3.01	2.14	2.97	1.03
28/07/2014	0.97	2.61	2.03	2.88	0.96
29/07/2014	0.48	1.89	0.78	1.53	0.51
30/07/2014	1.26	2.75	2.80	3.56	1.37
31/07/2014	0.93	2.80	3.66	4.54	1.70
1/08/2014	2.15	3.38	5.70	6.69	2.61
2/08/2014	2.90	3.85	5.81	7.23	3.25
3/08/2014	2.02	3.64	4.49	5.70	2.43
4/08/2014	2.15	4.26	4.10	5.27	2.58
5/08/2014	3.51	4.34	6.96	8.31	3.95
6/08/2014	1.15	3.46	2.40	3.22	1.36
7/08/2014	1.95	3.74	4.41	6.16	2.17
8/08/2014	0.87	2.82	2.18	3.00	1.05
9/08/2014	0.68	2.73	2.16	3.32	1.16
10/08/2014	0.62	1.73	1.36	2.09	0.64
11/08/2014	0.65	3.03	2.51	3.45	1.16
12/08/2014	0.90	3.35	3.23	4.54	1.75
13/08/2014	1.01	3.65	3.44	4.84	1.89
14/08/2014	0.61	2.41	0.91	1.29	0.53
15/08/2014	1.24	3.29	5.82	6.73	2.52
16/08/2014	1.12	3.44	1.18	2.04	0.89
17/08/2014	2.28	3.77	5.07	5.95	2.92
18/08/2014	2.90	4.31	6.72	8.11	4.27

---

19/08/2014	1.64	3.82	5.81	6.76	3.11
20/08/2014	1.35	3.54	3.66	5.05	2.05
21/08/2014	2.83	3.61	5.88	6.91	3.31
22/08/2014	3.90	4.38	6.13	7.31	4.10
23/08/2014	4.85	5.40	6.48	7.55	5.58
24/08/2014	4.65	5.39	7.43	9.02	5.52
25/08/2014	2.90	4.47	5.71	6.91	3.50
26/08/2014	1.13	3.98	3.64	5.21	2.13
27/08/2014	0.76	3.37	1.20	1.98	0.75
28/08/2014	0.96	2.55	2.38	3.30	1.08
29/08/2014	0.91	2.21	1.55	2.59	0.78
30/08/2014	0.89	2.04	1.09	1.75	0.55
31/08/2014	0.79	2.50	1.63	2.39	0.78
1/09/2014	1.35	3.36	2.97	4.36	1.62
2/09/2014	1.43	3.74	4.11	5.29	2.35
3/09/2014	1.53	4.22	3.90	4.91	2.25
4/09/2014	1.34	4.07	2.59	4.06	1.53
5/09/2014	1.34	3.52	2.18	3.17	1.13
6/09/2014	0.49	1.46	0.71	1.56	0.47
7/09/2014	1.35	2.77	2.70	3.72	1.29
8/09/2014	2.94	3.86	5.75	7.17	3.37
9/09/2014	2.93	4.72	5.73	6.83	3.69
10/09/2014	1.90	4.10	3.49	5.03	2.08
11/09/2014	1.94	4.15	4.35	5.82	2.19
12/09/2014	0.91	4.45	2.86	4.87	1.76
13/09/2014	0.87	3.28	1.08	2.18	0.73
14/09/2014	1.34	2.81	3.77	5.34	1.52
15/09/2014	0.65	2.51	1.94	3.06	0.89
16/09/2014	1.35	2.34	2.70	3.63	1.10
17/09/2014	1.34	1.95	4.05	5.23	1.50
18/09/2014	1.45	1.39	3.36	4.13	1.18
19/09/2014	1.67	2.41	3.41	4.32	1.39
20/09/2014	1.34	2.03	4.72	5.94	1.67
21/09/2014	1.22	2.31	4.70	6.04	1.79
22/09/2014	1.26	2.41	3.40	5.06	1.37
23/09/2014	0.47	0.99	1.04	2.08	0.54
24/09/2014	1.34	2.27	2.99	4.67	1.24
25/09/2014	1.35	2.76	2.88	4.06	1.23
26/09/2014	1.03	2.17	3.07	4.80	1.28
27/09/2014	1.25	2.54	3.95	5.25	1.51
28/09/2014	1.40	3.41	4.16	6.03	1.87

---

---

29/09/2014	1.10	1.86	1.15	2.07	0.60
30/09/2014	1.34	2.42	2.41	3.22	0.96
1/10/2014	1.43	3.18	3.96	5.69	1.82
2/10/2014	1.81	3.50	4.28	5.98	2.20
3/10/2014	1.70	3.54	3.91	5.12	1.92
4/10/2014	0.66	2.64	1.08	1.95	0.70
5/10/2014	2.70	2.77	5.73	7.37	2.25
6/10/2014	1.44	3.08	4.74	6.54	1.98
7/10/2014	0.84	2.53	1.43	2.62	0.77
8/10/2014	1.17	3.00	2.73	4.07	1.23
9/10/2014	1.92	1.94	2.23	3.22	0.85
10/10/2014	1.38	1.42	2.96	3.66	0.98
11/10/2014	1.55	2.77	3.48	4.92	1.35
12/10/2014	0.80	1.25	1.14	1.82	0.49
13/10/2014	0.87	1.72	2.35	3.30	0.95
14/10/2014	1.27	1.84	2.15	3.21	0.95
15/10/2014	1.66	2.62	2.19	3.16	1.15
16/10/2014	0.92	2.45	1.26	2.02	0.73
17/10/2014	0.89	2.37	1.91	2.83	0.96
18/10/2014	1.25	2.35	3.50	4.61	1.37
19/10/2014	1.86	3.15	6.01	7.40	2.44
20/10/2014	0.56	2.55	1.01	2.03	0.64
21/10/2014	0.46	0.76	0.86	1.51	0.43
22/10/2014	0.81	1.43	3.34	4.30	1.09
23/10/2014	0.84	1.40	1.60	2.49	0.65
24/10/2014	0.98	2.18	3.03	5.02	1.27
25/10/2014	2.26	3.31	6.67	9.82	2.62
26/10/2014	0.15	1.01	0.16	0.30	0.11
27/10/2014	1.37	1.93	5.50	6.22	1.75
28/10/2014	1.42	2.94	3.91	5.41	1.60
29/10/2014	1.20	2.50	2.62	3.70	1.08
30/10/2014	1.44	2.67	3.58	4.81	1.38
31/10/2014	1.47	2.51	4.41	5.42	1.63
1/11/2014	1.14	1.94	1.56	2.93	0.84
2/11/2014	1.13	2.65	3.44	4.81	1.38
3/11/2014	1.40	2.23	3.48	4.63	1.22
4/11/2014	1.41	2.35	4.22	6.13	1.62
5/11/2014	1.44	3.26	4.34	5.63	1.68
6/11/2014	1.04	2.45	2.07	3.56	1.00
7/11/2014	0.29	1.11	0.72	1.55	0.41
8/11/2014	0.40	0.91	1.34	2.12	0.51

---

---

9/11/2014	1.20	2.59	2.95	4.12	1.11
10/11/2014	1.42	3.69	4.49	6.13	1.79
11/11/2014	1.41	3.70	4.46	6.25	1.95
12/11/2014	1.33	3.26	3.75	5.69	1.53
13/11/2014	1.40	2.59	3.56	5.27	1.33
14/11/2014	1.70	2.46	6.02	7.69	2.10
15/11/2014	0.74	0.99	1.75	2.64	0.65
16/11/2014	0.98	1.46	2.96	3.98	1.00
17/11/2014	0.78	1.25	2.25	3.70	0.91
18/11/2014	1.60	1.92	3.38	4.63	1.22
19/11/2014	1.05	2.46	3.41	4.55	1.26
20/11/2014	2.09	4.22	5.28	6.85	2.53
21/11/2014	2.81	4.71	5.33	7.01	3.01
22/11/2014	1.80	4.23	4.59	6.29	2.26
23/11/2014	1.40	3.31	4.36	7.07	1.88
24/11/2014	1.00	2.73	3.30	5.02	1.25
25/11/2014	1.40	3.11	4.33	6.16	1.80
26/11/2014	1.10	3.35	3.96	5.62	1.71
27/11/2014	1.20	2.68	5.25	6.43	1.76
28/11/2014	1.06	2.81	5.51	7.13	2.01
29/11/2014	0.87	2.90	4.06	5.67	1.55
30/11/2014	0.68	2.47	1.81	2.92	0.78
1/12/2014	0.63	1.86	1.85	3.13	0.75
2/12/2014	0.68	1.25	1.39	2.35	0.56
3/12/2014	0.74	1.46	2.55	3.75	0.87
4/12/2014	0.42	0.67	0.66	1.79	0.43
5/12/2014	0.70	1.64	1.74	2.51	0.64
6/12/2014	1.58	2.68	4.97	6.70	1.73
7/12/2014	2.00	2.70	6.03	8.14	2.16
8/12/2014	1.08	2.54	4.33	6.22	1.69
9/12/2014	0.94	1.57	4.28	5.72	1.42
10/12/2014	0.71	1.35	2.46	3.63	0.91
11/12/2014	0.88	2.50	4.05	5.09	1.41
12/12/2014	0.95	2.55	3.48	4.83	1.26
13/12/2014	1.34	1.72	4.07	5.81	1.44
14/12/2014	0.64	1.71	2.20	3.09	0.84
15/12/2014	0.84	1.72	2.62	3.66	0.95
16/12/2014	1.22	1.95	3.83	5.57	1.38
17/12/2014	0.95	1.18	3.33	4.77	1.10
18/12/2014	0.53	1.15	2.15	2.89	0.70
19/12/2014	1.93	3.14	5.06	7.21	2.11

---

---

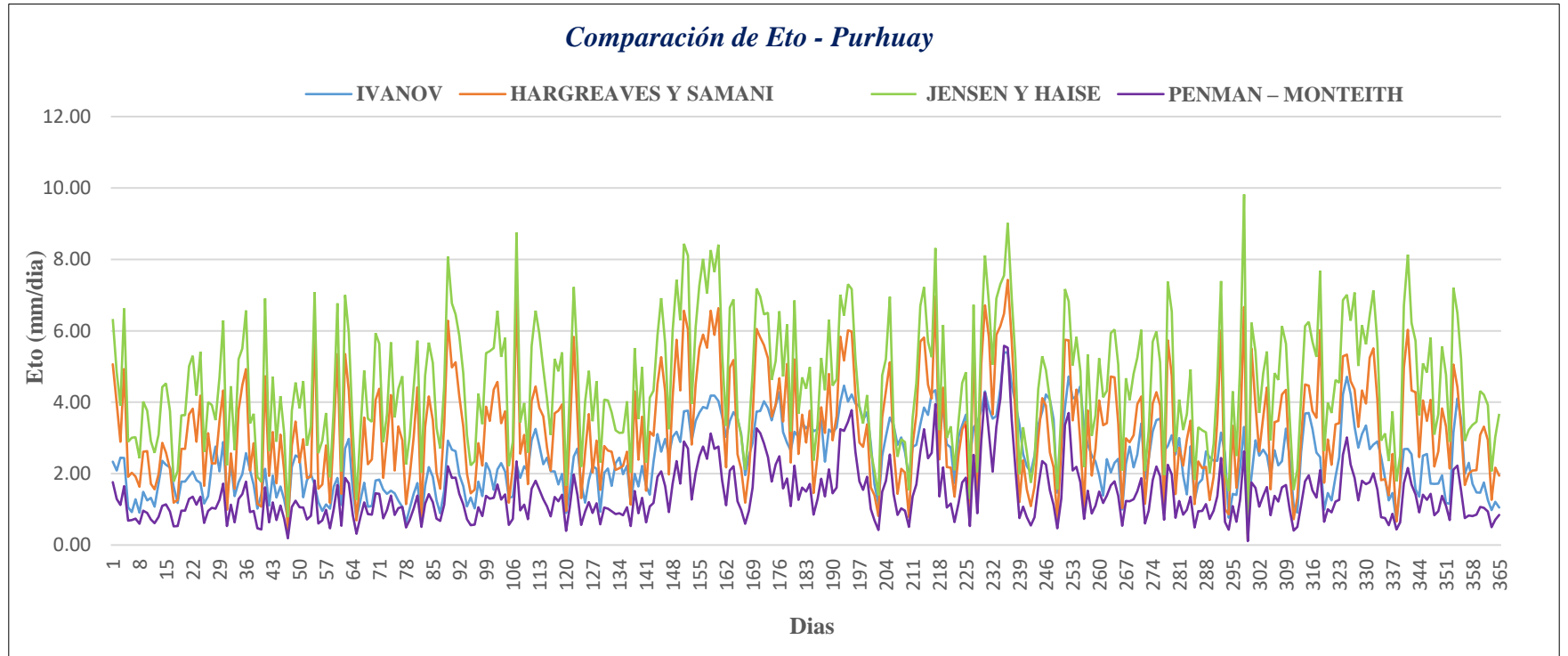
20/12/2014	1.94	4.11	4.42	6.50	2.22
21/12/2014	1.12	3.53	3.29	5.20	1.52
22/12/2014	0.65	1.99	1.68	2.92	0.76
23/12/2014	0.74	2.30	2.00	3.23	0.82
24/12/2014	0.78	1.71	2.09	3.36	0.81
25/12/2014	0.70	1.47	2.10	3.45	0.85
26/12/2014	1.39	1.46	3.08	4.31	1.06
27/12/2014	1.49	1.75	3.32	4.21	1.04
28/12/2014	0.43	1.26	2.94	3.92	0.94
29/12/2014	0.46	0.98	1.26	2.06	0.50
30/12/2014	0.64	1.21	2.16	3.03	0.71
31/12/2014	0.52	1.05	1.94	3.68	0.84

---



**Figura 35**

*Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2014.*



### Anexo 3

*Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) con las fórmulas empíricas de Tanque Tipo A, Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen y Haise y Penman – Monteith – año 2015.*

Fechas	ET <sub>o</sub> Tanque Tipo A	ET <sub>o</sub> Ivanov	ET <sub>o</sub> Hargreaves- Samani	ET <sub>o</sub> Jensen- Haise	ET <sub>o</sub> Penman – Monteith
1/01/2015	0.67	1.19	2.21	3.46	0.83
2/01/2015	0.66	1.38	1.42	2.67	0.68
3/01/2015	0.67	1.67	1.46	2.25	0.60
4/01/2015	0.70	1.67	2.07	3.60	0.93
5/01/2015	0.75	1.46	2.62	3.30	0.84
6/01/2015	0.90	1.66	2.82	4.19	1.03
7/01/2015	0.65	1.74	2.30	3.14	0.79
8/01/2015	1.00	2.55	3.38	4.79	1.33
9/01/2015	0.67	1.89	1.56	2.95	0.75
10/01/2015	0.93	2.52	2.71	4.11	1.08
11/01/2015	1.05	2.74	3.01	4.78	1.27
12/01/2015	0.95	2.13	2.93	4.07	1.07
13/01/2015	0.85	1.94	2.71	3.40	0.95
14/01/2015	1.10	2.89	3.88	5.56	1.57
15/01/2015	1.85	3.20	4.58	7.05	2.12
16/01/2015	1.80	3.57	4.20	6.59	1.98
17/01/2015	1.70	2.90	5.09	6.69	1.80
18/01/2015	1.00	1.92	3.29	4.64	1.14
19/01/2015	0.95	1.00	3.29	4.42	1.09
20/01/2015	0.98	1.00	3.29	4.42	1.09
21/01/2015	0.66	1.07	1.96	2.46	0.64
22/01/2015	0.49	0.91	1.48	2.32	0.59
23/01/2015	0.65	0.96	1.93	2.74	0.69
24/01/2015	0.85	1.06	2.60	3.87	0.94
25/01/2015	0.67	1.12	2.17	3.29	0.80
26/01/2015	0.98	2.06	3.06	4.32	1.09
27/01/2015	0.82	1.70	2.41	3.68	0.92
28/01/2015	0.95	1.43	3.43	4.21	1.07
29/01/2015	0.95	1.70	2.96	4.28	1.06
30/01/2015	0.67	1.04	1.85	3.47	0.79
31/01/2015	0.80	1.42	2.63	3.78	0.92

---

1/02/2015	0.55	1.31	1.93	2.75	0.68
2/02/2015	0.73	1.54	2.31	3.36	0.81
3/02/2015	0.52	1.65	1.36	2.12	0.55
4/02/2015	0.95	2.36	2.72	4.12	1.06
5/02/2015	1.80	3.00	7.33	10.09	2.55
6/02/2015	1.90	2.93	5.53	7.50	2.02
7/02/2015	1.50	3.05	4.86	6.24	1.79
8/02/2015	1.00	1.50	3.57	4.57	1.16
9/02/2015	0.53	1.17	1.45	2.58	0.63
10/02/2015	0.74	1.40	2.51	3.56	0.85
11/02/2015	0.98	2.52	2.37	4.04	1.08
12/02/2015	0.77	1.64	1.91	3.72	0.85
13/02/2015	0.96	2.58	2.76	4.36	1.04
14/02/2015	0.53	1.38	1.19	2.23	0.51
15/02/2015	0.72	1.57	2.52	3.94	0.89
16/02/2015	0.36	1.28	1.02	1.71	0.40
17/02/2015	0.74	1.49	1.72	2.87	0.70
18/02/2015	1.19	3.39	4.03	5.79	1.62
19/02/2015	2.00	5.24	5.83	8.27	2.63
20/02/2015	1.90	5.23	6.12	7.99	2.79
21/02/2015	0.95	3.11	1.97	3.60	1.03
22/02/2015	1.08	3.49	3.44	5.08	1.50
23/02/2015	1.05	2.17	2.67	4.92	1.20
24/02/2015	0.95	1.68	3.56	5.38	1.25
25/02/2015	0.38	0.91	0.56	1.82	0.43
26/02/2015	0.30	0.91	0.78	1.67	0.41
27/02/2015	0.62	1.25	2.14	3.16	0.78
28/02/2015	0.58	1.31	1.65	2.40	0.65
1/03/2015	1.58	2.31	6.01	7.95	2.08
2/03/2015	1.05	1.55	4.08	5.36	1.25
3/03/2015	0.58	1.18	2.05	3.10	0.73
4/03/2015	0.41	0.93	1.05	2.09	0.49
5/03/2015	0.98	1.32	3.90	5.72	1.35
6/03/2015	0.99	1.42	3.33	4.51	1.09
7/03/2015	0.58	0.73	0.98	1.97	0.45
8/03/2015	0.59	1.03	1.97	3.28	0.73
9/03/2015	0.89	1.64	3.30	5.29	1.19
10/03/2015	0.99	1.67	3.61	5.21	1.19
11/03/2015	0.82	1.53	2.60	4.12	0.93
12/03/2015	0.52	1.40	1.39	2.52	0.59
13/03/2015	0.60	1.55	2.24	3.20	0.78

---

14/03/2015	0.98	1.72	2.88	4.76	1.15
15/03/2015	1.05	2.34	3.22	4.70	1.25
16/03/2015	0.95	2.08	3.08	4.13	1.05
17/03/2015	1.20	2.62	5.05	6.99	1.81
18/03/2015	0.92	2.06	2.93	4.27	1.02
19/03/2015	1.25	2.16	4.81	6.93	1.61
20/03/2015	0.97	1.27	2.79	4.51	1.07
21/03/2015	1.14	1.70	3.90	5.83	1.34
22/03/2015	0.59	1.13	2.17	3.00	0.74
23/03/2015	0.78	1.41	3.27	4.39	1.08
24/03/2015	0.62	1.68	2.14	3.36	0.85
25/03/2015	0.80	1.48	3.00	4.18	1.02
26/03/2015	0.39	1.10	0.86	1.44	0.36
27/03/2015	0.95	1.74	3.28	4.45	1.13
28/03/2015	0.85	1.90	3.78	4.86	1.23
29/03/2015	0.60	1.55	2.07	3.17	0.79
30/03/2015	0.59	1.12	1.81	2.79	0.66
31/03/2015	1.05	2.13	4.13	5.46	1.45
1/04/2015	1.48	2.34	3.52	5.17	1.33
2/04/2015	0.35	0.67	0.55	1.26	0.31
3/04/2015	0.64	1.58	2.29	3.41	0.85
4/04/2015	1.14	2.67	4.85	6.35	1.75
5/04/2015	0.84	2.81	3.02	4.32	1.19
6/04/2015	0.62	1.67	2.14	3.06	0.80
7/04/2015	0.64	1.30	2.04	3.14	0.74
8/04/2015	0.58	1.83	1.72	2.65	0.65
9/04/2015	1.05	2.15	3.42	4.82	1.17
10/04/2015	0.75	1.76	2.05	3.67	0.93
11/04/2015	0.48	0.87	1.31	2.14	0.53
12/04/2015	0.64	1.43	2.13	3.43	0.89
13/04/2015	0.75	1.63	2.12	3.40	0.88
14/04/2015	1.44	2.01	4.02	5.57	1.51
15/04/2015	0.84	1.73	2.02	2.87	0.82
16/04/2015	0.90	1.66	2.57	3.67	0.97
17/04/2015	1.00	1.54	3.58	4.66	1.21
18/04/2015	1.02	1.93	4.05	5.62	1.44
19/04/2015	0.60	2.30	2.17	3.26	0.88
20/04/2015	0.84	1.81	2.47	3.72	0.95
21/04/2015	0.94	2.02	2.62	3.95	1.06
22/04/2015	0.54	1.24	1.89	2.61	0.66
23/04/2015	0.54	1.09	1.48	2.38	0.63

---

24/04/2015	1.08	2.40	2.79	4.01	1.09
25/04/2015	1.06	1.63	4.16	5.55	1.36
26/04/2015	0.43	1.64	2.69	4.18	1.05
27/04/2015	1.00	2.07	4.58	6.86	1.74
28/04/2015	1.00	2.91	4.91	6.72	1.88
29/04/2015	0.74	2.25	2.27	3.35	0.89
30/04/2015	0.64	1.90	1.86	2.78	0.72
1/05/2015	1.06	2.41	3.38	5.00	1.28
2/05/2015	0.86	2.43	2.15	3.60	0.96
3/05/2015	0.72	2.23	2.40	3.48	0.91
4/05/2015	1.40	2.37	5.06	7.05	1.95
5/05/2015	0.98	2.26	3.04	4.23	1.10
6/05/2015	0.57	1.29	1.68	2.65	0.67
7/05/2015	1.00	1.67	3.45	4.41	1.13
8/05/2015	0.90	1.82	2.50	3.99	1.01
9/05/2015	0.42	1.15	1.04	1.85	0.46
10/05/2015	0.84	1.99	3.12	4.19	1.08
11/05/2015	1.48	2.68	3.98	5.39	1.49
12/05/2015	1.40	2.53	2.68	4.29	1.16
13/05/2015	0.66	2.16	1.78	2.73	0.71
14/05/2015	0.56	1.48	1.68	2.84	0.70
15/05/2015	0.46	0.94	1.45	2.43	0.60
16/05/2015	0.57	1.12	1.68	2.65	0.67
17/05/2015	0.25	0.61	0.32	0.70	0.21
18/05/2015	0.62	0.74	2.25	2.80	0.79
19/05/2015	0.25	0.60	0.52	0.80	0.24
20/05/2015	0.86	1.39	2.54	3.27	0.93
21/05/2015	0.98	2.21	3.10	3.97	1.21
22/05/2015	1.49	2.19	3.21	4.47	1.32
23/05/2015	1.42	2.56	4.73	6.23	1.89
24/05/2015	1.49	2.55	3.22	4.49	1.30
25/05/2015	0.78	2.08	2.46	3.23	0.92
26/05/2015	1.02	2.19	2.24	3.37	0.94
27/05/2015	0.74	2.07	1.59	2.39	0.70
28/05/2015	1.48	2.56	4.29	6.13	1.61
29/05/2015	1.49	2.97	3.40	5.19	1.50
30/05/2015	0.78	1.04	1.85	3.47	0.79
31/05/2015	1.02	2.45	2.83	3.89	1.13
1/06/2015	0.72	2.07	2.66	3.94	1.06
2/06/2015	0.50	1.72	2.33	3.57	0.87
3/06/2015	1.41	2.19	4.01	4.94	1.34

---

---

4/06/2015	1.42	2.25	3.34	4.20	1.21
5/06/2015	1.40	2.95	3.49	5.18	1.56
6/06/2015	0.80	2.59	1.96	2.82	0.87
7/06/2015	1.84	3.38	6.45	8.07	2.66
8/06/2015	2.46	3.78	6.21	7.62	3.16
9/06/2015	1.82	3.58	4.97	6.22	2.52
10/06/2015	0.94	3.16	2.63	3.59	1.17
11/06/2015	1.40	2.63	3.28	4.78	1.36
12/06/2015	1.42	2.61	2.84	3.97	1.14
13/06/2015	0.85	2.58	2.23	2.80	0.93
14/06/2015	1.50	3.44	4.27	5.62	1.95
15/06/2015	1.40	3.24	3.96	5.34	1.68
16/06/2015	0.75	2.87	1.82	2.37	0.76
17/06/2015	0.56	1.82	1.00	1.94	0.58
18/06/2015	1.25	2.90	4.21	5.38	1.60
19/06/2015	0.85	2.47	2.48	3.49	1.06
20/06/2015	0.82	1.74	2.20	3.47	0.95
21/06/2015	1.92	3.32	5.23	6.62	2.41
22/06/2015	2.84	4.21	6.13	7.11	3.59
23/06/2015	2.47	3.98	5.67	6.66	3.11
24/06/2015	1.82	3.31	4.18	5.12	2.03
25/06/2015	1.92	3.35	4.27	5.36	2.28
26/06/2015	1.48	3.02	4.09	4.81	1.86
27/06/2015	1.04	3.03	2.61	3.48	1.22
28/06/2015	1.05	2.88	3.34	4.33	1.58
29/06/2015	2.46	3.44	5.52	6.34	2.87
30/06/2015	2.84	3.98	6.06	7.25	3.14
1/07/2015	1.74	3.93	5.48	6.76	2.79
2/07/2015	1.44	2.99	3.27	4.26	1.49
3/07/2015	1.52	3.32	3.84	4.88	1.72
4/07/2015	1.36	3.10	2.75	3.75	1.34
5/07/2015	1.00	2.38	2.27	2.92	0.95
6/07/2015	1.32	2.27	2.60	3.44	1.07
7/07/2015	2.60	4.04	5.94	7.33	2.91
8/07/2015	2.65	3.86	6.51	7.66	3.43
9/07/2015	2.70	4.25	6.36	7.69	3.93
10/07/2015	2.80	4.12	5.69	6.59	2.88
11/07/2015	1.80	3.87	4.02	5.29	2.11
12/07/2015	2.37	4.18	5.18	6.54	2.75
13/07/2015	2.30	4.14	5.21	6.43	2.84
14/07/2015	2.28	3.63	5.02	6.34	2.35

---

---

15/07/2015	1.70	3.78	5.04	6.26	2.32
16/07/2015	1.52	3.40	3.54	4.81	1.65
17/07/2015	1.37	2.82	2.53	4.15	1.27
18/07/2015	0.80	2.45	1.93	2.73	0.89
19/07/2015	0.58	1.93	1.76	2.21	0.77
20/07/2015	2.72	3.77	6.22	7.03	3.13
21/07/2015	2.74	4.53	6.92	8.31	3.76
22/07/2015	3.05	4.32	6.38	7.93	3.81
23/07/2015	1.80	4.07	4.59	6.42	2.54
24/07/2015	1.63	4.07	3.86	5.34	1.83
25/07/2015	2.74	3.97	6.92	8.49	3.23
26/07/2015	3.00	3.74	6.71	8.00	3.23
27/07/2015	1.60	3.71	4.02	4.80	1.91
28/07/2015	1.78	3.94	5.02	6.49	2.46
29/07/2015	2.74	4.66	5.60	7.21	3.44
30/07/2015	2.72	4.13	6.26	7.70	3.68
31/07/2015	3.00	4.05	6.67	7.99	3.74
1/08/2015	1.75	3.25	5.41	6.95	2.50
2/08/2015	2.66	3.86	6.45	7.88	3.46
3/08/2015	3.82	4.71	7.00	8.49	4.46
4/08/2015	3.40	4.77	7.09	8.82	4.18
5/08/2015	1.80	3.65	4.58	5.87	2.16
6/08/2015	2.10	3.64	5.14	6.50	2.40
7/08/2015	2.83	4.23	6.38	7.81	3.41
8/08/2015	3.05	4.80	6.63	8.05	3.93
9/08/2015	3.10	4.62	6.38	8.08	3.51
10/08/2015	3.50	5.00	7.53	9.20	4.45
11/08/2015	1.05	3.68	1.57	2.26	0.95
12/08/2015	1.64	3.65	3.39	4.63	1.77
13/08/2015	0.55	1.17	0.76	1.38	0.40
14/08/2015	0.68	2.03	1.34	1.81	0.61
15/08/2015	1.95	2.73	5.94	7.12	2.36
16/08/2015	0.89	2.79	1.51	2.42	0.84
17/08/2015	0.92	2.49	2.13	2.97	0.91
18/08/2015	1.01	3.21	2.19	3.54	1.26
19/08/2015	1.92	3.55	4.05	5.46	2.07
20/08/2015	1.80	3.71	4.31	5.96	2.32
21/08/2015	1.60	3.83	4.29	5.89	2.27
22/08/2015	1.30	3.54	3.30	4.36	1.72
23/08/2015	1.90	3.74	4.08	5.43	2.06
24/08/2015	1.70	3.34	4.55	5.75	2.02

---

---

25/08/2015	1.75	3.66	5.00	7.06	2.50
26/08/2015	1.40	4.22	3.75	5.33	1.99
27/08/2015	2.30	3.72	5.66	7.15	2.57
28/08/2015	1.03	2.22	2.04	2.56	0.85
29/08/2015	0.67	2.15	0.75	1.51	0.52
30/08/2015	1.80	3.67	5.86	7.41	2.78
31/08/2015	2.74	4.06	6.59	8.29	3.54
1/09/2015	3.14	4.45	6.60	8.84	3.36
2/09/2015	2.97	4.64	5.70	8.33	3.37
3/09/2015	0.72	2.92	1.74	2.53	0.93
4/09/2015	1.32	3.20	3.89	4.87	1.78
5/09/2015	0.80	3.01	1.27	2.20	0.76
6/09/2015	1.62	2.83	2.56	3.58	1.27
7/09/2015	1.18	3.85	3.81	5.33	1.80
8/09/2015	1.22	3.49	3.51	5.12	1.54
9/09/2015	1.18	3.60	4.07	5.52	1.75
10/09/2015	1.28	2.99	3.30	4.59	1.36
11/09/2015	1.59	3.23	5.12	6.27	1.88
12/09/2015	1.14	4.51	4.68	7.13	2.38
13/09/2015	2.12	4.63	4.59	6.89	2.34
14/09/2015	1.16	4.31	2.43	4.03	1.40
15/09/2015	1.80	4.03	3.12	4.47	1.66
16/09/2015	2.27	4.51	5.50	7.08	2.86
17/09/2015	3.28	4.91	6.36	8.04	3.41
18/09/2015	1.36	4.58	3.43	4.95	1.99
19/09/2015	1.90	4.52	3.65	5.76	1.97
20/09/2015	1.48	4.21	4.05	5.69	1.90
21/09/2015	0.64	0.93	1.40	2.29	0.57
22/09/2015	2.14	3.00	5.20	6.53	1.88
23/09/2015	1.14	3.99	4.00	6.32	1.92
24/09/2015	1.75	4.26	3.70	5.66	1.76
25/09/2015	1.37	4.18	2.28	4.04	1.31
26/09/2015	2.25	4.48	4.15	6.44	2.20
27/09/2015	1.10	4.28	2.52	4.21	1.47
28/09/2015	1.28	3.14	2.96	4.84	1.39
29/09/2015	1.30	2.86	2.37	3.98	1.16
30/09/2015	1.14	2.40	4.52	6.34	1.73
1/10/2015	1.60	1.53	1.52	2.69	0.76
2/10/2015	0.84	3.01	4.29	5.71	1.81
3/10/2015	1.88	3.63	4.74	6.87	2.20
4/10/2015	0.93	3.02	1.51	2.31	0.76

---



---

5/10/2015	0.59	1.89	2.02	2.78	0.74
6/10/2015	0.64	1.66	2.90	3.96	0.99
7/10/2015	0.80	2.02	3.42	4.29	1.21
8/10/2015	2.30	2.90	4.99	6.80	2.00
9/10/2015	1.90	3.26	7.17	9.52	2.71
10/10/2015	1.61	3.73	5.98	8.62	2.53
11/10/2015	3.98	3.93	5.87	8.47	2.61
12/10/2015	3.50	4.10	4.64	7.47	2.30
13/10/2015	2.78	4.29	5.44	7.53	2.40
14/10/2015	2.85	4.74	6.14	8.13	3.05
15/10/2015	3.07	4.79	6.81	8.89	3.40
16/10/2015	2.12	4.31	2.89	4.33	1.66
17/10/2015	1.02	3.03	1.54	2.80	0.90
18/10/2015	1.00	2.19	1.64	2.56	0.73
19/10/2015	0.80	2.30	1.95	2.92	0.87
20/10/2015	1.50	2.91	1.41	2.70	0.84
21/10/2015	1.90	3.03	3.04	4.17	1.23
22/10/2015	1.56	2.47	3.00	4.57	1.24
23/10/2015	2.04	4.03	4.59	7.48	2.36
24/10/2015	2.05	3.70	3.63	5.11	1.77
25/10/2015	1.80	3.55	2.05	3.46	1.23
26/10/2015	1.60	2.23	1.46	1.90	0.62
27/10/2015	1.41	2.58	2.60	3.68	1.07
28/10/2015	0.92	1.69	1.55	2.47	0.67
29/10/2015	1.21	2.13	2.49	3.41	0.96
30/10/2015	1.37	1.58	3.47	4.13	1.08
31/10/2015	1.41	1.75	4.16	5.19	1.37
1/11/2015	1.56	2.13	4.26	6.07	1.50
2/11/2015	2.00	4.68	4.71	6.28	2.63
3/11/2015	3.18	5.32	4.87	6.18	3.40
4/11/2015	3.45	5.74	4.82	6.34	3.77
5/11/2015	2.60	5.87	5.02	7.00	3.39
6/11/2015	1.86	4.39	5.03	7.51	2.48
7/11/2015	0.39	0.81	0.85	1.70	0.43
8/11/2015	1.35	1.56	3.27	4.36	1.08
9/11/2015	2.68	1.95	3.56	5.02	1.25
10/11/2015	0.35	0.88	1.29	1.88	0.47
11/11/2015	1.25	1.75	2.23	3.36	0.89
12/11/2015	1.78	2.39	4.41	5.95	1.57
13/11/2015	1.43	1.49	1.88	3.01	0.76
14/11/2015	0.65	2.00	1.84	2.50	0.67

---

---

15/11/2015	1.28	2.15	2.71	4.01	1.03
16/11/2015	1.42	1.96	2.52	3.72	0.92
17/11/2015	1.75	1.88	2.90	4.65	1.14
18/11/2015	1.50	2.89	4.87	6.52	1.77
19/11/2015	1.22	3.68	5.71	7.52	2.13
20/11/2015	1.23	3.88	3.80	5.78	1.72
21/11/2015	1.41	3.58	4.14	5.90	1.71
22/11/2015	1.58	1.93	1.54	2.53	0.67
23/11/2015	0.84	2.27	1.20	2.05	0.57
24/11/2015	1.25	3.92	2.53	3.98	1.25
25/11/2015	1.86	3.33	3.43	4.88	1.47
26/11/2015	1.63	3.29	3.59	4.83	1.47
27/11/2015	1.32	3.97	3.74	6.00	1.79
28/11/2015	1.91	3.00	4.90	6.75	1.75
29/11/2015	1.50	4.06	3.12	5.68	1.59
30/11/2015	1.78	2.76	3.67	5.12	1.26
1/12/2015	0.93	1.11	1.64	2.46	0.69
2/12/2015	0.51	1.25	0.75	1.45	0.39
3/12/2015	0.82	2.22	4.51	5.66	1.54
4/12/2015	1.33	2.79	4.31	5.02	1.64
5/12/2015	1.71	2.33	3.54	4.55	1.33
6/12/2015	1.59	2.89	4.84	6.56	2.00
7/12/2015	1.64	3.64	3.32	5.19	1.59
8/12/2015	1.31	3.59	3.73	5.95	1.65
9/12/2015	1.04	1.47	1.38	2.33	0.55
10/12/2015	1.00	1.31	2.13	3.41	0.80
11/12/2015	1.22	3.20	4.97	7.12	1.92
12/12/2015	1.58	2.71	2.66	3.87	1.04
13/12/2015	1.92	3.67	5.04	6.68	1.98
14/12/2015	1.70	2.70	1.43	2.13	0.66
15/12/2015	1.41	2.78	2.20	3.25	0.95
16/12/2015	1.24	2.46	3.35	5.10	1.35
17/12/2015	1.09	2.55	3.24	5.02	1.27
18/12/2015	1.19	1.85	3.37	4.59	1.07
19/12/2015	1.29	1.55	2.55	3.55	0.86
20/12/2015	0.97	1.73	1.72	3.18	0.75
21/12/2015	0.96	1.91	2.49	3.74	0.96
22/12/2015	1.03	2.20	2.67	4.11	1.08
23/12/2015	0.88	1.70	1.81	2.94	0.74
24/12/2015	0.70	0.85	2.05	2.88	0.68
25/12/2015	0.88	1.89	2.26	3.70	0.85

---

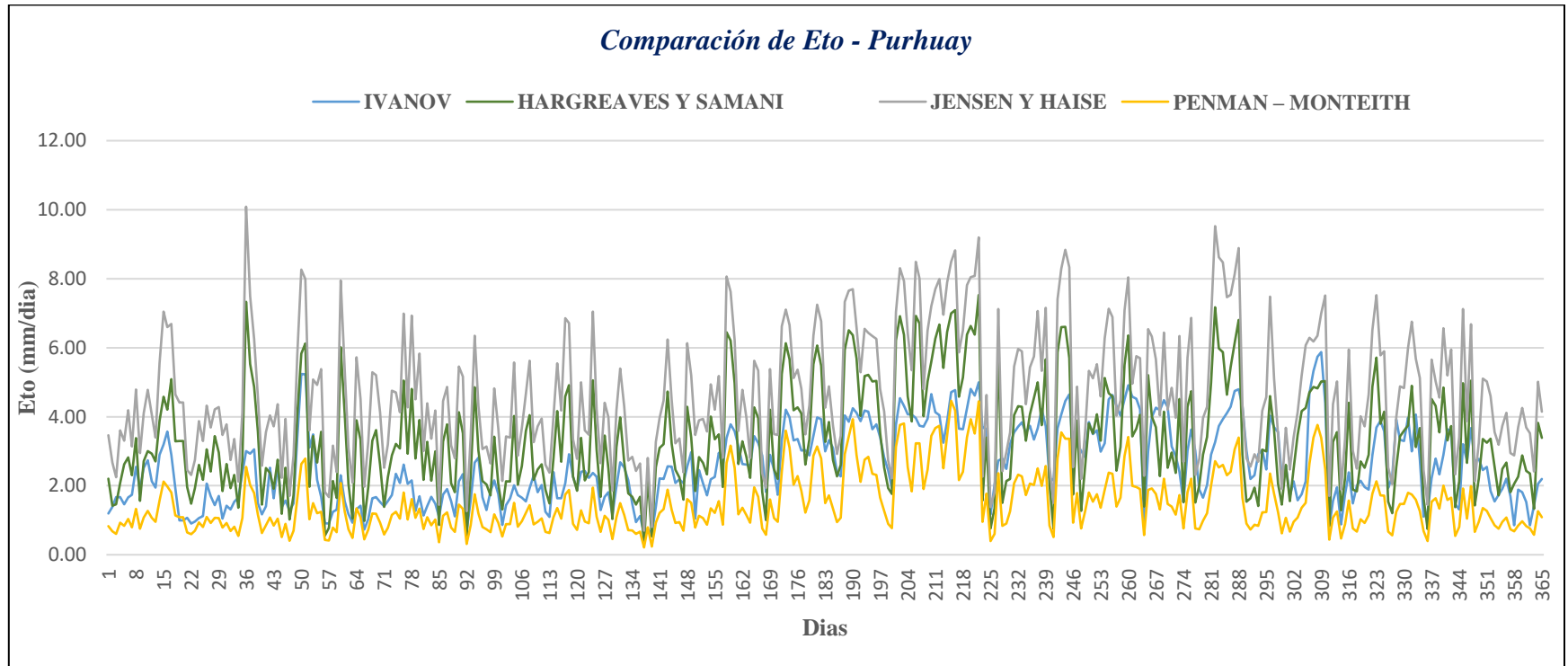
---

26/12/2015	1.21	1.81	2.88	4.25	0.97
27/12/2015	1.16	1.53	2.43	3.69	0.83
28/12/2015	1.01	0.86	2.35	3.52	0.76
29/12/2015	1.07	1.42	1.33	2.41	0.58
30/12/2015	1.01	2.06	3.82	5.01	1.26
31/12/2015	1.27	2.20	3.39	4.15	1.08

---

**Figura 36**

*Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2015.*



#### Anexo 4

*Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) con las fórmulas empíricas de Tanque Tipo A, Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen y Haise y Penman – Monteith – año 2016.*

Fechas	ET <sub>o</sub> Tanque Tipo A	ET <sub>o</sub> Ivanov	ET <sub>o</sub> Hargreaves- Samani	ET <sub>o</sub> Jensen- Haise	ET <sub>o</sub> Penman – Monteith
1/01/2016	1.12	1.65	3.06	4.15	1.03
2/01/2016	1.12	3.00	4.00	5.45	1.61
3/01/2016	1.23	3.26	4.11	6.60	1.71
4/01/2016	0.94	2.57	2.92	4.08	1.08
5/01/2016	1.04	2.66	2.72	4.30	1.13
6/01/2016	1.04	1.25	1.54	3.15	0.70
7/01/2016	1.04	2.92	3.09	5.00	1.25
8/01/2016	1.03	2.52	3.76	5.37	1.28
9/01/2016	1.12	3.14	3.39	5.10	1.45
10/01/2016	2.40	4.32	4.88	6.89	2.40
11/01/2016	1.25	4.02	3.58	5.47	1.66
12/01/2016	1.22	3.71	3.28	5.36	1.45
13/01/2016	1.43	4.31	3.80	5.78	1.77
14/01/2016	1.50	4.59	3.95	5.49	1.99
15/01/2016	1.32	4.17	4.26	6.37	1.87
16/01/2016	1.75	4.08	4.72	6.88	2.05
17/01/2016	1.33	2.06	2.04	2.96	0.73
18/01/2016	0.78	1.75	2.22	3.53	0.80
19/01/2016	0.93	2.23	4.81	6.75	1.54
20/01/2016	1.21	1.64	3.26	4.70	1.03
21/01/2016	1.15	1.95	2.07	3.50	0.80
22/01/2016	0.74	2.68	2.16	3.86	1.02
23/01/2016	1.95	3.91	4.71	6.62	2.04
24/01/2016	1.92	4.20	4.72	6.43	2.20
25/01/2016	1.26	3.89	3.26	5.04	1.52
26/01/2016	1.00	3.72	2.61	4.10	1.30
27/01/2016	1.09	3.78	3.54	5.58	1.63
28/01/2016	1.30	2.03	2.61	3.76	0.89
29/01/2016	0.95	1.24	2.39	3.75	0.82
30/01/2016	1.04	1.22	2.79	4.17	0.91
31/01/2016	0.80	1.68	2.29	3.37	0.82

---

1/02/2016	0.52	1.04	1.27	2.41	0.55
2/02/2016	1.04	1.65	2.55	3.94	0.91
3/02/2016	0.60	1.40	1.61	2.94	0.66
4/02/2016	0.76	1.18	1.92	2.49	0.59
5/02/2016	0.82	1.71	3.48	4.30	1.05
6/02/2016	1.70	1.71	6.00	5.21	1.21
7/02/2016	0.58	1.52	1.86	2.66	0.56
8/02/2016	0.51	0.60	1.17	1.94	0.40
9/02/2016	0.60	1.20	2.00	3.05	0.70
10/02/2016	0.75	1.20	1.60	3.04	0.73
11/02/2016	0.75	1.19	1.75	3.08	0.77
12/02/2016	0.78	1.19	1.88	3.04	0.83
13/02/2016	0.70	0.91	0.75	2.76	0.64
14/02/2016	0.52	1.34	1.76	2.59	0.57
15/02/2016	0.60	1.02	2.18	2.93	0.65
16/02/2016	0.80	2.07	2.81	3.32	0.81
17/02/2016	0.50	0.72	1.92	2.99	0.67
18/02/2016	0.47	0.90	1.46	1.77	0.36
19/02/2016	0.71	1.96	3.42	4.22	0.92
20/02/2016	0.86	1.66	3.11	3.83	0.81
21/02/2016	0.80	1.82	3.44	4.10	0.91
22/02/2016	1.04	1.86	5.58	5.92	1.40
23/02/2016	0.47	0.49	1.33	1.95	0.43
24/02/2016	0.47	0.98	2.57	3.07	0.60
25/02/2016	0.48	0.88	1.99	2.44	0.48
26/02/2016	0.70	1.23	3.33	4.06	0.82
27/02/2016	0.42	1.07	1.90	2.64	0.54
28/02/2016	0.47	0.97	2.29	2.85	0.59
29/02/2016	0.70	1.37	3.23	3.93	0.86
1/03/2016	1.47	1.50	5.12	5.70	1.24
2/03/2016	0.59	0.77	2.26	3.05	0.59
3/03/2016	0.57	0.57	2.59	3.14	0.66
4/03/2016	1.47	1.58	4.77	5.74	1.27
5/03/2016	1.07	1.38	3.77	4.80	1.08
6/03/2016	0.61	0.64	2.14	2.50	0.51
7/03/2016	0.35	0.28	0.61	1.04	0.23
8/03/2016	0.30	0.47	1.80	2.01	0.45
9/03/2016	0.50	1.04	2.29	2.88	0.63
10/03/2016	0.60	1.61	2.39	3.20	0.72
11/03/2016	0.70	1.39	2.08	2.80	0.66
12/03/2016	0.67	1.24	2.88	3.24	0.71

---

13/03/2016	1.18	1.16	3.82	4.03	0.99
14/03/2016	1.47	1.86	5.31	6.23	1.45
15/03/2016	0.65	0.85	2.77	3.43	0.75
16/03/2016	1.47	1.99	5.52	6.32	1.66
17/03/2016	0.48	1.40	1.94	2.48	0.55
18/03/2016	1.47	2.25	4.09	5.18	1.27
19/03/2016	0.56	1.86	1.46	2.18	0.55
20/03/2016	0.50	1.32	2.65	3.16	0.69
21/03/2016	0.45	0.92	2.24	2.76	0.57
22/03/2016	0.60	1.34	3.10	3.53	0.78
23/03/2016	0.40	0.98	1.64	2.24	0.46
24/03/2016	1.47	1.92	5.19	5.71	1.26
25/03/2016	1.80	2.60	6.25	7.40	1.73
26/03/2016	1.58	1.97	3.53	4.61	1.04
27/03/2016	0.84	1.82	3.72	4.43	1.03
28/03/2016	1.70	2.05	5.75	6.31	1.44
29/03/2016	1.70	1.64	5.05	5.66	1.32
30/03/2016	0.50	1.33	2.24	2.56	0.63
31/03/2016	1.50	1.81	3.73	4.53	1.13
1/04/2016	0.60	1.43	3.20	3.87	0.85
2/04/2016	0.52	1.21	2.31	2.95	0.67
3/04/2016	0.48	0.67	1.45	1.88	0.41
4/04/2016	0.94	1.73	4.22	4.85	1.18
5/04/2016	0.79	1.33	2.50	3.25	0.73
6/04/2016	0.75	1.83	2.99	3.88	0.96
7/04/2016	0.96	2.06	3.56	4.35	1.11
8/04/2016	1.08	2.48	4.04	5.18	1.27
9/04/2016	0.70	1.24	3.05	3.41	0.81
10/04/2016	0.40	1.08	2.00	2.36	0.55
11/04/2016	0.30	0.88	1.28	1.59	0.35
12/04/2016	0.79	1.35	2.65	3.27	0.77
13/04/2016	1.30	2.20	5.48	6.28	1.58
14/04/2016	1.00	2.20	3.45	4.48	1.11
15/04/2016	0.49	1.52	1.59	2.15	0.50
16/04/2016	0.37	0.93	1.42	1.77	0.38
17/04/2016	0.40	0.91	2.08	2.53	0.56
18/04/2016	0.38	1.09	1.75	2.15	0.48
19/04/2016	0.77	1.28	2.96	3.37	0.81
20/04/2016	0.25	1.14	0.12	0.32	0.10
21/04/2016	0.40	1.31	0.82	1.06	0.25
22/04/2016	0.70	1.36	1.31	2.85	0.79

23/04/2016	0.60	1.59	1.43	3.29	0.72
24/04/2016	0.55	1.47	1.49	3.17	0.68
25/04/2016	0.65	2.33	1.65	3.41	0.87
26/04/2016	0.92	2.78	1.19	3.65	1.04
27/04/2016	0.50	2.42	2.06	2.31	0.67
28/04/2016	1.10	2.18	6.07	6.85	1.75
29/04/2016	0.98	3.14	1.52	3.19	1.10
30/04/2016	1.05	3.51	1.40	3.26	1.36
1/05/2016	1.08	3.21	1.27	3.09	1.29
2/05/2016	1.05	3.38	1.55	3.19	1.30
3/05/2016	0.98	3.26	1.55	3.12	1.01
4/05/2016	0.95	2.76	1.76	2.86	1.19
5/05/2016	0.94	2.32	1.40	2.94	1.13
6/05/2016	0.95	2.12	1.57	3.22	0.93
7/05/2016	0.90	2.09	1.63	3.08	0.89
8/05/2016	0.80	2.45	1.74	3.28	0.97
9/05/2016	0.94	1.39	4.24	4.75	1.09
10/05/2016	0.80	2.23	1.67	3.67	0.85
11/05/2016	0.70	2.12	1.42	3.49	0.86
12/05/2016	0.50	1.86	0.45	2.82	0.71
13/05/2016	0.85	2.05	1.42	2.93	0.92
14/05/2016	0.75	1.77	1.10	2.73	0.86
15/05/2016	0.70	2.22	1.87	3.07	0.91
16/05/2016	0.90	2.30	1.62	2.98	0.94
17/05/2016	0.75	2.29	1.46	3.41	0.89
18/05/2016	0.70	1.82	1.03	2.84	0.82
19/05/2016	0.72	1.51	1.47	2.72	0.84
20/05/2016	0.50	1.17	1.05	2.75	0.66
21/05/2016	0.60	1.30	1.48	1.95	0.50
22/05/2016	0.40	0.80	0.65	2.75	0.62
23/05/2016	0.94	0.84	1.05	2.58	0.67
24/05/2016	0.95	1.47	1.25	2.87	0.71
25/05/2016	1.95	1.96	6.17	7.39	2.12
26/05/2016	0.60	2.04	1.22	3.01	0.81
27/05/2016	0.94	2.17	1.78	3.22	0.93
28/05/2016	0.70	2.55	1.46	3.43	0.88
29/05/2016	0.72	1.22	2.79	4.17	0.91
30/05/2016	0.95	3.32	1.11	3.33	1.04
31/05/2016	0.94	2.73	1.28	3.06	1.21
1/06/2016	0.80	2.45	1.57	3.00	0.99
2/06/2016	0.85	2.42	1.47	3.07	0.98



---

3/06/2016	0.85	2.45	1.65	3.10	1.01
4/06/2016	0.80	1.92	1.07	2.76	0.94
5/06/2016	0.86	2.12	1.41	2.80	0.90
6/06/2016	0.94	2.14	1.60	3.09	1.00
7/06/2016	0.88	2.16	1.54	3.12	0.97
8/06/2016	0.80	1.66	0.88	2.84	0.86
9/06/2016	0.60	1.79	1.60	2.75	0.76
10/06/2016	0.85	2.30	1.66	3.12	0.92
11/06/2016	0.75	1.95	1.35	2.71	0.89
12/06/2016	0.85	2.25	1.38	2.64	0.94
13/06/2016	0.88	2.60	1.48	2.57	1.04
14/06/2016	1.20	3.39	1.61	2.66	1.58
15/06/2016	3.50	3.12	5.89	5.15	3.44
16/06/2016	1.20	3.26	1.56	2.33	1.53
17/06/2016	1.20	3.55	1.66	2.59	1.87
18/06/2016	1.10	3.30	1.54	2.60	1.43
19/06/2016	1.05	2.58	1.33	2.53	1.19
20/06/2016	0.90	2.44	1.34	2.80	1.15
21/06/2016	0.95	2.79	1.68	2.87	1.12
22/06/2016	2.90	2.71	6.23	5.73	2.97
23/06/2016	0.84	2.95	1.45	2.73	1.27
24/06/2016	0.80	3.18	1.70	2.91	1.24
25/06/2016	1.58	2.90	1.28	2.80	1.66
26/06/2016	0.80	1.68	0.94	2.67	0.85
27/06/2016	0.40	0.59	0.77	2.24	0.62
28/06/2016	0.45	0.99	0.87	2.37	0.68
29/06/2016	0.70	2.26	1.48	2.78	0.86
30/06/2016	0.95	2.85	0.92	2.90	1.26
1/07/2016	1.75	3.38	1.60	2.63	1.68
2/07/2016	1.76	3.23	1.49	2.53	1.42
3/07/2016	1.75	3.47	1.58	2.72	1.67
4/07/2016	1.37	3.16	2.90	3.31	1.51
5/07/2016	1.05	2.42	2.95	3.20	1.18
6/07/2016	0.30	1.19	0.78	0.97	0.28
7/07/2016	0.55	0.98	1.20	1.44	0.41
8/07/2016	0.91	1.47	0.82	2.59	0.78
9/07/2016	0.95	1.59	1.23	2.42	0.83
10/07/2016	0.90	2.18	1.61	2.63	0.97
11/07/2016	1.51	2.52	1.59	2.76	1.08
12/07/2016	1.80	2.92	1.70	2.90	1.20
13/07/2016	0.98	2.70	1.55	2.76	1.27

---

---

14/07/2016	1.79	2.72	1.63	3.02	1.21
15/07/2016	1.34	2.57	1.63	3.04	1.05
16/07/2016	1.51	2.35	1.24	2.73	1.01
17/07/2016	1.31	2.45	0.78	2.69	1.13
18/07/2016	1.76	2.81	2.85	4.23	1.86
19/07/2016	1.30	3.14	1.41	2.63	1.25
20/07/2016	1.79	3.69	1.51	2.38	2.02
21/07/2016	3.80	4.02	5.43	5.97	3.77
22/07/2016	1.49	3.79	1.79	2.73	1.95
23/07/2016	3.10	3.58	5.42	5.09	3.08
24/07/2016	2.95	2.10	5.30	6.29	2.94
25/07/2016	1.00	3.30	1.84	3.22	1.27
26/07/2016	0.95	2.55	1.50	2.84	1.03
27/07/2016	1.45	2.76	1.59	2.65	1.00
28/07/2016	0.94	2.88	1.53	2.84	1.22
29/07/2016	0.95	2.30	1.29	2.39	1.30
30/07/2016	0.95	2.61	1.70	2.68	1.09
31/07/2016	0.60	2.53	0.14	1.28	0.48
1/08/2016	0.95	2.45	1.45	2.70	1.11
2/08/2016	0.72	1.93	1.07	2.30	0.93
3/08/2016	0.84	2.55	1.84	3.05	1.10
4/08/2016	0.72	2.47	1.20	2.92	0.99
5/08/2016	0.89	2.71	1.98	3.20	1.13
6/08/2016	1.40	2.68	4.23	5.94	1.80
7/08/2016	0.98	2.48	1.60	3.06	1.13
8/08/2016	0.74	2.63	0.86	3.17	0.93
9/08/2016	1.00	2.73	3.20	3.78	1.28
10/08/2016	0.61	2.63	1.44	3.16	0.97
11/08/2016	0.44	1.19	0.79	2.51	0.68
12/08/2016	0.50	1.24	1.06	2.23	0.65
13/08/2016	0.52	1.58	1.53	2.50	0.68
14/08/2016	0.65	1.88	2.00	2.81	0.89
15/08/2016	0.70	2.17	1.22	2.86	0.88
16/08/2016	0.72	2.45	1.64	2.84	0.85
17/08/2016	0.92	2.56	1.41	2.80	1.05
18/08/2016	0.66	2.46	0.99	2.97	0.91
19/08/2016	0.60	2.16	1.07	2.93	0.98
20/08/2016	0.70	2.20	1.24	2.93	0.87
21/08/2016	0.60	2.08	1.08	2.73	0.90
22/08/2016	0.55	2.04	1.36	2.75	0.80
23/08/2016	0.92	2.59	1.62	3.05	1.09

---

---

24/08/2016	0.82	2.96	1.39	3.40	0.99
25/08/2016	0.92	2.62	1.55	2.75	1.22
26/08/2016	0.92	2.75	1.76	2.90	1.26
27/08/2016	0.95	2.74	1.63	2.99	1.16
28/08/2016	0.80	2.26	0.82	2.84	0.93
29/08/2016	0.83	2.27	1.56	3.22	0.90
30/08/2016	0.95	2.36	1.83	3.27	1.11
31/08/2016	0.48	1.08	1.37	2.67	0.71
1/09/2016	0.88	0.87	1.13	2.42	0.66
2/09/2016	0.87	1.54	2.92	3.02	0.92
3/09/2016	0.88	1.64	1.06	2.67	0.78
4/09/2016	0.86	2.30	1.76	2.94	0.90
5/09/2016	0.74	2.42	1.12	3.02	0.80
6/09/2016	0.88	2.08	1.55	2.95	1.01
7/09/2016	0.88	2.41	1.83	3.15	0.82
8/09/2016	1.76	3.32	1.94	3.38	1.28
9/09/2016	1.58	2.49	1.50	2.94	1.09
10/09/2016	1.48	2.87	1.77	3.18	1.05
11/09/2016	1.58	2.83	1.54	2.94	1.10
12/09/2016	1.68	3.53	2.06	3.31	1.43
13/09/2016	1.78	3.48	1.86	3.32	1.27
14/09/2016	1.87	3.40	4.82	5.44	1.95
15/09/2016	0.88	1.95	0.65	3.00	0.79
16/09/2016	0.50	1.43	1.13	2.65	0.68
17/09/2016	0.70	2.07	1.29	2.58	0.89
18/09/2016	1.38	2.66	1.89	3.22	1.06
19/09/2016	0.88	2.29	1.40	1.89	0.63
20/09/2016	0.88	1.52	1.82	2.10	0.63
21/09/2016	1.00	2.08	1.12	3.01	0.86
22/09/2016	1.25	2.62	3.02	3.68	1.23
23/09/2016	0.56	3.01	0.29	0.88	0.28
24/09/2016	1.84	2.77	2.39	3.08	1.02
25/09/2016	0.66	1.23	1.15	1.50	0.41
26/09/2016	1.24	1.36	2.29	3.25	0.89
27/09/2016	0.80	1.23	1.44	2.42	0.70
28/09/2016	0.70	1.55	0.78	2.66	0.77
29/09/2016	0.71	2.18	1.23	3.30	0.90
30/09/2016	0.98	2.96	1.63	2.35	0.85
1/10/2016	0.84	2.05	0.51	2.25	0.62
2/10/2016	0.60	0.81	1.30	2.40	0.70
3/10/2016	0.83	1.60	1.66	2.83	0.72

---

4/10/2016	0.84	2.42	1.52	3.39	0.89
5/10/2016	0.85	1.54	0.76	2.94	0.70
6/10/2016	0.84	1.16	1.24	2.71	0.68
7/10/2016	0.83	2.67	2.01	3.43	1.00
8/10/2016	0.84	3.13	2.10	3.74	1.32
9/10/2016	0.83	2.51	1.12	3.61	1.04
10/10/2016	0.73	1.06	1.49	2.78	0.84
11/10/2016	0.70	1.21	1.00	2.97	0.75
12/10/2016	0.66	1.43	0.60	3.16	0.93
13/10/2016	0.84	1.41	1.46	2.92	0.75
14/10/2016	0.71	0.71	0.75	2.45	0.74
15/10/2016	0.83	1.29	1.46	2.63	0.72
16/10/2016	0.84	1.21	3.06	3.47	0.88
17/10/2016	1.14	1.29	3.61	4.99	1.43
18/10/2016	0.70	1.29	1.50	2.64	0.73
19/10/2016	0.67	1.07	1.96	2.53	0.77
20/10/2016	0.83	2.03	1.53	2.96	0.77
21/10/2016	0.84	1.24	0.69	2.52	0.85
22/10/2016	0.84	2.36	2.02	3.42	0.93
23/10/2016	0.64	1.97	1.63	2.01	0.54
24/10/2016	1.02	1.42	2.52	3.22	0.83
25/10/2016	0.88	2.11	2.93	4.23	1.19
26/10/2016	0.90	2.51	1.40	3.34	0.80
27/10/2016	0.61	1.61	0.81	2.84	0.75
28/10/2016	0.35	0.52	0.78	1.04	0.26
29/10/2016	0.70	1.40	1.37	2.98	0.92
30/10/2016	0.81	1.98	1.20	3.29	1.03
31/10/2016	0.73	1.65	1.55	2.99	0.82
1/11/2016	0.90	2.15	1.87	3.14	0.86
2/11/2016	1.14	3.17	1.96	3.68	1.15
3/11/2016	0.51	1.54	0.23	3.15	0.77
4/11/2016	0.50	0.91	0.62	2.75	0.66
5/11/2016	0.52	1.19	1.33	2.71	0.70
6/11/2016	0.62	1.91	1.17	2.73	0.74
7/11/2016	0.70	2.37	1.41	3.23	0.93
8/11/2016	0.80	2.30	1.09	3.45	0.86
9/11/2016	0.80	2.22	1.52	3.03	0.78
10/11/2016	0.92	2.34	1.75	3.12	1.05
11/11/2016	1.13	3.78	1.99	3.73	1.09
12/11/2016	1.14	4.25	0.80	3.50	1.41
13/11/2016	1.11	3.88	1.80	3.61	1.10

14/11/2016	1.03	3.25	1.02	3.47	1.06
15/11/2016	1.04	3.76	1.30	3.48	1.01
16/11/2016	1.05	4.14	1.72	3.53	1.04
17/11/2016	1.14	3.00	1.38	3.48	1.30
18/11/2016	1.13	4.12	1.84	3.77	1.07
19/11/2016	1.98	5.34	1.63	3.75	2.03
20/11/2016	4.40	4.04	4.59	9.65	4.35
21/11/2016	0.74	3.16	1.43	2.76	0.81
22/11/2016	2.00	3.50	3.99	7.92	2.22
23/11/2016	0.98	3.19	1.07	3.36	0.93
24/11/2016	0.90	2.61	1.60	3.64	0.95
25/11/2016	0.62	1.80	1.98	3.26	0.77
26/11/2016	0.61	1.74	1.72	3.13	0.74
27/11/2016	0.72	1.40	1.61	1.99	0.48
28/11/2016	1.13	1.77	2.22	3.06	0.91
29/11/2016	0.44	1.40	0.54	0.75	0.21
30/11/2016	0.36	0.81	1.11	1.34	0.42
1/12/2016	0.90	1.53	2.44	2.76	0.89
2/12/2016	0.90	1.02	2.49	2.63	0.81
3/12/2016	1.27	0.92	2.80	2.85	0.89
4/12/2016	1.62	1.28	4.93	4.95	1.55
5/12/2016	0.73	0.97	0.94	1.25	0.36
6/12/2016	1.70	0.97	3.26	3.27	1.06
7/12/2016	0.64	1.08	1.49	2.15	0.58
8/12/2016	0.59	0.76	1.05	1.52	0.44
9/12/2016	0.67	0.74	1.43	1.82	0.55
10/12/2016	0.75	1.24	1.94	2.21	0.69
11/12/2016	1.30	1.70	3.50	3.98	1.19
12/12/2016	1.40	1.76	3.58	3.86	1.13
13/12/2016	1.65	1.93	5.38	6.18	1.83
14/12/2016	0.40	0.65	0.26	0.46	0.13
15/12/2016	0.81	0.99	1.02	1.65	0.48
16/12/2016	1.72	2.27	4.25	4.79	1.47
17/12/2016	1.90	2.37	3.56	4.52	1.23
18/12/2016	0.40	0.70	0.81	0.93	0.29
19/12/2016	1.41	1.57	5.53	5.39	1.77
20/12/2016	0.52	1.28	2.00	2.15	0.66
21/12/2016	0.41	0.46	0.58	0.75	0.24
22/12/2016	0.84	1.12	2.64	2.79	0.93
23/12/2016	0.55	1.63	1.07	1.49	0.43
24/12/2016	1.03	2.34	3.83	4.95	1.39

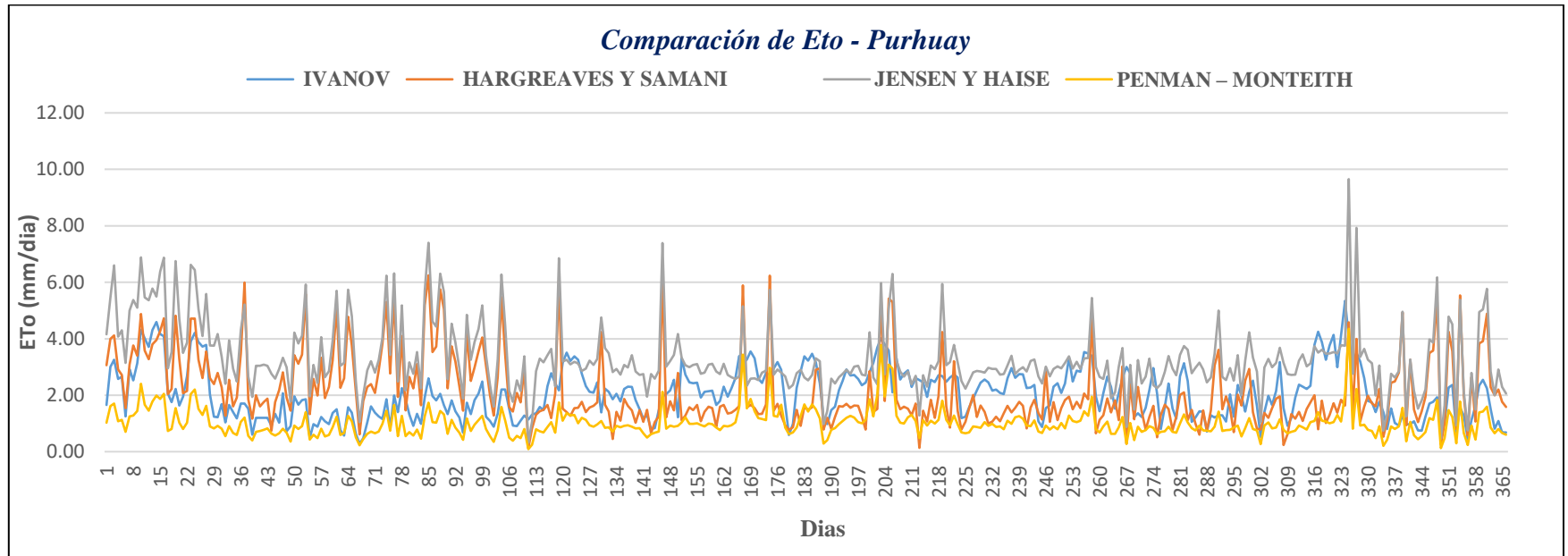
---

25/12/2016	1.34	2.54	3.91	5.03	1.42
26/12/2016	1.28	2.25	4.88	5.77	1.59
27/12/2016	0.80	1.51	2.28	2.84	0.85
28/12/2016	0.90	0.81	2.00	2.00	0.65
29/12/2016	0.92	1.09	2.20	2.91	0.80
30/12/2016	0.96	0.68	1.76	2.29	0.66
31/12/2016	0.61	0.68	1.59	2.06	0.60

---

**Figura 37**

*Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2016.*



## Anexo 5

*Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) con las fórmulas empíricas de Tanque Tipo A, Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen y Haise y Penman – Monteith – año 2017.*

Fechas	ET <sub>o</sub> Tanque Tipo A	ET <sub>o</sub> Ivanov	ET <sub>o</sub> Hargreaves- Samani	ET <sub>o</sub> Jensen- Haise	ET <sub>o</sub> Penman – Monteith
1/01/2017	0.95	0.82	2.24	2.41	0.72
2/01/2017	0.29	0.64	0.93	1.24	0.32
3/01/2017	0.90	0.69	2.45	2.85	0.82
4/01/2017	0.38	1.00	1.43	1.68	0.50
5/01/2017	0.92	1.45	2.34	2.88	0.85
6/01/2017	0.35	0.67	1.25	1.67	0.44
7/01/2017	0.60	0.86	1.50	1.85	0.52
8/01/2017	0.50	1.05	1.41	1.62	0.45
9/01/2017	1.03	1.44	2.92	3.34	0.96
10/01/2017	0.28	0.41	0.80	1.03	0.31
11/01/2017	0.44	0.52	1.46	1.71	0.51
12/01/2017	0.30	0.61	1.50	1.85	0.52
13/01/2017	1.02	0.87	2.09	2.78	0.73
14/01/2017	0.70	0.47	0.93	1.31	0.37
15/01/2017	0.12	0.29	0.27	0.47	0.11
16/01/2017	0.25	0.26	1.02	1.35	0.38
17/01/2017	0.42	1.09	1.91	2.21	0.66
18/01/2017	0.97	2.13	3.48	4.36	1.19
19/01/2017	0.55	1.48	1.14	1.39	0.37
20/01/2017	0.55	1.48	1.14	1.39	0.37
21/01/2017	0.57	1.03	0.89	1.18	0.34
22/01/2017	0.58	1.06	1.07	1.30	0.48
23/01/2017	0.57	0.54	1.47	1.86	0.58
24/01/2017	0.37	0.92	1.43	1.62	0.45
25/01/2017	1.20	0.67	1.85	2.07	0.62
26/01/2017	0.18	0.27	0.44	0.69	0.17
27/01/2017	1.02	1.12	1.68	2.17	0.61
28/01/2017	0.70	1.19	1.99	2.45	0.72
29/01/2017	0.72	1.13	1.60	2.29	0.63
30/01/2017	1.08	1.47	1.95	2.25	0.72
31/01/2017	1.20	1.29	2.38	3.26	0.83



1/02/2017	1.37	2.02	3.34	3.82	1.17
2/02/2017	1.40	2.75	5.11	5.96	1.90
3/02/2017	1.36	2.74	4.04	4.94	1.52
4/02/2017	1.36	2.61	3.97	4.86	1.45
5/02/2017	0.32	1.26	1.23	1.72	0.45
6/02/2017	1.37	1.47	3.15	3.89	1.12
7/02/2017	1.37	2.05	3.09	3.75	1.04
8/02/2017	0.52	1.47	1.95	2.39	0.69
9/02/2017	0.40	1.25	1.90	2.24	0.64
10/02/2017	0.50	0.71	2.14	2.59	0.72
11/02/2017	0.55	1.48	2.09	2.70	0.72
12/02/2017	0.20	0.60	0.48	0.90	0.21
13/02/2017	0.57	0.90	1.86	2.24	0.67
14/02/2017	0.32	0.61	1.54	1.71	0.49
15/02/2017	0.27	0.28	0.51	0.80	0.21
16/02/2017	0.46	0.40	1.42	1.78	0.54
17/02/2017	1.57	2.25	4.75	5.19	1.70
18/02/2017	0.45	0.82	1.62	1.87	0.57
19/02/2017	0.42	0.72	1.72	2.11	0.58
20/02/2017	0.46	0.94	1.47	1.85	0.52
21/02/2017	1.30	1.27	3.14	3.40	1.06
22/02/2017	0.43	0.59	1.42	1.73	0.52
23/02/2017	0.37	0.48	1.20	1.57	0.45
24/02/2017	0.43	0.52	1.73	1.91	0.59
25/02/2017	0.52	1.16	1.82	2.10	0.61
26/02/2017	0.70	0.94	2.40	2.74	0.81
27/02/2017	0.46	0.60	1.66	1.89	0.58
28/02/2017	0.50	0.53	1.54	1.88	0.57
1/03/2017	0.46	0.77	1.65	2.05	0.57
2/03/2017	0.70	1.12	2.70	3.06	0.90
3/03/2017	0.72	1.34	2.80	3.32	0.94
4/03/2017	0.20	0.40	0.73	1.14	0.29
5/03/2017	0.64	1.26	2.08	2.70	0.72
6/03/2017	0.60	1.00	2.02	2.44	0.70
7/03/2017	0.80	0.88	2.61	3.09	0.92
8/03/2017	0.60	1.00	1.82	2.42	0.59
9/03/2017	0.20	0.50	0.76	1.10	0.27
10/03/2017	0.46	0.67	1.92	2.64	0.64
11/03/2017	0.43	0.57	1.46	1.83	0.49
12/03/2017	0.20	0.39	0.60	0.89	0.21
13/03/2017	0.60	0.66	2.11	2.55	0.72

14/03/2017	0.56	1.18	2.14	2.64	0.68
15/03/2017	0.62	0.46	1.52	1.92	0.54
16/03/2017	0.55	0.60	1.73	2.22	0.60
17/03/2017	0.34	0.40	0.81	0.93	0.29
18/03/2017	0.36	0.83	1.16	1.75	0.46
19/03/2017	0.41	0.57	2.09	2.48	0.68
20/03/2017	0.82	0.92	3.15	3.65	1.05
21/03/2017	0.88	1.42	3.33	4.31	1.12
22/03/2017	1.20	1.98	4.31	5.28	1.51
23/03/2017	0.88	1.67	3.44	4.35	1.14
24/03/2017	0.71	1.56	2.39	2.87	0.82
25/03/2017	0.70	0.98	3.00	3.32	0.97
26/03/2017	0.33	0.38	1.20	1.58	0.42
27/03/2017	0.64	0.94	2.42	2.79	0.83
28/03/2017	0.75	0.71	2.30	2.90	0.80
29/03/2017	0.37	0.63	1.24	1.60	0.42
30/03/2017	0.65	1.51	2.04	2.54	0.70
31/03/2017	0.40	0.52	1.53	1.85	0.54
1/04/2017	0.35	0.59	1.25	1.85	0.48
2/04/2017	0.54	0.97	1.83	2.40	0.63
3/04/2017	0.50	0.90	1.90	2.14	0.60
4/04/2017	0.40	0.63	1.24	1.75	0.42
5/04/2017	0.53	1.06	1.74	2.43	0.61
6/04/2017	0.34	1.22	3.38	3.91	1.06
7/04/2017	0.40	1.48	2.71	3.25	0.88
8/04/2017	0.65	1.52	3.49	4.42	1.17
9/04/2017	0.54	1.24	2.35	2.81	0.79
10/04/2017	0.43	0.78	1.28	1.62	0.46
11/04/2017	0.30	0.84	2.10	2.59	0.72
12/04/2017	0.33	0.70	1.10	1.48	0.39
13/04/2017	0.43	0.58	0.95	1.51	0.37
14/04/2017	1.00	1.26	3.17	3.95	1.11
15/04/2017	1.46	1.92	4.76	5.59	1.65
16/04/2017	1.65	2.31	5.11	5.97	1.88
17/04/2017	1.47	2.34	5.02	5.85	1.91
18/04/2017	1.52	2.45	4.78	6.12	1.79
19/04/2017	0.72	1.50	2.59	3.52	0.91
20/04/2017	0.58	1.31	1.78	2.16	0.60
21/04/2017	0.94	1.23	3.41	3.46	1.07
22/04/2017	0.53	1.48	1.83	2.25	0.72
23/04/2017	0.95	1.73	3.31	3.80	1.16

24/04/2017	0.47	0.69	1.89	2.37	0.67
25/04/2017	0.98	1.30	4.42	4.67	1.38
26/04/2017	0.85	1.51	2.88	3.36	0.94
27/04/2017	0.36	0.89	1.30	1.92	0.47
28/04/2017	0.47	0.49	1.26	1.86	0.51
29/04/2017	0.46	0.90	1.58	1.89	0.51
30/04/2017	0.32	0.70	1.23	1.57	0.43
1/05/2017	0.58	0.75	1.93	2.15	0.68
2/05/2017	1.65	1.76	5.15	5.37	1.76
3/05/2017	1.46	1.92	2.92	3.84	1.15
4/05/2017	1.40	2.13	3.90	4.81	1.38
5/05/2017	1.00	2.01	3.31	3.91	1.19
6/05/2017	0.98	1.85	3.16	3.96	1.13
7/05/2017	0.50	1.42	1.30	1.68	0.49
8/05/2017	0.72	1.38	2.46	3.12	0.85
9/05/2017	1.65	1.78	3.91	4.72	1.28
10/05/2017	0.48	1.60	1.21	1.75	0.48
11/05/2017	0.47	1.21	1.50	1.86	0.53
12/05/2017	0.76	1.07	2.39	2.94	0.83
13/05/2017	1.50	1.58	3.54	3.78	1.20
14/05/2017	0.63	1.66	2.17	2.64	0.74
15/05/2017	0.45	1.59	1.55	2.13	0.58
16/05/2017	0.36	1.14	0.97	1.32	0.36
17/05/2017	0.64	0.98	2.23	2.76	0.76
18/05/2017	1.65	1.02	3.30	3.40	1.02
19/05/2017	0.64	1.46	2.17	2.92	0.73
20/05/2017	0.35	0.94	1.45	1.94	0.48
21/05/2017	0.50	1.29	1.65	1.98	0.58
22/05/2017	0.28	0.73	0.66	0.95	0.26
23/05/2017	0.60	1.16	1.91	2.46	0.70
24/05/2017	0.45	0.74	1.53	1.74	0.51
25/05/2017	0.36	1.14	0.93	1.16	0.33
26/05/2017	0.65	1.50	1.90	2.49	0.76
27/05/2017	0.55	1.30	1.75	2.02	0.64
28/05/2017	0.65	1.41	2.08	2.44	0.75
29/05/2017	0.50	1.48	1.63	2.07	0.65
30/05/2017	0.65	1.47	1.95	2.25	0.72
31/05/2017	0.46	1.22	1.08	1.33	0.46
1/06/2017	0.60	1.73	2.29	2.58	0.87
2/06/2017	0.55	1.97	2.19	2.67	0.85
3/06/2017	0.50	1.26	1.39	1.86	0.53

---

4/06/2017	0.24	0.61	0.55	0.86	0.22
5/06/2017	0.52	0.93	1.60	1.78	0.58
6/06/2017	0.52	1.40	1.09	1.21	0.44
7/06/2017	0.90	1.60	2.76	3.20	1.08
8/06/2017	1.00	1.99	3.32	3.72	1.15
9/06/2017	1.05	2.44	3.20	3.80	1.26
10/06/2017	0.75	1.74	2.40	2.63	0.89
11/06/2017	0.60	1.55	2.03	2.28	0.75
12/06/2017	0.95	1.61	2.74	3.11	0.94
13/06/2017	0.70	1.35	2.03	2.18	0.74
14/06/2017	0.74	1.49	2.47	2.57	0.85
15/06/2017	1.20	1.81	4.01	4.44	1.54
16/06/2017	1.15	2.13	4.15	4.16	1.44
17/06/2017	1.51	2.39	5.45	5.13	1.86
18/06/2017	1.80	2.53	5.40	5.31	2.13
19/06/2017	1.75	2.65	4.72	4.92	1.90
20/06/2017	1.85	2.56	5.10	5.24	2.16
21/06/2017	1.72	2.46	3.76	3.94	1.56
22/06/2017	0.58	1.05	1.71	2.10	0.64
23/06/2017	0.85	1.77	2.57	2.80	1.02
24/06/2017	1.71	2.79	5.07	5.15	2.34
25/06/2017	1.05	2.47	2.57	2.83	1.20
26/06/2017	1.40	2.58	3.38	3.32	1.60
27/06/2017	1.72	2.75	4.57	4.61	1.84
28/06/2017	0.82	2.14	2.13	2.34	0.93
29/06/2017	0.99	2.17	2.11	2.44	0.93
30/06/2017	0.48	1.95	1.21	1.78	0.59
1/07/2017	0.69	1.58	1.83	2.29	0.74
2/07/2017	0.70	1.10	1.24	1.61	0.50
3/07/2017	0.69	1.16	1.53	1.85	0.61
4/07/2017	1.00	1.91	3.53	3.75	1.42
5/07/2017	0.95	2.19	2.77	2.79	1.06
6/07/2017	0.80	2.19	2.17	2.24	0.98
7/07/2017	1.42	2.18	4.29	4.48	1.57
8/07/2017	0.69	1.86	1.01	1.43	0.50
9/07/2017	0.90	2.20	2.59	2.85	1.05
10/07/2017	0.74	1.80	1.83	2.11	0.83
11/07/2017	1.05	2.14	3.06	2.99	1.42
12/07/2017	0.90	1.42	2.03	1.75	0.99
13/07/2017	0.75	2.14	2.37	2.56	1.07
14/07/2017	1.90	2.30	4.72	4.36	2.00

---

15/07/2017	2.42	3.01	5.54	5.34	2.85
16/07/2017	2.00	2.69	4.05	3.42	2.15
17/07/2017	2.16	2.84	5.11	5.08	2.46
18/07/2017	0.90	1.66	2.05	1.85	0.98
19/07/2017	0.76	2.00	1.86	2.04	0.84
20/07/2017	2.40	2.29	4.89	4.87	2.22
21/07/2017	2.58	3.37	5.56	5.38	3.20
22/07/2017	2.62	3.42	5.28	5.29	3.27
23/07/2017	2.71	3.26	5.23	4.79	3.22
24/07/2017	2.38	2.89	5.23	4.83	2.81
25/07/2017	1.76	2.65	3.91	3.83	2.06
26/07/2017	1.05	2.41	2.42	2.59	1.22
27/07/2017	0.72	2.43	1.99	2.40	0.98
28/07/2017	2.07	2.56	5.59	5.30	2.64
29/07/2017	2.08	2.61	4.51	4.36	2.17
30/07/2017	1.87	2.58	4.11	3.79	1.92
31/07/2017	1.25	2.27	4.24	4.21	1.78
1/08/2017	1.80	2.54	4.22	5.04	1.97
2/08/2017	2.02	2.85	5.63	5.50	2.72
3/08/2017	1.70	2.90	5.06	4.78	1.90
4/08/2017	2.57	2.99	5.27	5.08	2.87
5/08/2017	2.95	2.83	5.97	5.14	3.08
6/08/2017	1.18	1.51	2.62	2.46	1.24
7/08/2017	2.16	2.81	5.68	5.20	2.72
8/08/2017	2.80	3.20	5.55	5.50	2.97
9/08/2017	2.28	3.22	5.34	5.15	2.84
10/08/2017	1.21	2.76	3.03	3.28	1.46
11/08/2017	0.98	2.42	1.73	2.25	0.81
12/08/2017	0.96	2.01	2.20	2.41	0.88
13/08/2017	1.15	2.65	3.30	3.55	1.43
14/08/2017	0.90	2.19	2.00	2.39	0.84
15/08/2017	1.05	2.13	2.01	2.37	0.84
16/08/2017	1.04	2.81	4.11	4.68	1.69
17/08/2017	1.00	2.94	3.46	4.12	1.45
18/08/2017	1.10	2.49	3.58	4.60	1.46
19/08/2017	0.32	1.03	0.85	1.27	0.38
20/08/2017	1.05	2.36	3.88	4.34	1.42
21/08/2017	1.00	2.25	2.96	3.43	1.18
22/08/2017	0.50	1.45	1.26	1.59	0.50
23/08/2017	0.84	1.21	1.73	1.80	0.68
24/08/2017	1.15	2.31	3.97	3.93	1.65

25/08/2017	0.96	2.03	2.38	2.43	1.01
26/08/2017	1.14	2.19	3.40	3.70	1.37
27/08/2017	1.04	2.10	2.57	3.33	1.15
28/08/2017	1.30	2.62	3.65	4.87	1.60
29/08/2017	0.79	2.06	1.29	1.86	0.65
30/08/2017	0.88	2.30	2.09	2.38	0.92
31/08/2017	1.50	2.97	3.68	4.49	1.77
1/09/2017	1.14	2.47	2.34	2.68	1.15
2/09/2017	1.08	3.02	3.65	4.50	1.79
3/09/2017	1.14	1.32	1.26	1.58	0.66
4/09/2017	1.10	2.32	2.51	2.44	0.99
5/09/2017	1.11	3.09	4.03	4.93	1.89
6/09/2017	1.30	2.76	3.48	3.85	1.61
7/09/2017	1.44	2.44	3.32	3.90	1.36
8/09/2017	1.27	2.76	2.47	2.89	1.09
9/09/2017	1.07	2.06	1.56	2.13	0.71
10/09/2017	0.87	1.78	1.33	1.50	0.55
11/09/2017	1.62	1.59	2.40	2.88	0.94
12/09/2017	0.90	1.56	1.26	1.56	0.50
13/09/2017	0.91	1.28	1.37	1.99	0.61
14/09/2017	1.06	1.34	2.16	2.65	0.80
15/09/2017	0.78	1.03	2.19	2.46	0.70
16/09/2017	0.30	0.79	0.55	0.89	0.24
17/09/2017	1.21	1.07	1.28	1.64	0.51
18/09/2017	1.11	0.83	1.55	2.10	0.64
19/09/2017	0.99	2.05	4.37	5.25	1.66
20/09/2017	1.92	2.65	5.13	5.70	2.14
21/09/2017	1.94	3.12	4.65	4.95	2.04
22/09/2017	1.96	2.96	5.00	5.43	1.94
23/09/2017	1.11	2.84	3.72	4.61	1.55
24/09/2017	1.11	2.83	2.18	3.16	1.01
25/09/2017	0.59	2.25	1.70	2.17	0.69
26/09/2017	1.11	1.48	3.75	4.43	1.33
27/09/2017	0.80	1.55	1.71	2.40	0.70
28/09/2017	1.11	2.00	2.71	3.30	1.06
29/09/2017	1.68	2.72	4.39	5.46	1.58
30/09/2017	2.00	2.12	4.16	4.90	1.48
1/10/2017	1.79	2.23	4.12	4.80	1.56
2/10/2017	2.01	3.14	5.96	6.31	2.51
3/10/2017	2.00	3.15	5.01	5.75	2.05
4/10/2017	1.57	3.13	4.93	6.07	1.93

---

5/10/2017	0.45	2.01	1.17	1.48	0.53
6/10/2017	2.20	2.89	5.77	6.43	2.40
7/10/2017	1.76	2.50	3.85	4.35	1.64
8/10/2017	1.69	2.39	2.87	3.38	1.22
9/10/2017	1.60	1.82	5.07	4.69	1.80
10/10/2017	2.65	2.54	6.21	6.16	2.50
11/10/2017	2.43	2.92	6.11	6.94	2.52
12/10/2017	1.34	2.70	1.74	2.44	0.87
13/10/2017	1.25	2.21	1.30	1.94	0.64
14/10/2017	1.38	2.15	1.37	1.91	0.62
15/10/2017	1.30	2.46	1.72	2.49	0.73
16/10/2017	0.43	1.51	0.94	1.69	0.45
17/10/2017	0.72	1.62	1.13	1.42	0.48
18/10/2017	1.01	1.68	1.62	2.17	0.67
19/10/2017	1.90	2.14	3.33	3.71	1.23
20/10/2017	1.41	3.29	4.37	5.26	1.83
21/10/2017	2.08	3.54	5.10	6.99	2.24
22/10/2017	0.62	1.23	1.96	2.18	0.63
23/10/2017	1.42	1.15	3.36	3.34	1.07
24/10/2017	0.75	0.66	2.45	2.32	0.82
25/10/2017	1.19	1.29	3.52	3.73	1.15
26/10/2017	1.39	1.61	4.07	4.55	1.36
27/10/2017	1.77	2.02	4.90	5.27	1.69
28/10/2017	1.14	1.49	2.24	2.56	0.75
29/10/2017	0.82	2.32	0.42	0.66	0.30
30/10/2017	1.01	0.94	1.75	2.13	0.60
31/10/2017	0.73	0.88	1.57	1.83	0.55
1/11/2017	1.51	2.22	4.03	4.03	1.58
2/11/2017	1.11	2.16	2.89	3.07	1.13
3/11/2017	1.55	2.31	3.30	3.54	1.36
4/11/2017	1.69	2.48	3.14	3.32	1.31
5/11/2017	1.09	2.51	4.02	4.84	1.61
6/11/2017	1.06	1.80	3.17	3.87	1.08
7/11/2017	1.10	1.25	1.07	1.62	0.41
8/11/2017	0.71	0.62	0.82	1.20	0.31
9/11/2017	1.03	1.72	4.07	4.24	1.34
10/11/2017	1.39	1.71	2.69	3.44	1.02
11/11/2017	1.26	1.41	2.92	3.57	0.98
12/11/2017	1.24	1.30	1.73	2.26	0.60
13/11/2017	0.95	0.75	1.44	2.12	0.53
14/11/2017	1.29	2.08	3.20	4.13	1.21

---

15/11/2017	1.11	1.31	1.80	2.59	0.68
16/11/2017	1.17	1.56	3.50	4.08	1.23
17/11/2017	0.76	1.39	2.31	2.74	0.82
18/11/2017	1.02	0.69	1.79	1.85	0.66
19/11/2017	1.03	1.56	2.05	2.63	0.79
20/11/2017	1.46	2.43	3.84	4.55	1.50
21/11/2017	1.43	1.53	3.29	3.60	1.15
22/11/2017	1.19	2.32	3.81	4.52	1.43
23/11/2017	1.98	2.21	6.55	6.89	2.06
24/11/2017	0.70	1.21	2.69	4.40	1.05
25/11/2017	0.86	1.42	1.78	3.32	0.82
26/11/2017	0.86	1.21	2.32	3.67	0.96
27/11/2017	1.02	1.76	3.39	5.37	1.35
28/11/2017	0.75	0.57	0.26	0.68	0.17
29/11/2017	1.03	1.29	2.25	3.45	0.86
30/11/2017	2.02	2.01	7.03	9.43	2.53
1/12/2017	0.48	0.99	1.79	2.88	0.77
2/12/2017	0.63	0.42	1.80	2.92	0.75
3/12/2017	1.68	0.84	3.70	5.56	1.40
4/12/2017	0.80	0.46	2.52	4.07	0.97
5/12/2017	0.32	0.30	1.15	2.39	0.56
6/12/2017	0.45	0.27	1.66	3.24	0.79
7/12/2017	0.57	0.57	2.06	3.22	0.89
8/12/2017	0.73	0.53	1.85	2.85	0.75
9/12/2017	1.68	1.44	3.56	5.37	1.31
10/12/2017	1.68	2.41	3.99	5.65	1.55
11/12/2017	0.74	1.26	1.47	3.12	0.73
12/12/2017	1.48	2.08	3.83	6.59	1.68
13/12/2017	1.14	1.76	2.29	3.28	0.95
14/12/2017	1.86	2.54	6.23	8.78	2.36
15/12/2017	1.68	1.79	3.27	5.81	1.32
16/12/2017	1.36	1.18	2.41	4.36	1.00
17/12/2017	1.68	0.88	3.72	5.82	1.38
18/12/2017	1.36	1.68	2.42	3.55	0.93
19/12/2017	0.71	0.89	0.87	2.05	0.47
20/12/2017	1.86	1.69	5.41	8.52	2.04
21/12/2017	1.00	0.82	2.55	3.89	0.99
22/12/2017	1.43	0.86	3.00	4.96	1.16
23/12/2017	1.50	0.95	2.17	3.90	0.97
24/12/2017	1.86	2.14	4.93	7.05	1.88
25/12/2017	1.85	2.08	4.27	6.52	1.71



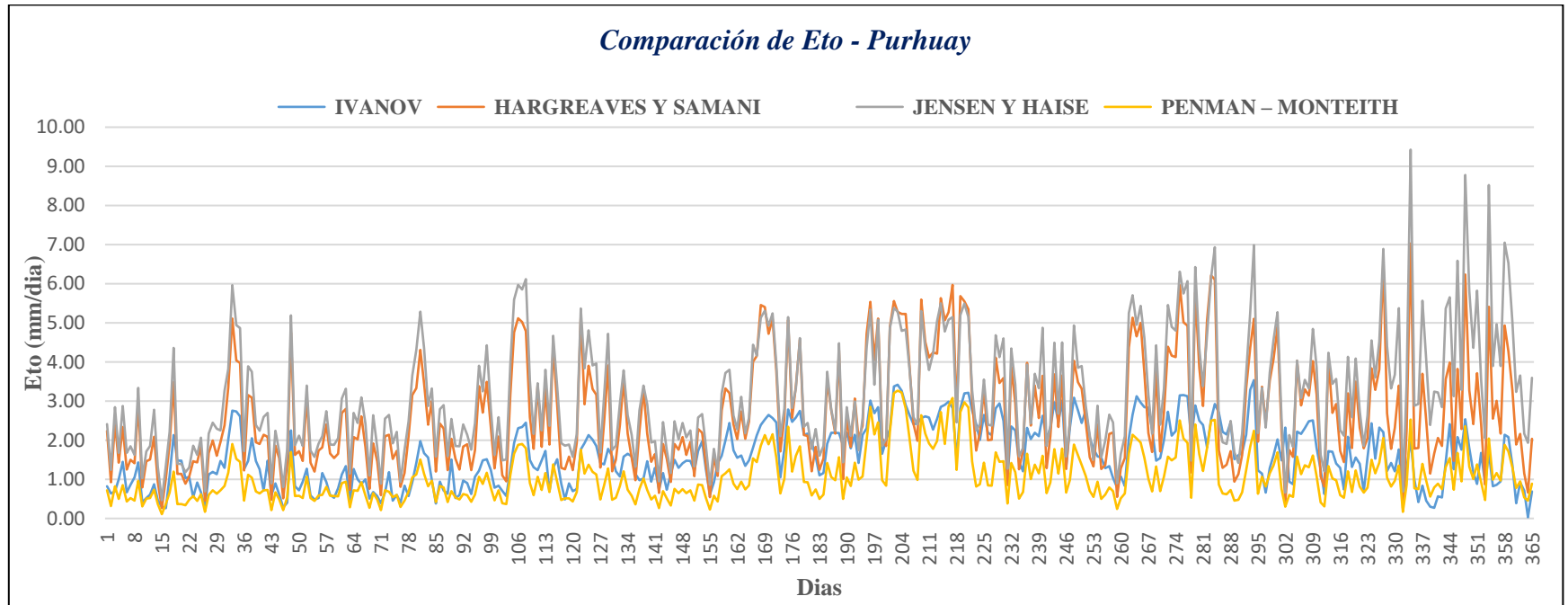
---

26/12/2017	1.68	1.36	3.27	5.02	1.30
27/12/2017	1.45	0.39	1.89	3.24	0.78
28/12/2017	1.44	0.92	2.16	3.66	0.95
29/12/2017	0.62	0.71	1.16	2.17	0.53
30/12/2017	0.58	0.03	0.66	1.94	0.46
31/12/2017	1.44	0.69	2.04	3.59	0.89

---

**Figura 38**

*Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2017.*



## Anexo 6

*Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) con las fórmulas empíricas de Tanque Tipo A, Ivanov, Hargreaves y Samani, Jensen y Haise y Penman – Monteith – año 2018.*

Fechas	ET <sub>o</sub> Tanque Tipo A	ET <sub>o</sub> Ivanov	ET <sub>o</sub> Hargreaves- Samani	ET <sub>o</sub> Jensen- Haise	ET <sub>o</sub> Penman – Monteith
1/01/2018	1.76	1.53	2.97	4.79	1.18
2/01/2018	1.75	2.33	2.14	4.00	1.16
3/01/2018	2.00	3.00	4.62	6.71	2.25
4/01/2018	1.04	0.46	1.62	2.86	0.70
5/01/2018	0.88	0.59	2.24	3.35	0.84
6/01/2018	0.37	0.19	0.69	1.83	0.42
7/01/2018	1.56	0.83	3.71	5.73	1.51
8/01/2018	0.47	0.20	0.56	1.42	0.38
9/01/2018	1.76	0.72	2.83	4.62	1.13
10/01/2018	0.88	0.51	2.11	3.56	0.90
11/01/2018	0.76	0.42	1.66	3.03	0.72
12/01/2018	1.75	1.54	4.53	7.21	1.68
13/01/2018	1.02	0.72	2.37	3.55	0.93
14/01/2018	1.76	0.71	2.47	3.86	1.01
15/01/2018	0.80	0.56	1.77	2.90	0.76
16/01/2018	0.70	0.58	1.66	2.67	0.69
17/01/2018	0.72	0.63	1.93	3.00	0.76
18/01/2018	0.84	0.54	2.49	3.41	0.92
19/01/2018	0.50	0.26	1.11	2.32	0.53
20/01/2018	0.50	0.26	1.11	2.32	0.53
21/01/2018	0.74	0.64	1.92	3.31	0.81
22/01/2018	1.60	1.20	3.07	5.22	1.27
23/01/2018	0.46	0.24	0.96	1.96	0.50
24/01/2018	0.57	1.10	3.00	4.64	1.21
25/01/2018	0.47	0.90	2.77	3.76	1.18
26/01/2018	0.88	1.45	2.37	3.17	0.94
27/01/2018	1.67	1.64	2.45	3.81	1.01
28/01/2018	1.60	1.38	4.18	5.56	1.64
29/01/2018	1.57	2.20	4.31	5.70	1.62

---

30/01/2018	1.67	1.62	4.76	6.93	1.77
31/01/2018	1.77	2.25	5.03	7.47	1.91
1/02/2018	1.66	2.47	4.18	6.45	1.74
2/02/2018	1.65	2.14	3.41	4.94	1.36
3/02/2018	1.47	1.90	4.16	6.64	1.56
4/02/2018	1.30	1.94	3.25	5.70	1.32
5/02/2018	1.35	2.47	3.91	6.59	1.48
6/02/2018	1.22	1.70	3.46	5.58	1.28
7/02/2018	1.66	0.47	3.02	5.80	1.22
8/02/2018	1.15	1.65	3.22	4.89	1.21
9/02/2018	1.05	1.10	2.89	4.91	1.18
10/02/2018	1.06	0.98	2.88	4.75	1.12
11/02/2018	0.43	0.31	1.39	2.81	0.67
12/02/2018	1.12	1.58	2.97	4.75	1.20
13/02/2018	1.56	1.61	4.40	6.40	1.57
14/02/2018	1.46	1.84	4.20	6.95	1.57
15/02/2018	1.40	1.30	2.70	5.30	1.17
16/02/2018	0.80	0.61	2.20	3.67	0.84
17/02/2018	1.06	0.42	2.53	4.84	1.10
18/02/2018	1.06	1.17	2.61	4.55	1.08
19/02/2018	1.30	1.14	3.47	5.83	1.39
20/02/2018	0.32	0.27	0.61	1.37	0.33
21/02/2018	1.56	1.41	3.71	5.60	1.40
22/02/2018	1.66	2.45	3.99	6.27	1.69
23/02/2018	0.45	1.44	1.00	0.24	0.50
24/02/2018	1.25	2.44	3.12	5.46	1.42
25/02/2018	1.66	3.13	5.07	8.08	2.22
26/02/2018	0.55	1.61	1.96	3.48	0.89
27/02/2018	1.06	1.01	3.13	5.31	1.25
28/02/2018	0.66	0.75	1.95	3.25	0.81
1/03/2018	0.73	1.19	2.64	4.12	1.04
2/03/2018	0.40	0.19	1.03	2.68	0.59
3/03/2018	0.73	0.55	1.78	3.37	0.76
4/03/2018	1.37	0.81	3.14	4.94	1.20
5/03/2018	0.75	1.07	2.18	3.71	0.91
6/03/2018	1.37	1.36	3.50	5.85	1.41
7/03/2018	0.84	0.43	2.06	3.37	0.87
8/03/2018	0.64	0.31	1.52	2.63	0.66
9/03/2018	0.93	0.84	2.27	4.02	0.95
10/03/2018	0.56	0.42	1.33	2.70	0.63
11/03/2018	0.73	0.83	2.83	4.83	1.09

---

12/03/2018	0.80	1.44	2.43	4.08	0.92
13/03/2018	1.00	1.15	3.38	5.30	1.27
14/03/2018	1.73	1.68	5.70	8.49	2.03
15/03/2018	1.06	0.89	3.71	5.53	1.40
16/03/2018	1.30	1.05	3.43	5.78	1.34
17/03/2018	1.25	0.93	3.80	5.81	1.35
18/03/2018	0.60	0.65	1.66	3.11	0.75
19/03/2018	0.84	0.56	2.58	4.76	1.12
20/03/2018	0.90	0.47	2.71	5.01	1.13
21/03/2018	0.90	0.78	3.64	5.72	1.32
22/03/2018	1.04	1.01	3.74	6.31	1.40
23/03/2018	1.10	0.85	4.60	7.46	1.81
24/03/2018	1.00	0.48	2.86	4.99	1.19
25/03/2018	1.06	0.65	2.74	4.29	1.11
26/03/2018	1.00	0.71	3.38	5.16	1.33
27/03/2018	1.37	0.79	3.29	5.24	1.29
28/03/2018	0.83	0.50	2.40	3.67	0.93
29/03/2018	1.00	1.06	4.24	6.16	1.54
30/03/2018	0.72	0.76	2.40	4.19	1.00
31/03/2018	1.70	1.51	4.64	7.49	1.71
1/04/2018	1.12	1.50	3.81	5.86	1.38
2/04/2018	0.47	0.53	1.16	2.51	0.55
3/04/2018	0.37	0.18	0.79	2.07	0.45
4/04/2018	0.66	0.70	2.43	3.90	0.95
5/04/2018	0.73	0.45	1.93	3.34	0.81
6/04/2018	0.56	0.49	1.42	2.41	0.63
7/04/2018	1.05	0.86	3.36	4.98	1.34
8/04/2018	1.00	0.99	2.88	4.67	1.15
9/04/2018	0.59	0.51	1.78	3.15	0.78
10/04/2018	0.65	0.53	1.89	2.59	0.75
11/04/2018	1.53	1.00	4.06	6.34	1.58
12/04/2018	1.73	1.29	5.42	7.01	1.92
13/04/2018	1.54	1.35	4.13	5.75	1.60
14/04/2018	0.38	0.19	0.86	1.68	0.43
15/04/2018	0.42	0.43	1.33	2.40	0.59
16/04/2018	0.73	0.98	1.91	3.11	0.83
17/04/2018	1.59	2.07	5.03	7.24	2.06
18/04/2018	2.61	2.80	7.42	9.94	3.08
19/04/2018	2.55	3.38	6.36	9.32	2.84
20/04/2018	1.43	2.50	4.39	6.40	1.82
21/04/2018	1.05	1.86	3.21	5.69	1.41

22/04/2018	1.06	2.24	3.50	5.99	1.45
23/04/2018	0.95	1.68	2.40	4.01	1.04
24/04/2018	0.98	1.31	2.50	4.32	1.07
25/04/2018	1.37	1.08	3.45	5.43	1.43
26/04/2018	0.62	0.54	2.19	3.66	0.93
27/04/2018	0.78	0.69	2.00	3.51	0.86
28/04/2018	0.65	0.87	2.17	3.45	0.89
29/04/2018	0.39	0.45	0.81	1.74	0.47
30/04/2018	1.26	1.22	3.66	5.61	1.39
1/05/2018	1.08	1.98	4.36	6.70	1.66
2/05/2018	0.70	1.05	2.05	3.10	0.84
3/05/2018	1.09	1.30	2.88	4.96	1.25
4/05/2018	1.38	1.56	3.88	5.23	1.50
5/05/2018	1.59	2.48	5.43	8.62	2.15
6/05/2018	1.00	1.79	3.21	5.19	1.28
7/05/2018	1.39	1.54	4.75	6.87	1.76
8/05/2018	1.20	0.70	3.38	5.64	1.40
9/05/2018	0.74	0.99	2.17	3.19	0.91
10/05/2018	0.98	0.93	2.45	4.11	1.04
11/05/2018	2.00	1.95	6.82	10.19	2.51
12/05/2018	0.74	1.20	2.20	3.60	0.92
13/05/2018	1.50	1.59	4.48	5.94	1.64
14/05/2018	0.90	1.29	3.10	4.76	1.28
15/05/2018	1.42	1.58	4.65	7.03	1.85
16/05/2018	0.92	1.85	3.11	5.16	1.36
17/05/2018	0.97	2.17	3.53	5.21	1.46
18/05/2018	1.40	1.76	5.45	7.95	1.99
19/05/2018	0.65	1.00	1.69	2.81	0.76
20/05/2018	0.96	1.27	2.84	4.20	1.16
21/05/2018	1.24	1.55	3.25	4.68	1.32
22/05/2018	0.88	0.67	2.64	4.15	1.09
23/05/2018	0.55	1.37	1.35	2.08	0.61
24/05/2018	1.28	2.12	3.21	5.39	1.37
25/05/2018	1.53	2.22	4.46	6.46	1.83
26/05/2018	1.62	2.52	4.86	6.73	2.04
27/05/2018	1.48	2.33	4.53	6.96	1.94
28/05/2018	1.48	1.77	3.31	5.38	1.39
29/05/2018	1.49	2.34	3.86	6.26	1.63
30/05/2018	1.37	1.62	4.76	6.93	1.77
31/05/2018	0.98	2.21	3.33	5.29	1.47
1/06/2018	0.54	2.05	1.61	2.35	0.72

2/06/2018	1.16	1.88	2.73	4.33	1.18
3/06/2018	0.94	1.75	2.28	3.50	1.03
4/06/2018	0.53	0.51	1.06	2.48	0.59
5/06/2018	0.42	0.12	1.14	2.41	0.59
6/06/2018	0.52	1.20	1.53	2.46	0.69
7/06/2018	1.73	2.46	4.98	6.98	2.16
8/06/2018	1.43	2.84	3.03	4.24	1.49
9/06/2018	1.24	2.47	2.63	3.93	1.34
10/06/2018	1.41	2.27	4.50	6.57	1.96
11/06/2018	0.95	2.09	3.16	4.80	1.39
12/06/2018	1.59	2.52	3.76	5.78	1.65
13/06/2018	1.57	2.15	4.15	6.15	1.87
14/06/2018	0.68	0.50	1.70	3.07	0.77
15/06/2018	1.24	1.73	3.13	4.55	1.32
16/06/2018	0.55	1.49	1.42	2.21	0.66
17/06/2018	0.80	1.28	1.93	3.17	0.87
18/06/2018	0.50	1.90	1.35	2.30	0.72
19/06/2018	1.20	2.90	2.45	3.94	1.39
20/06/2018	2.48	3.27	4.91	6.39	2.57
21/06/2018	2.52	2.83	5.65	6.92	2.77
22/06/2018	2.68	3.03	5.81	7.75	2.84
23/06/2018	2.55	3.35	5.80	7.71	2.89
24/06/2018	2.05	3.11	4.64	6.25	2.19
25/06/2018	0.97	2.45	2.57	4.22	1.28
26/06/2018	0.48	1.62	0.86	1.75	0.51
27/06/2018	0.93	1.68	2.32	3.69	1.09
28/06/2018	1.46	2.53	4.29	6.01	1.95
29/06/2018	1.80	3.02	4.77	6.65	2.24
30/06/2018	0.85	2.98	2.40	3.27	1.30
1/07/2018	2.25	2.97	5.34	7.07	2.53
2/07/2018	2.35	3.37	6.33	8.35	3.16
3/07/2018	2.34	3.47	5.77	7.58	2.97
4/07/2018	2.20	2.81	4.84	6.24	2.28
5/07/2018	1.35	2.44	2.81	4.26	1.35
6/07/2018	1.16	2.62	2.89	4.53	1.35
7/07/2018	2.52	3.23	5.93	8.35	2.75
8/07/2018	3.28	3.79	6.37	8.66	3.60
9/07/2018	3.10	3.63	6.03	7.27	3.18
10/07/2018	1.08	2.54	2.56	3.64	1.22
11/07/2018	0.72	1.79	1.66	2.83	0.80
12/07/2018	0.67	1.01	1.09	2.00	0.56

13/07/2018	0.46	1.67	0.96	1.74	0.54
14/07/2018	0.56	2.19	1.20	2.10	0.77
15/07/2018	0.41	2.18	1.52	2.32	0.85
16/07/2018	1.35	2.54	3.83	5.14	1.77
17/07/2018	1.42	2.59	3.45	5.06	1.82
18/07/2018	1.35	2.65	2.33	3.53	1.22
19/07/2018	0.56	1.38	1.26	2.51	0.72
20/07/2018	1.25	1.91	2.09	3.52	1.14
21/07/2018	1.42	2.02	2.90	4.96	1.50
22/07/2018	0.40	0.53	1.11	1.94	0.49
23/07/2018	0.37	1.05	0.88	1.28	0.40
24/07/2018	0.44	1.93	2.45	3.87	1.06
25/07/2018	1.05	2.19	2.65	3.96	1.26
26/07/2018	1.94	2.74	5.12	7.07	2.36
27/07/2018	1.99	2.97	5.45	7.25	2.57
28/07/2018	2.85	3.27	6.79	8.86	3.23
29/07/2018	2.63	3.65	6.89	9.14	3.47
30/07/2018	2.80	3.84	6.86	9.04	3.57
31/07/2018	1.35	3.75	2.18	3.56	1.54
1/08/2018	2.68	4.49	5.56	8.01	3.23
2/08/2018	1.86	2.11	2.53	3.95	1.28
3/08/2018	0.55	0.99	1.43	2.09	0.69
4/08/2018	1.02	2.02	2.50	3.88	1.17
5/08/2018	0.85	1.22	2.16	3.21	1.08
6/08/2018	0.54	3.49	0.86	1.72	0.64
7/08/2018	0.94	2.13	2.52	3.92	1.17
8/08/2018	0.74	1.55	2.15	3.10	0.96
9/08/2018	0.38	0.39	0.82	1.44	0.43
10/08/2018	0.88	1.74	3.36	4.59	1.46
11/08/2018	0.63	1.78	1.86	2.77	0.97
12/08/2018	1.62	2.38	3.83	5.51	1.83
13/08/2018	1.94	2.88	5.45	7.07	2.68
14/08/2018	2.05	3.33	5.14	7.14	2.59
15/08/2018	2.06	3.14	4.89	6.98	2.38
16/08/2018	1.86	2.88	3.88	5.97	1.91
17/08/2018	0.54	1.77	1.17	2.39	0.70
18/08/2018	1.10	1.68	2.37	3.36	1.24
19/08/2018	1.30	1.59	3.25	4.80	1.41
20/08/2018	0.77	1.77	1.97	3.28	0.92
21/08/2018	0.53	2.26	1.15	2.00	0.68
22/08/2018	1.00	1.80	3.04	4.57	1.33



23/08/2018	0.80	1.54	2.32	3.89	1.05
24/08/2018	1.54	2.15	3.80	5.75	1.66
25/08/2018	2.04	2.09	5.41	7.38	2.28
26/08/2018	1.08	2.52	3.25	4.87	1.62
27/08/2018	1.72	2.88	4.49	6.56	2.03
28/08/2018	1.03	2.19	2.42	3.85	1.19
29/08/2018	1.37	2.63	3.88	5.26	1.88
30/08/2018	1.41	2.97	3.92	5.46	1.89
31/08/2018	2.93	3.15	4.92	6.91	2.33
1/09/2018	2.83	3.61	6.48	9.11	3.09
2/09/2018	1.24	3.04	3.53	5.53	1.69
3/09/2018	1.11	3.17	3.62	5.83	1.67
4/09/2018	1.11	2.63	2.19	3.87	1.07
5/09/2018	1.22	2.96	4.41	6.10	2.05
6/09/2018	2.47	3.84	6.23	8.48	3.10
7/09/2018	4.50	5.16	7.44	9.25	5.36
8/09/2018	5.02	5.78	7.25	9.47	5.54
9/09/2018	3.56	5.06	7.07	9.21	4.56
10/09/2018	3.02	4.20	6.54	8.24	3.32
11/09/2018	1.52	3.41	4.42	6.51	2.10
12/09/2018	1.20	2.66	2.69	3.89	1.37
13/09/2018	1.60	3.54	4.12	5.71	2.03
14/09/2018	2.48	3.90	5.34	7.57	2.69
15/09/2018	1.70	3.88	4.46	6.63	2.13
16/09/2018	0.56	2.08	1.63	2.89	0.84
17/09/2018	0.94	1.69	2.13	3.07	0.98
18/09/2018	1.51	1.88	3.94	5.93	1.61
19/09/2018	0.72	0.47	0.88	1.88	0.49
20/09/2018	2.20	1.88	6.11	8.65	2.44
21/09/2018	1.15	2.05	2.01	3.02	0.93
22/09/2018	1.49	2.18	3.51	5.28	1.54
23/09/2018	1.54	2.94	3.79	5.54	1.70
24/09/2018	1.62	2.58	4.52	6.60	1.88
25/09/2018	1.66	1.57	3.34	4.84	1.43
26/09/2018	2.08	2.12	5.10	7.70	2.10
27/09/2018	0.98	1.14	2.24	3.54	1.09
28/09/2018	1.39	1.23	3.17	5.16	1.40
29/09/2018	0.99	0.31	1.21	3.75	1.10
30/09/2018	1.12	1.20	1.15	4.87	1.26
1/10/2018	0.96	2.32	0.81	4.68	1.14
2/10/2018	1.05	1.78	1.94	3.54	0.94

3/10/2018	1.01	2.78	3.05	4.97	1.33
4/10/2018	1.04	2.46	2.18	4.12	1.06
5/10/2018	1.30	1.70	3.06	5.28	1.29
6/10/2018	0.40	0.59	0.92	1.88	0.43
7/10/2018	1.28	1.83	3.61	5.90	1.43
8/10/2018	1.28	1.68	3.22	5.15	1.30
9/10/2018	1.20	3.28	3.97	5.99	1.67
10/10/2018	1.46	1.76	3.49	5.57	1.47
11/10/2018	1.22	1.00	2.26	3.68	0.92
12/10/2018	1.06	1.64	4.04	6.11	1.63
13/10/2018	0.88	1.92	2.65	4.45	1.20
14/10/2018	0.90	0.52	1.94	3.28	0.83
15/10/2018	0.67	0.66	1.50	2.78	0.67
16/10/2018	1.05	0.94	2.09	3.96	0.97
17/10/2018	1.04	0.64	2.90	4.92	1.19
18/10/2018	0.55	0.89	1.85	3.04	0.79
19/10/2018	1.05	0.71	2.72	3.76	1.09
20/10/2018	1.30	1.27	4.39	6.96	1.69
21/10/2018	1.52	1.65	5.82	8.44	2.19
22/10/2018	0.49	0.20	0.76	1.66	0.41
23/10/2018	0.87	0.60	2.34	4.04	0.96
24/10/2018	1.32	1.44	2.79	4.73	1.10
25/10/2018	0.69	0.68	1.55	2.58	0.66
26/10/2018	0.59	0.74	1.65	3.16	0.72
27/10/2018	0.94	1.16	3.16	5.44	1.33
28/10/2018	0.90	0.72	1.86	3.77	0.81
29/10/2018	1.04	1.19	4.56	7.29	1.72
30/10/2018	1.17	1.35	3.23	4.91	1.29
31/10/2018	0.98	1.03	3.38	5.37	1.31
1/11/2018	0.57	0.49	1.65	2.85	0.69
2/11/2018	0.58	0.41	1.58	2.78	0.68
3/11/2018	1.40	1.29	3.69	5.44	1.45
4/11/2018	0.95	1.50	4.43	7.27	1.78
5/11/2018	1.78	1.54	6.48	8.30	2.29
6/11/2018	1.32	2.30	4.43	6.32	1.61
7/11/2018	1.52	1.88	4.55	7.31	1.86
8/11/2018	0.57	0.69	1.19	2.35	0.55
9/11/2018	1.02	1.55	3.63	5.88	1.33
10/11/2018	1.08	1.79	3.01	5.48	1.22
11/11/2018	1.39	2.34	3.08	5.11	1.22
12/11/2018	0.60	0.71	2.23	3.66	0.89

13/11/2018	1.10	2.23	4.90	7.70	1.64
14/11/2018	1.25	2.30	4.96	8.22	1.87
15/11/2018	1.14	1.11	3.11	5.04	1.11
16/11/2018	0.59	0.44	1.21	2.24	0.53
17/11/2018	1.56	1.52	3.56	5.18	1.28
18/11/2018	1.24	1.33	4.06	5.72	1.50
19/11/2018	0.80	1.16	2.49	4.45	0.98
20/11/2018	0.70	0.25	1.45	3.13	0.68
21/11/2018	0.77	0.72	2.62	4.27	0.98
22/11/2018	0.64	0.61	1.85	2.97	0.72
23/11/2018	1.28	1.99	4.73	6.76	1.64
24/11/2018	1.38	2.18	3.94	5.87	1.46
25/11/2018	0.60	0.92	1.63	3.18	0.73
26/11/2018	0.61	0.34	1.35	2.81	0.64
27/11/2018	1.53	2.29	4.56	6.79	1.66
28/11/2018	1.08	2.13	2.48	4.49	1.10
29/11/2018	1.43	2.65	4.53	7.10	1.81
30/11/2018	2.40	4.43	6.11	8.64	3.11
1/12/2018	2.68	4.73	5.92	8.31	3.15
2/12/2018	2.68	4.44	5.73	8.31	2.74
3/12/2018	1.64	3.45	4.06	6.60	1.78
4/12/2018	1.53	3.67	4.69	6.90	2.13
5/12/2018	1.54	3.10	4.23	6.22	1.91
6/12/2018	1.57	1.67	3.78	5.86	1.63
7/12/2018	0.70	0.56	2.04	3.33	0.84
8/12/2018	0.75	0.90	2.17	3.89	0.95
9/12/2018	1.00	1.70	3.01	5.31	1.32
10/12/2018	0.78	1.26	1.88	3.93	0.96
11/12/2018	0.64	0.87	1.47	2.61	0.66
12/12/2018	0.86	1.48	2.18	3.81	0.98
13/12/2018	1.22	2.07	3.72	5.89	1.42
14/12/2018	1.10	2.23	4.99	7.93	1.92
15/12/2018	0.64	1.07	2.02	3.36	0.84
16/12/2018	0.76	0.92	1.46	2.90	0.67
17/12/2018	0.84	1.69	2.41	4.31	1.08
18/12/2018	0.73	0.79	1.99	3.26	0.85
19/12/2018	0.60	0.54	1.83	3.17	0.75
20/12/2018	1.68	0.56	3.89	6.41	1.52
21/12/2018	0.34	0.10	0.48	1.49	0.36
22/12/2018	0.70	0.47	1.81	3.07	0.77
23/12/2018	2.00	1.59	6.80	9.51	2.25

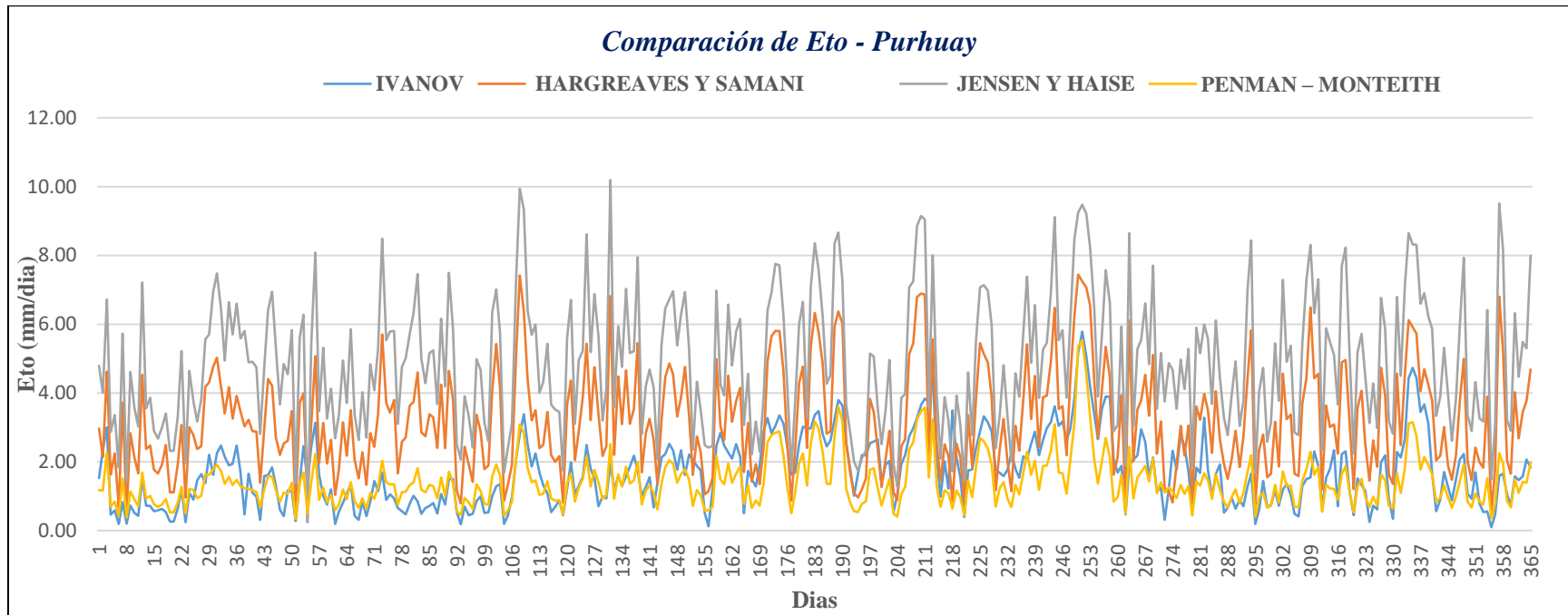
---

24/12/2018	1.68	1.65	5.24	8.18	1.96
25/12/2018	0.76	1.05	2.05	3.22	0.86
26/12/2018	0.70	0.74	1.65	2.90	0.67
27/12/2018	1.49	1.58	4.02	6.31	1.49
28/12/2018	1.59	1.46	2.68	4.47	1.09
29/12/2018	1.34	1.58	3.44	5.48	1.42
30/12/2018	1.30	2.06	3.77	5.30	1.39
31/12/2018	1.68	1.83	4.68	7.99	1.97

---

**Figura 39**

Comparación grafica diaria de la Evapotranspiración estimada (ETo). Año 2018.



*Figura 40*

Estación de Purhuay.

