



ENANDES Project: Enhancing Adaptive Capacity of Andean Communities through Climate Services (ENANDES) (Chile, Colombia, Peru)

Activity: Energy mini-project on validation and calibration of the SOLEVAPP evaporation model for floating solar systems in Chile (Ref. 21397/2024-1.2 GS)

Deliverable N°2: Summary of the calibration and validation of the parameters of the SOLEVAPP model

History of draft preparation and review

V1.0- Initial draft by Hernán Alcayaga, Rodrigo Cáceres, Andrés Díaz (UDP)	01/09/2025
V2.0 Reviewed by Juan Crespo and Marjorie Soto (DMC), Camila Vásquez (Ministry of Energy, Chile), Hamid Bastani (WMO)	14/09/2025
V3.0 Reviewed by Raul Polato and Roberta Boscolo (WMO)	09/06/2026

VALIDACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL MODELO DE EVAPORACION SOLEVAPP

Validation and calibration of the SOLEVAPP evaporation model

REPORTE N°2: (Ref. 21397/2024-1.2 GS)

Table of Contents

Summary	2
Resumen	2
Calibración y validación del modelo de evaporación SOLEVAPP disponible en explorador	3
Metodología	3
2.1. Limpieza de datos	3
2.2. Calibración	4
2.2.1. Modelo 1 (3 factores de corrección)	4
2.2.2. Modelo 2 (4 factores de corrección)	5
2.2.3. Modelo 3 (7 factores de corrección)	5
2.2.4. Modelo dinámico	5
2.2.5. Modelo dinámico con efectos de humedad relativa (dinámico_rh)	5
2.3. Optimización de parámetros	6
Resultados	7
Conclusiones	10
Referencias	11
Anexos	12

Summary

This report presents an exploratory calibration and validation stage of the SOLEVAPP evaporation model, using pan-evaporation observations from the Chilean Meteorological Directorate (DMC) for Quinta Normal and Puerto Montt during 2014. Different Penman-Monteith-based formulations were evaluated, including models with constant correction factors and dynamic variants dependent on temperature, wind speed, and relative humidity. Validation was performed using goodness-of-fit indicators such as the coefficient of determination (R^2) and the Kling-Gupta Efficiency (KGE). Among the tested alternatives, the dynamic model with relative humidity dependence and weekly adjustment achieved the best performance, reaching an R^2 of 0.762 and a KGE of 0.843.

Although this formulation showed the best statistical performance, these results do not constitute the final operational configuration of the system due to its high computational cost and severe overfitting, which limits the generalizability of the results. Rather, they helped identify systematic biases in the physical model and provided the technical basis for the subsequent development of SOLEVAPP 2.0, described in Deliverables 3 and 4. That later version incorporates partial-coverage representation for floating photovoltaic systems, climate-cluster classification, and residual correction through machine-learning models.

Resumen

Este informe presenta una etapa exploratoria de calibración y validación del modelo de evaporación SOLEVAPP, utilizando observaciones de evaporación de bandeja de la Dirección Meteorológica de Chile para Quinta Normal y Puerto Montt durante el año 2014. Se evaluaron distintas formulaciones basadas en Penman-Monteith, incluyendo modelos con factores de corrección constantes y variantes dinámicas dependientes de temperatura, viento y humedad relativa. La validación se llevó a cabo con indicadores de ajuste como el coeficiente de determinación (R^2) y la eficiencia de Kling-Gupta (KGE), encontrando que el modelo dinámico con dependencia de la humedad relativa y ajuste semanal logró el mejor desempeño, alcanzando un R^2 de 0.762 y un KGE de 0.843.

Entre las formulaciones evaluadas, el modelo dinámico con dependencia de humedad relativa presentó el mejor desempeño estadístico. Sin embargo, estos resultados no constituyen la configuración operacional final del sistema debido a su alto costo computacional y fuerte sobreajuste, lo cual no permite una generalización de los resultados. Más bien, permitieron identificar sesgos sistemáticos del modelo físico y sirvieron como base técnica para el desarrollo posterior de SOLEVAPP 2.0, descrito en los Entregables 3 y 4, donde se incorpora representación de cobertura parcial de sistemas fotovoltaicos flotantes, clasificación climática por clústeres y corrección residual mediante modelos de aprendizaje automático.

1. Calibración y validación del modelo de evaporación SOLEVAPP disponible en explorador

En las siguientes secciones, se presentan una serie de modelos que modifican la ecuación de Penman-Monteith mediante el uso de datos experimentales provenientes de las localidades de Quinta Normal y Puerto Montt, y obtenidos de la base de datos de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). Dichos datos, consideran mediciones de evaporación de bandeja obtenidos durante el año 2014, pues corresponden a un período en donde se presentan todos los datos experimentales de interés a lo largo de todas las horas del año, sin interrupciones. Las calibraciones que se detallan en la sección metodológica fueron realizadas a través de modelos numéricos desarrollados en Python y utilizando los datos simulados del módulo SOLEVAPP.

El objetivo de este informe es presentar una comparación cuantitativa de las diferentes estrategias de modelado, identificando el ajuste que ofrece la mayor robustez y precisión para la estimación de la evaporación diaria en las localidades de estudio, proveyendo así una metodología validada para aplicaciones futuras. Este entregable debe entenderse como una etapa intermedia dentro del desarrollo metodológico del proyecto. Los ejercicios de calibración aquí presentados evalúan la capacidad del núcleo físico de SOLEVAPP, basado en Penman-Monteith, para reproducir observaciones disponibles de evaporación de bandeja. A partir de estos resultados se identificaron limitaciones y sesgos que motivaron la evolución del modelo hacia la arquitectura operacional documentada en los Entregables 3 y 4. En dicha versión posterior, SOLEVAPP integra la representación de cobertura parcial de sistemas fotovoltaicos flotantes, un modelo físico conservado como base, y una corrección ajustada por datos mediante modelos de aprendizaje automático y clústeres climáticos.

2. Metodología

La metodología de calibración utiliza dos fuentes principales de datos:

- Simulaciones del Explorador Solar: Se utilizan los resultados de la herramienta SOLEVAPP a escala horaria para dimensionar la evaporación en la locación seleccionada para calibración. Además, se obtienen las variables meteorológicas utilizadas en el módulo, esto es, radiación neta (R_n), temperatura del aire (T), velocidad del viento (u_2), presión de vapor real (e_a), presión de vapor de saturación (e_s) y humedad relativa (RH).
- Datos de evaporación diaria experimental: Este archivo contiene los valores de evaporación diaria observada ($EVAP_{PAM}$) provistos por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). Estos datos representan el primer objetivo de calibración para los modelos.

Las localidades utilizadas son las de las estaciones de Quinta Normal (código:330020) y Puerto Montt (código: 410005). Los datos son los obtenidos para el año 2014. La calibración se realizó utilizando los datos de ambas localidades de forma conjunta para encontrar parámetros representativos de la zona, pero no sesgados a una sola localidad.

2.1. Limpieza de datos

Para la calibración, primero se realizó una limpieza de datos fuera de rangos o atípicos, *outliers*, basado en el método de rango intercuartílico (IQR, por sus siglas en inglés). Este método calcula un rango entre

el tercer y primer cuartil para definir los límites superior e inferior del filtro, esto es $Q_3 + P \cdot IQR$ y $Q_1 - P \cdot IQR$. Así,

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (1)$$

donde el parámetro P representa un factor de escala para definir un punto como anómalo. En este trabajo se consideró un valor de 1, pues representa un criterio más estricto que el convencional valor de 1.5. La elección de un ponderador de 1.0, que se aproxima a un filtro de ± 2.0 desviaciones estándar y una cobertura del 95%, se justifica por la naturaleza experimental de los datos de evaporación, priorizando la eliminación rigurosa de posibles errores de medición para asegurar la máxima pureza del conjunto de datos utilizado en la calibración del modelo. Por otra parte, dada la dependencia temporal de los datos, este filtro se aplicó mes a mes, tal como se muestra en la Fig. 1.

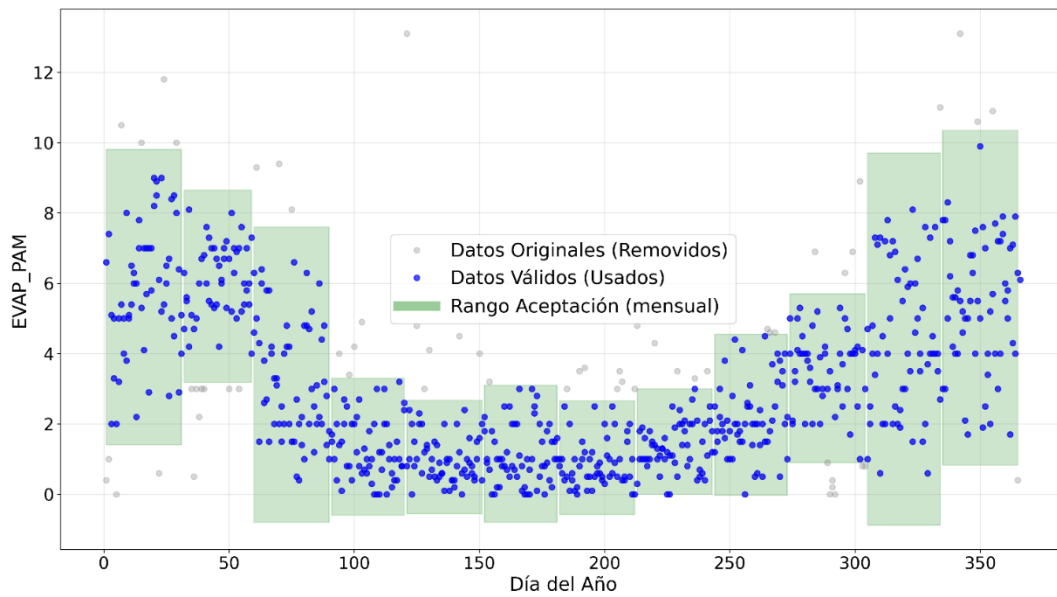


Figura 1: Limpieza mensual de datos *outliers*.

2.2. Calibración

La calibración busca incorporar factores de corrección a escala horaria a la ecuación de Penman-Monteith ya disponible en los módulos del Explorador Solar. Para esto, utilizamos un enfoque de modelos incrementales, aumentando progresivamente el número de factores de corrección; y un enfoque dinámico, lo que implica ajustar los efectos radiativos y aerodinámicos en función de la temperatura y velocidad del viento, respectivamente.

A continuación, se detallan las metodologías implementadas:

2.2.1. Modelo 1 (3 factores de corrección)

En primer lugar, se incorporan tres factores de corrección: a los efectos radiativos y aerodinámicos que aparecen en el numerador; y un tercero al denominador, el cual balancea dichos aportes energéticos y aerodinámicos. Esto es,

$$E = \frac{a \cdot (0.408 \cdot \Delta \cdot R_n) + b \cdot \left(\gamma \frac{37.5}{T + 273.15} u_2 (e_s - e_a) \right)}{c \cdot (\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2))} \quad (2)$$

donde a , b y c , corresponden a los factores de corrección.

2.2.2. Modelo 2 (4 factores de corrección)

En segundo lugar, se propone un modelo que incorpora un cuarto factor de corrección (d), el cual pretende regular los efectos asociados a la velocidad del viento incluidos en el denominador de la ecuación de Penman-Monteith. Esto busca evitar un sobreajuste en el denominador de la ecuación. Así,

$$E = \frac{a \cdot (0.408 \cdot \Delta \cdot R_n) + b \cdot \left(\gamma \frac{37.5}{T + 273.15} u_2 (e_s - e_a) \right)}{\Delta + c \cdot \gamma \cdot (1 + d \cdot u_2)} \quad (3)$$

2.2.3. Modelo 3 (7 factores de corrección)

En tercer lugar, se considera un modelo con parámetros de ajuste por componente. Esto implica la implementación de siete factores de corrección ($p_1, p_2, p_3, \dots, p_7$) a la ecuación de Penman-Monteith. Así,

$$E = \frac{0.408 \cdot (p_1 \Delta)(p_2 R_n) + (p_3 \gamma) \cdot p_4 \left(\frac{37.5}{T + 273.15} \right) \cdot (p_5 u_2)(p_6 e_s - p_7 e_a)}{(p_1 \Delta) + (p_3 \gamma) [1 + 0.34(p_5 u_2)]} \quad (4)$$

2.2.4. Modelo dinámico

La primera parte de este proyecto [1], demostró que las condiciones meteorológicas son relevantes e influyentes en las predicciones de evaporación. Por esta razón, se incorporaron factores de ajuste dinámicos con información meteorológica disponible en el Explorador Solar. En otras palabras, los parámetros de ajuste asociados a los efectos radiativos se consideran como una función lineal de la temperatura, pues son dos parámetros con alta correlación (temperatura y radiación global horizontal, GHI). De igual manera, el factor de ajuste de la componente aerodinámica se considera como una función lineal de la velocidad del viento. De esta forma,

$$E = \frac{a_{dyn} \cdot (0.408 \cdot \Delta \cdot R_n) + b_{dyn} \cdot \left(\gamma \frac{37.5}{T + 273.15} u_2 (e_s - e_a) \right)}{c \cdot (\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2))} \quad (5)$$

donde

$$a_{dyn} = a_0 + a_1 \cdot T \quad (6)$$

$$b_{dyn} = b_0 + b_1 \cdot u_2 \quad (7)$$

2.2.5. Modelo dinámico con efectos de humedad relativa (dinámico_rh)

Finalmente, se propone una modificación al modelo anterior considerando tanto los efectos de humedad relativa en los términos radiativos y aerodinámicos, al igual que en el denominador, encargado de regular dichos efectos. Esto es,

$$E = \frac{a_{dyn} \cdot (0.408 \Delta R_n) + b_{dyn} \cdot \left(\gamma \frac{37.5}{T + 273.15} u_2 (e_s - e_a) \right)}{c \cdot (\Delta + \gamma \cdot (1 + d_{dyn} \cdot u_2))} \quad (8)$$

donde

$$a_{dyn} = a_0 + a_1 T + a_2 (1 - RH) \quad (9)$$

$$b_{dyn} = b_0 + b_1 u_2 + b_2 (1 - RH) + b_3 u_2 (1 - RH) \quad (10)$$

$$d_{dyn} = d_0 + d_1 (1 - RH) \quad (11)$$

2.3. Optimización de parámetros

Una vez filtrados los datos, se procede a calibrar el modelo. La calibración sigue un proceso de optimización para encontrar el set de parámetros que minimice la diferencia entre las predicciones del modelo SOLEVAPP (E_{pred}) y el promedio de las mediciones experimentales de evaporación diaria (E_{obs}) para cada periodo de tiempo seleccionado (semanal, mensual, bimensual, trimestral, cuatrimestral, semestral o anual).

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (E_{pred,i} - E_{obs,i})^2 \quad (12)$$

donde la función objetivo es:

$$\theta_{opt} = \arg \min_{\theta} (MSE) \quad (13)$$

El algoritmo de ajuste funciona según muestra la figura, considerando todos los pasos y ecuaciones ya presentados:

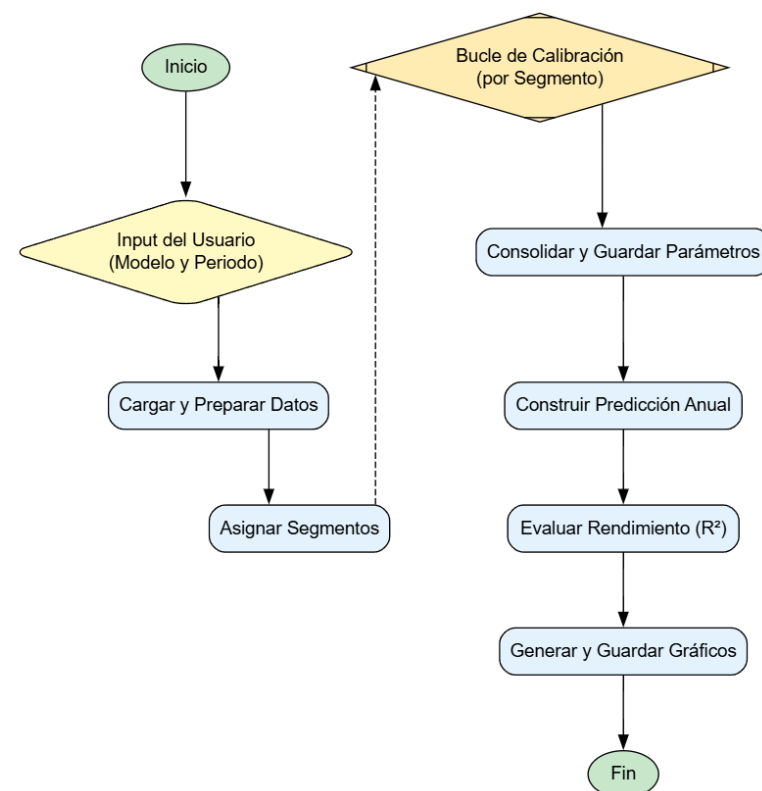


Figura 2: Algoritmo de ajuste propuesto.

3. Resultados

En primer lugar, la Fig. 3 presenta una comparación entre todos los modelos utilizados en función del R^2 anual. Aquí, se observa que el uso modelo cuyos parámetros varían con la humedad relativa, a escala semanal, permite el mejor ajuste a los datos experimental, con un R^2 del 76.15 %.

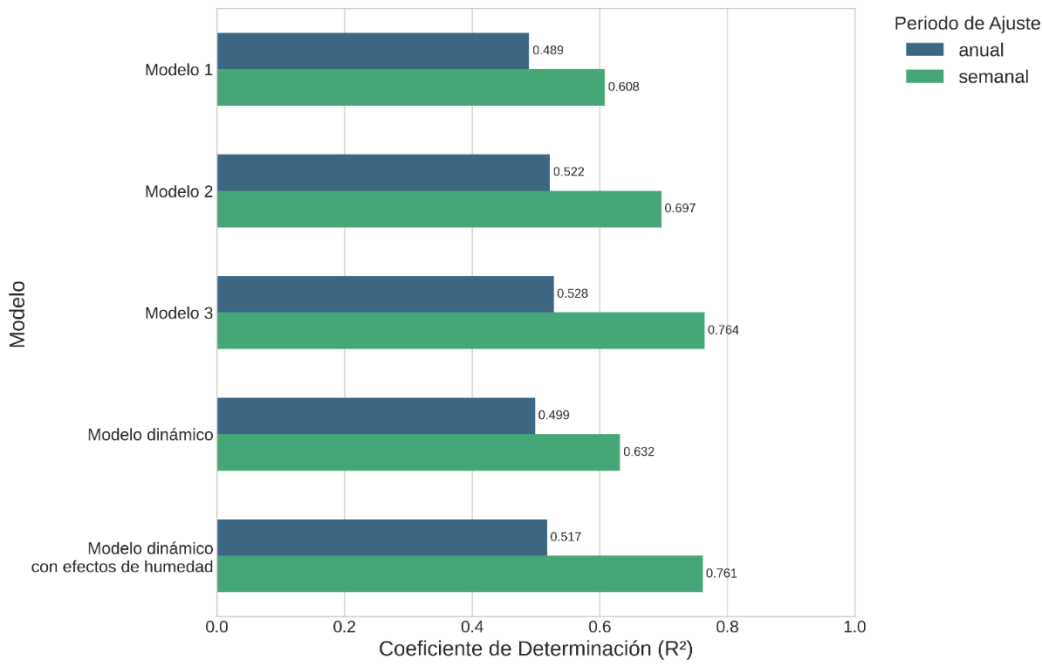


Figura 3: Comparación del ajuste de los distintos modelos a los resultados experimentales según R^2 .

De igual forma, la Fig. 4 muestra que la eficiencia Kling-Gupta es la mayor para el modelo dinámico con efectos de humedad relativa, alcanzando un valor de 0.843.

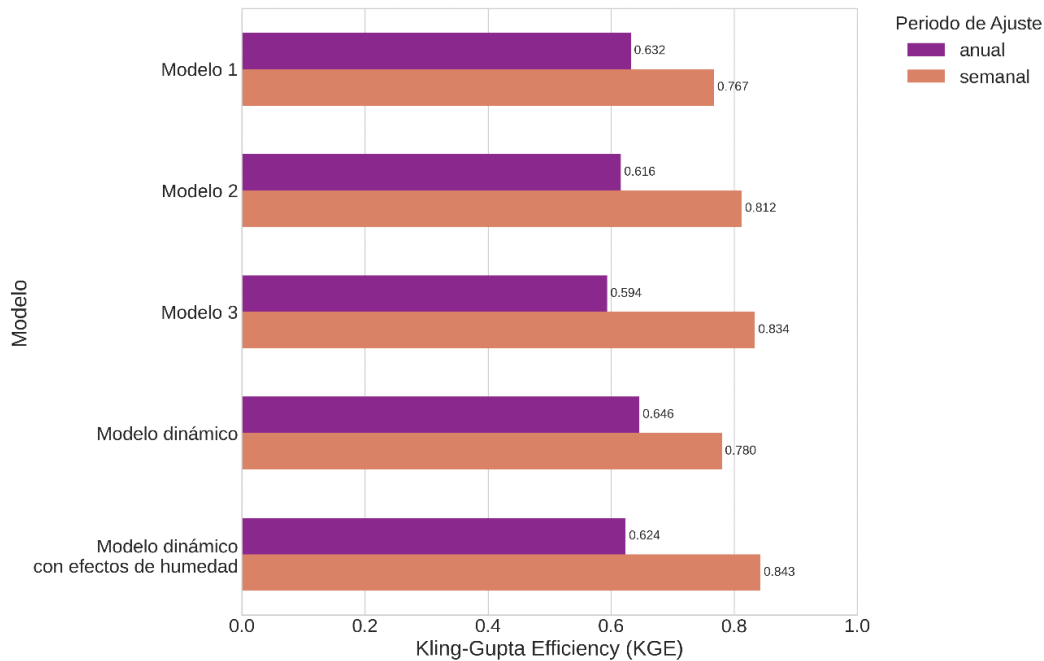


Figura 4: Comparación del ajuste de los distintos modelos a los resultados experimentales según KGE.

Para profundizar en las ventajas presentadas por el modelo dinámico dependiente de la humedad relativa, a continuación, se presenta una comparación con el modelo 1 a escala anual, utilizando un filtro a nivel mensual de *outliers* en ambos casos. De acuerdo con la Fig. 3, el modelo 1 ofrece el ajuste con un menor número de factores de corrección, alcanzando un R^2 del 48.95%. Este bajo valor de R^2 se debe a que el

modelo debe encontrar un único parámetro para ajustar todo el data set experimental (i.e., promedio diario de Quinta Normal y Puerto Montt).

La Fig. 5 muestra el gráfico de dispersión previo y post ajuste para los modelos en comparación. En el caso del modelo dinámico en función de la humedad relativa (Fig. 5c), cabe destacar que el ajuste semanal de parámetros se traduce en 53 modelos que buscan estimar el comportamiento anual de los datos experimentales, lo que provoca un mayor grado de precisión (ver ANEXO).

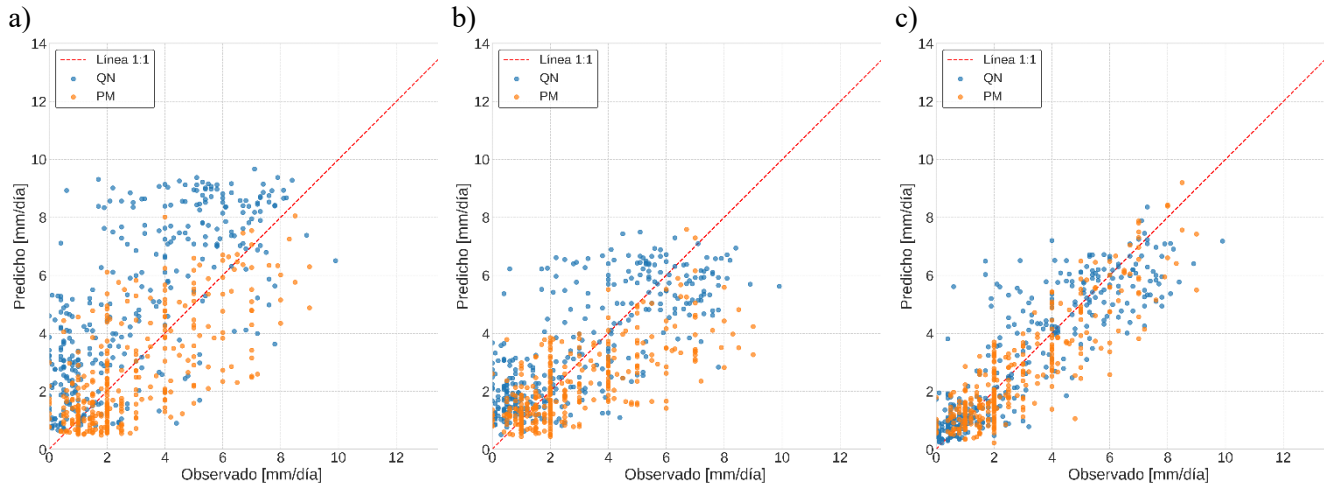


Figura 5: Gráfico de dispersión a) antes de la calibración, y después de la calibración para b) el modelo 1 y c) el modelo dinámico dependiente de la humedad relativa (QN: Quinta Normal, PM: Puerto Montt).

Por último, la Fig. 6 muestra la serie de tiempo de los datos originales filtrados comparada con los resultados del Explorador Solar (Fig. 6a) y comparada con los modelos 1 y dinámico con efecto de humedad relativa a escala anual y semanal (Fig. 6b). La figura deja en evidencia la mejora en el ajuste dinámico dependiente de la humedad relativa a lo largo de todas las semanas del año.

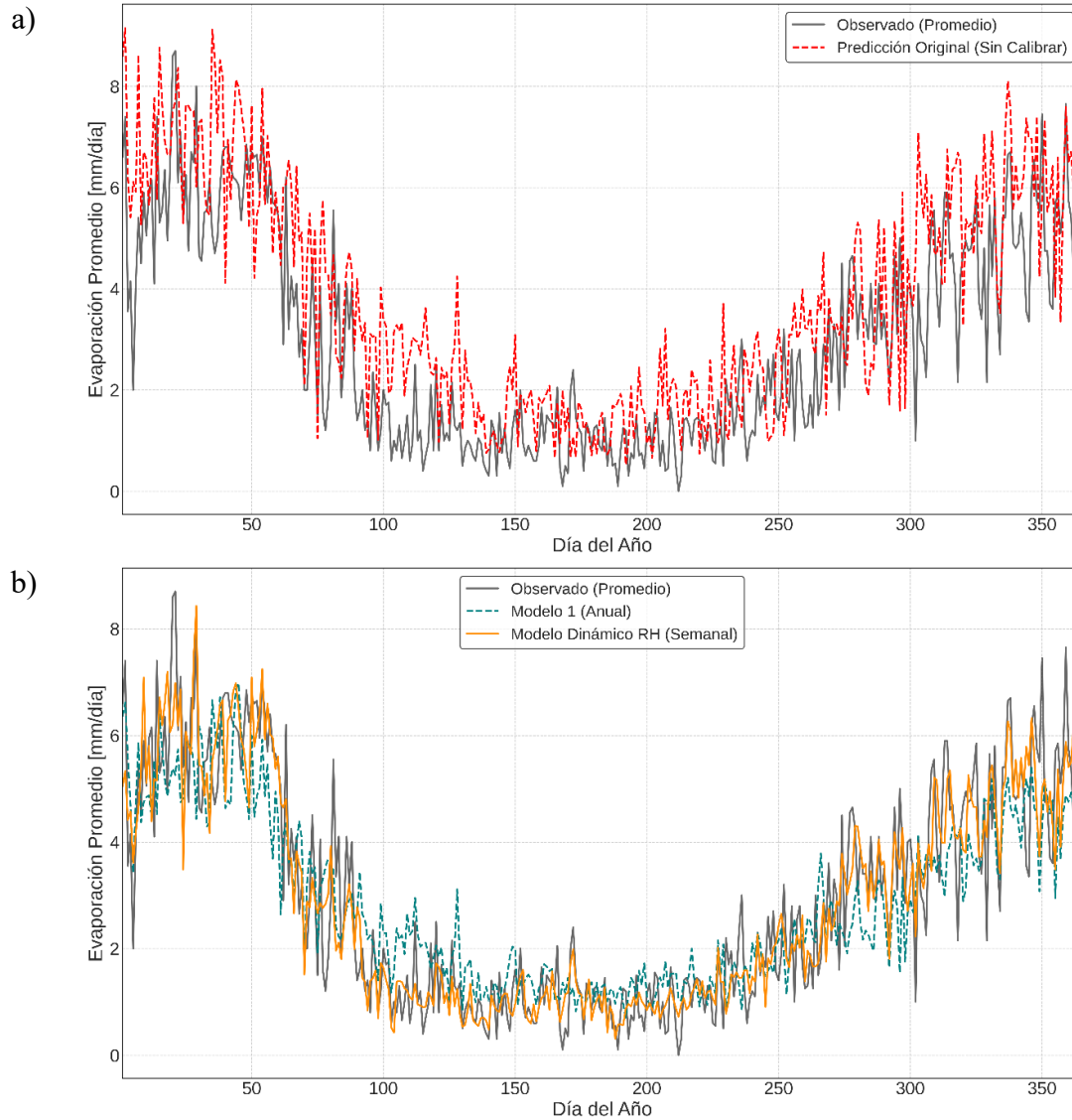


Figura 6: Comparación anual de la evaporación para a) el modelo de Penman-Monteith sin calibración y b) el modelo 1 con ajuste anual y el modelo dinámico en función de la humedad relativa con ajuste semanal (en gris los datos experimentales promediados, en gris el modelo sin calibrar, en verde el moldeo 1 y en naranja el modelo con efectos de humedad).

4. Conclusiones

Este entregable presenta una etapa exploratoria de calibración y validación del modelo de evaporación SOLEVAPP utilizando observaciones de evaporación de bandeja de la Dirección Meteorológica de Chile en Quinta Normal y Puerto Montt para el año 2014. Entre las formulaciones evaluadas, la variante dinámica con dependencia de humedad relativa presentó el mejor desempeño estadístico, alcanzando mejores valores de R^2 y KGE que las alternativas con factores de corrección constantes. Este resultado indica que permitir que los factores de ajuste varíen en función de las condiciones meteorológicas mejora la capacidad de la formulación basada en Penman-Monteith para reproducir la evaporación diaria observada.

El mejor desempeño de la variante dinámica con humedad relativa tiene una interpretación física clara. La humedad relativa está directamente vinculada con el déficit de presión de vapor ($e_s - e_a$), que controla la demanda atmosférica de evaporación. Cuando el contenido de humedad es bajo, el aire tiene mayor capacidad para absorber vapor de agua y la evaporación tiende a aumentar; cuando la humedad es alta, la evaporación se ve limitada. Al incorporar la humedad relativa junto con la temperatura y la velocidad del viento, la formulación dinámica representa de mejor manera la interacción entre energía disponible, transporte aerodinámico y demanda atmosférica de humedad. Esto explica que supere a los modelos basados únicamente en factores de corrección constantes.

No obstante, la calibración se basó únicamente en dos estaciones meteorológicas y en un solo año de observaciones. Además, las observaciones disponibles corresponden a evaporación de bandeja y no a mediciones directas bajo sistemas fotovoltaicos flotantes o instalaciones FSPS. Por lo tanto, este entregable valida la componente de estimación de evaporación contra observaciones disponibles de la DMC, pero no constituye una validación experimental en terreno de evaporación bajo sistemas fotovoltaicos flotantes instalados. Los resultados también son sensibles a la calidad de los datos de entrada, al procedimiento de filtrado de valores atípicos mediante IQR, a la escala temporal utilizada para la calibración y a la representatividad climática de las estaciones seleccionadas.

La incertidumbre asociada a estas limitaciones motivó el desarrollo posterior documentado en los Entregables 3 y 4. En consecuencia, la variante dinámica con humedad relativa no debe entenderse como la configuración operacional final de SOLEVAPP, debido a su alto costo computacional y fuerte sobreajuste, lo que limita la generalización de los resultados. Más bien, debe interpretarse como una evidencia diagnóstica que permitió identificar desviaciones sistemáticas del modelo físico y justificar la transición hacia SOLEVAPP 2.0. La arquitectura final combina el núcleo físico de Penman-Monteith, la representación de cobertura parcial de sistemas fotovoltaicos flotantes, la clasificación climática por clústeres y una corrección residual basada en datos observados de evaporación. En este sentido, el Entregable 2 entrega la base de calibración y diagnóstico, mientras que los Entregables 3 y 4 describen la metodología integrada y operacional.

Referencias

1. Rodrigo Cáceres González, Cristóbal Sarmiento-Laurel, Hernán Alcayaga, Andrés J. Díaz, Alonso Pizarro, Juan Crespo Fuentes, Alicia Moya Caro, Camila Vásquez Páez, Fabián Bustos Olavarria, Roberta Boscolo, Hamid Bastani (2025). Exploring climate-driven performance of floating photovoltaic systems: Energy production enhancement and evaporation reduction. *Applied Energy*, 386, 125556.

ANEXO: FACTORES DE CORRECCIÓN UTILIZADOS EN CADA MODELO REVISADO

MODELO 1

Periodo Ajuste	Periodo	a	b	c
anual	1	0.126	2.259	0.457
semanal	1	0.000	3.534	0.599
semanal	2	0.000	4.356	0.585
semanal	3	1.050	1.597	1.290
semanal	4	2.125	0.000	2.408
semanal	5	0.000	4.221	0.638
semanal	6	0.020	2.597	0.346
semanal	7	0.169	3.819	0.745
semanal	8	0.127	3.400	0.512
semanal	9	1.361	0.783	1.451
semanal	10	0.380	2.516	0.919
semanal	11	0.064	2.577	0.524
semanal	12	0.000	3.876	0.712
semanal	13	0.482	1.921	1.046
semanal	14	0.000	3.221	0.792
semanal	15	0.000	3.223	0.755
semanal	16	0.547	1.316	1.860
semanal	17	0.000	3.030	1.043
semanal	18	0.057	3.353	0.696
semanal	19	0.000	2.986	0.875
semanal	20	0.152	1.756	1.212
semanal	21	0.318	1.903	0.853
semanal	22	0.102	2.896	0.819
semanal	23	0.000	3.311	0.913
semanal	24	0.000	3.344	0.689
semanal	25	0.000	4.202	0.633
semanal	26	0.411	1.785	0.802
semanal	27	0.000	4.321	0.926
semanal	28	0.000	3.458	0.702
semanal	29	0.199	2.648	0.868
semanal	30	0.000	3.841	0.693
semanal	31	0.211	2.497	0.941
semanal	32	0.012	3.083	0.453
semanal	33	0.000	3.511	0.679
semanal	34	0.000	3.787	0.517
semanal	35	0.097	2.597	0.575
semanal	36	0.183	2.210	0.508
semanal	37	0.355	2.257	0.815
semanal	38	0.010	3.331	0.728

semanal	39	0.524	1.812	0.943
semanal	40	0.146	4.446	0.534
semanal	41	0.155	2.368	0.366
semanal	42	0.362	3.595	0.768
semanal	43	0.000	4.687	0.473
semanal	44	0.029	2.629	0.364
semanal	45	0.452	3.451	0.776
semanal	46	0.051	2.376	0.345
semanal	47	0.289	2.097	0.638
semanal	48	0.060	4.297	0.604
semanal	49	0.568	1.510	0.842
semanal	50	0.000	4.567	0.541
semanal	51	0.000	3.795	0.569
semanal	52	0.013	4.422	0.566
semanal	53	1.122	1.005	1.612

MODELO 2

Periodo Ajuste	Periodo	a	b	c	d
anual	1	0.294	2.331	0.354	0.000
semanal	1	0.037	4.448	0.843	0.000
semanal	2	0.076	3.892	0.000	0.012
semanal	3	0.272	2.813	0.000	0.000
semanal	4	0.551	0.000	0.000	0.000
semanal	5	0.181	2.451	0.000	0.000
semanal	6	0.110	4.186	0.000	0.000
semanal	7	0.417	1.140	0.000	0.000
semanal	8	0.101	6.508	0.092	6.498
semanal	9	0.867	0.999	0.001	1071.769
semanal	10	0.307	1.490	0.000	454.519
semanal	11	0.111	2.899	0.000	467.996
semanal	12	0.041	3.170	0.000	0.000
semanal	13	0.351	0.713	0.000	0.000
semanal	14	0.000	2.966	0.001	577.454
semanal	15	0.000	2.367	0.000	0.000
semanal	16	0.194	0.381	0.000	0.000
semanal	17	0.009	1.668	0.000	0.000
semanal	18	0.000	3.866	0.001	821.937
semanal	19	0.000	1.854	0.000	0.000
semanal	20	0.111	0.567	0.000	0.000
semanal	21	0.197	1.239	0.000	0.000
semanal	22	0.148	3.150	1.163	0.000
semanal	23	0.000	1.884	0.000	0.000
semanal	24	0.003	2.070	0.000	0.000
semanal	25	0.000	3189.123	1315.035	0.000
semanal	26	0.317	0.766	0.000	0.000
semanal	27	0.000	1535.115	981.574	0.000
semanal	28	0.036	2.063	0.161	0.000
semanal	29	0.000	5.294	0.001	1279.455
semanal	30	0.000	2.185	0.000	0.402
semanal	31	0.163	1.138	0.001	199.229
semanal	32	0.029	3.087	0.000	0.000
semanal	33	0.000	8.049	2.471	0.171
semanal	34	0.000	3.635	0.000	387.855
semanal	35	0.181	2.206	0.404	0.000
semanal	36	0.000	24.875	0.003	2094.335
semanal	37	0.000	13322.674	0.127	36493.693
semanal	38	0.000	4725.566	1819.061	0.288
semanal	39	0.000	94488.962	0.800	39666.100
semanal	40	0.280	2.836	0.000	0.000

semanal	41	0.114	23.836	0.004	1078.823
semanal	42	0.427	2.080	0.586	0.000
semanal	43	0.077	4.250	0.000	0.000
semanal	44	0.000	2036.335	903.180	0.000
semanal	45	0.303	9.726	0.002	1080.336
semanal	46	0.000	14.319	0.003	1027.257
semanal	47	0.327	1.597	0.158	0.000
semanal	48	0.000	9.703	0.001	1047.450
semanal	49	0.424	0.999	0.000	0.000
semanal	50	0.000	6.387	0.001	553.045
semanal	51	0.000	3.805	0.000	0.000
semanal	52	0.123	3.921	0.000	0.000
semanal	53	0.974	0.974	1.173	1.113

MODELO 3

Periodo Ajuste	Periodo	p ₁	p ₂	p ₃	p ₄	p ₅	p ₆	p ₇
anual	1	1.380	0.330	0.753	3.188	0.372	3.361	3.141
semanal	1	0.109	0.000	4.364	2.654	0.135	3.256	2.837
semanal	2	5.784	0.253	0.002	12.687	7.394	15.080	0.000
semanal	3	615.527	0.220	0.305	69.759	1413.217	0.024	0.000
semanal	4	0.010	0.001	0.001	0.249	52.766	2.613	0.000
semanal	5	526.223	0.000	1.263	36.262	1986.312	0.015	0.000
semanal	6	47.957	0.125	0.351	0.002	833.180	332.481	0.000
semanal	7	0.548	0.016	0.775	0.604	2.831	1.489	0.000
semanal	8	85.624	0.046	2.324	0.396	112.359	5.474	4.840
semanal	9	16.275	187.266	64.875	0.007	1954.381	29.576	0.000
semanal	10	90.276	0.297	0.002	49.042	32.709	47.274	49.142
semanal	11	392.314	0.000	1.427	65.270	1059.753	0.017	0.013
semanal	12	23.865	0.053	0.000	89.000	106.541	50.789	49.799
semanal	13	7.513	0.323	0.000	37.012	25.817	17.520	0.000
semanal	14	0.000	8.189	6.236	0.047	19.933	2.476	0.000
semanal	15	105.657	0.000	0.001	138.764	9.776	101.303	88.535
semanal	16	108.443	0.154	0.001	35.104	27.032	19.504	0.000
semanal	17	3.908	0.071	0.020	5.052	5.959	1.445	0.000
semanal	18	582.127	0.000	2863.259	66.120	1761.007	0.002	0.000
semanal	19	173.793	0.000	0.141	0.009	3274.279	25.562	0.000
semanal	20	812.086	0.000	4.023	56.719	953.641	0.002	0.000
semanal	21	1698.963	0.000	11.036	0.002	1918.878	61.186	0.000
semanal	22	2.283	0.192	1.981	0.126	4.091	1.866	0.000
semanal	23	889.430	0.000	0.970	30.371	1466.036	0.008	0.000
semanal	24	492.854	0.000	0.881	1.565	1581.643	0.169	0.000
semanal	25	0.000	0.000	2.046	0.194	1.150	2.212	0.000
semanal	26	108.545	0.198	0.187	0.426	3338.977	0.324	0.000
semanal	27	0.000	0.000	119.426	114.792	0.000	56.984	55.534
semanal	28	781.136	0.056	0.703	52.572	1378.546	0.005	0.000
semanal	29	3007.395	0.000	33.921	30.233	1110.138	0.004	0.000
semanal	30	275.821	0.000	0.864	0.001	1074.524	250.621	0.000
semanal	31	99.817	0.097	0.681	21.255	506.443	0.021	0.017
semanal	32	0.014	6.147	1.214	0.151	10.104	1.037	0.000
semanal	33	0.000	0.000	2.871	0.197	5.181	1.008	0.000
semanal	34	507.090	0.000	3.522	0.001	1265.520	281.867	0.000
semanal	35	4.929	0.213	0.303	0.074	52.539	2.730	0.000
semanal	36	6172.329	0.000	22.503	0.087	2585.944	23.674	24.510
semanal	37	0.011	321.598	626.026	78.451	1060.351	0.006	0.004
semanal	38	332.104	0.000	3.225	0.008	426.014	35.283	0.317
semanal	39	0.000	303.677	1987.956	0.001	2562.776	188.091	0.000
semanal	40	3056.538	0.323	3.747	5.384	4250.401	0.073	0.000



semanal	41	2089.517	0.127	25.964	0.029	1744.196	44.994	42.913
semanal	42	7.829	0.499	6.046	25.533	0.001	21.973	0.000
semanal	43	1471.278	0.141	1.043	0.004	1003.135	334.329	0.000
semanal	44	0.000	37.243	83.416	46.473	0.001	55.380	55.823
semanal	45	160.100	1084.961	1930.877	0.030	10121.769	20.518	14.723
semanal	46	0.000	3.370	33.275	0.049	17.526	13.916	10.314
semanal	47	2.137	0.490	2.376	23.091	0.001	40.857	0.000
semanal	48	2206.446	0.000	4.567	0.016	1197.874	237.020	253.035
semanal	49	0.024	0.397	0.000	5.962	5.224	7.086	0.000
semanal	50	831.452	0.000	0.961	0.006	1586.215	520.836	465.058
semanal	51	853.659	0.000	1.935	0.007	2338.770	67.389	0.000
semanal	52	1553.886	0.338	1.010	74.280	1227.242	0.014	0.000
semanal	53	0.967	0.933	1.504	0.941	1.043	0.964	1.480

MODELO DINÁMICO

Periodo Ajuste	Periodo	c	a0	a1	b0	b1
anual	1	0.934	0.353	0.000	2.340	0.810
semanal	1	0.949	0.000	0.002	1.992	1.614
semanal	2	353.834	17.708	0.000	0.000	1298.275
semanal	3	3.340	1.646	0.000	0.000	7.728
semanal	4	2.821	2.489	0.000	0.000	0.000
semanal	5	0.652	0.000	0.000	3.604	0.382
semanal	6	1.456	0.371	0.000	1.794	5.176
semanal	7	3.220	1.937	0.000	0.000	4.258
semanal	8	0.562	0.139	0.000	3.731	0.000
semanal	9	5.643	5.421	0.000	0.000	1.204
semanal	10	1.117	0.537	0.000	1.623	0.454
semanal	11	0.961	0.219	0.000	2.333	1.250
semanal	12	705.294	69.666	0.000	47.914	2726.037
semanal	13	3.500	1.961	0.000	0.000	2.532
semanal	14	0.343	0.000	0.000	1.394	0.000
semanal	15	454.011	0.000	0.000	0.000	1737.206
semanal	16	5.625	1.627	0.000	0.000	3.900
semanal	17	674.595	0.015	0.000	86.903	2133.531
semanal	18	0.680	0.056	0.000	3.275	0.000
semanal	19	0.856	0.000	0.000	1.449	1.602
semanal	20	4.209	0.868	0.000	0.000	4.178
semanal	21	0.988	0.368	0.000	2.204	0.000
semanal	22	386.855	0.000	6.883	0.000	835.956
semanal	23	18.649	0.000	0.000	15.146	36.099
semanal	24	0.956	0.000	0.000	3.041	1.035
semanal	25	1.000	0.096	0.000	2.669	1.774
semanal	26	1.416	0.852	0.000	0.762	1.302
semanal	27	1.656	0.000	0.005	2.128	2.099
semanal	28	4.687	0.893	0.000	0.000	10.373
semanal	29	1.172	0.269	0.000	3.577	0.000
semanal	30	0.747	0.000	0.000	3.238	0.738
semanal	31	0.942	0.211	0.000	2.498	0.000
semanal	32	0.879	0.111	0.000	2.744	2.481
semanal	33	0.366	0.000	0.000	1.721	0.066
semanal	34	0.542	0.000	0.000	3.804	0.112
semanal	35	1.414	0.494	0.000	1.438	1.788
semanal	36	0.712	0.257	0.000	3.101	0.000
semanal	37	0.894	0.390	0.000	2.476	0.000
semanal	38	0.455	0.000	0.001	2.070	0.000
semanal	39	0.958	0.291	0.012	2.369	0.000
semanal	40	0.473	0.129	0.000	3.939	0.000



semanal	41	0.582	0.246	0.000	3.763	0.000
semanal	42	4.097	2.556	0.000	0.000	6.975
semanal	43	2.067	0.000	0.000	1.775	12.792
semanal	44	797.643	0.000	10.708	202.136	2035.580
semanal	45	0.429	0.250	0.000	1.907	0.000
semanal	46	0.441	0.000	0.004	2.824	0.000
semanal	47	4.246	2.014	0.000	0.000	7.506
semanal	48	0.541	0.000	0.002	3.939	0.000
semanal	49	2.727	1.973	0.000	0.000	2.098
semanal	50	0.483	0.000	0.000	4.076	0.000
semanal	51	0.597	0.000	0.000	2.529	0.792
semanal	52	14.687	0.285	0.000	115.150	0.000
semanal	53	1.989	0.992	0.015	0.992	0.010



MODELO DINÁMICO_RH

Periodo Ajuste	Periodo	c	a0	a1	b0	b1	a2	b2	b3	d0	d1
anual	1	0.188	0.0719	0	0.6144	0.0975	0	0	0	0	1.6465
semanal	1	4.1495	0	0	23.3277	14.0337	4.6763	0	0	0	12.7403
semanal	2	5.538	777.0848	0	1971.3147	28295.112	0	0	0	64.6961	14951.1328
semanal	3	21.3559	47.0205	0	0	250.6867	0	0	0	0	44.9991
semanal	4	122.3298	452.6318	0	0	1494.1343	0	0	0	0	80.1106
semanal	5	5.1215	20503.117	0	103735.808	228417.786	0	6843.8864	416.749	0	211041.996
semanal	6	0.8761	234.7006	0	0	6764.3387	0	0	0	0	17164.0417
semanal	7	11.8717	23236.0048	0	165390.079	1266562.8	0	0	0	0	247026.445
semanal	8	1.1033	0.0945	0	13.8	0.634	0	0	0	0	5.514
semanal	9	3.325	52.9315	0	0	947.3173	0.311	0	63.8034	53.9815	559.3156
semanal	10	3.323	1.4388	0	5.8595	0	0	0	0	0	0
semanal	11	0.6563	0	0	140.533	56.3865	0	0	0	0	580.8633
semanal	12	1.75	0.1542	0	1.722	5.0216	0	0	0	0.1482	0
semanal	13	83.1344	104.3563	0	0	1092.9453	0	0	0	0	78.9039
semanal	14	0.0628	34.196	0	1062.4602	3.4712	0	302.6965	446.0264	1935.6545	86068.8588
semanal	15	1280.3951	0	0	0	4173.4403	0	0	152.164	0	0
semanal	16	0.5012	1.1787	0	0	13.183	0	0	0	0.8456	322.571
semanal	17	50.7766	117.0734	0	3266.3555	13973.1197	0	0	0	2.9321	2073.0852
semanal	18	2264.7513	0	0	9478.289	0	0	0	23479.8354	1.0405	0
semanal	19	468.3879	0.1021	0	155.1362	2187.0047	0	0	146.3526	1.2807	0
semanal	20	9.5855	150.1415	4.032	5621.6432	10979.2322	0	0	0	14.4005	15363.1271
semanal	21	1.8369	46.4182	0	376502.07	0	0	177.7643	0	12.0164	1153033.84
semanal	22	2042.7572	40803.8843	9920.4958	369449.961	3345813.63	14.5886	0.0013	179038.846	4.569	14890.1457
semanal	23	54.7989	24290.1505	0	1224.499	2679854.78	0.0434	0.0084	0.6549	154.8421	446460.129
semanal	24	18.9979	0	7.3344	49624.5206	162730.689	0	10604.887	598.1428	7.143	47147.3737
semanal	25	0.9723	0	0	27972.0662	13768.3793	0	0	0	0	115480.049
semanal	26	6.4285	41.4528	0	97222.8249	48060.1694	27756.7021	3331.2019	0	0	126566.818
semanal	27	571.8547	0	2.1868	140.7525	2645.121	0	75.6713	512.1987	2.1941	0



— ENANDES —

semanal	28	3.9791	0.7563	0	0	24.2331	0	0	0	0.9737	7.5105
semanal	29	9.1719	0	0	791.3151	0	0	0	0	0	265.718
semanal	30	1.1378	0	0	4.5186	0	0	0	2.7059	0.0769	0
semanal	31	0.5135	0	0	4.441	0	0.4848	0	0	0.0119	18.2612
semanal	32	2.9942	0.0226	9.2219	16743.4553	7088.0903	0	1890.9499	0.0004	0.0794	26624.2669
semanal	33	1.0827	0	0	2378.7403	3051.7887	0	342.6372	0	2382.8781	1073.0156
semanal	34	0.0334	0	0	1023.2027	23.5304	0	0	0	0	77820.7082
semanal	35	45.0046	684.6159	25.1816	16380.1025	54404.6768	0	2862.9553	3614.7497	140.1561	5880.2448
semanal	36	1.0395	0	0	432.8182	0	0	34.7705	0	76.416	244.8657
semanal	37	1522.2625	147.842	0	56139.3057	0	11658.1551	0	0	0.2086	59.4825
semanal	38	0.9717	0	0	15.0676	2.804	0	0	0	0	27.6963
semanal	39	0.0313	0	0	2444.6542	192.6189	774.852	0	0.0019	36678.72	13693.0992
semanal	40	1.9654	15.6374	0	12485.5701	5598.1072	0	0	0	0	12853.8083
semanal	41	0.0363	0	0	4.045	0	0.0148	0	0	16.5083	33.6505
semanal	42	3.0163	1.3542	0	0	5.4646	6.2516	0	0	0	3.13
semanal	43	7.0397	24.4274	0	0	15882.6095	0	0	0	0	4048.872
semanal	44	0.679	0	0	0	19.7407	0	9.6075	15.3324	16.1335	0
semanal	45	0.4555	0	0	549941.332	0	44749.5851	0	0	103995.121	942992.989
semanal	46	0.8424	0	0.0001	54419.9263	19535.5558	0	0	0	7374.4389	79969.2388
semanal	47	39.2441	510.0533	57.2105	5847.0337	27698.7578	0	8832.5148	10.3133	0	3054.1538
semanal	48	29.6428	0	0	545.5095	0	0	33.7842	0	1.1157	6.5494
semanal	49	2.4105	3.581	0	0	30.4537	0	0	0	0	40.4439
semanal	50	1.9855	0	0	18.9577	0	0	0	0	0	1.8751
semanal	51	0.7583	1.98	0	42.0024	17.3094	0	0	0	0	160.0541
semanal	52	0.0572	15.473	0	0	320.2895	0	0	11.6101	127.19	16023.5366
semanal	53	1.5758	0.4943	0.02	0.692	0.0198	0.2966	0.2966	0.0198	0.4025	0.0909