

ANEXO HG-2
SUSTENTO HIDROLOGICO
Balance Hídrico

CONCEPTOS BÁSICOS

Este concepto de balance hidrológico está siempre relacionado con el ciclo hidrológico, en donde se tiene en cuenta la distribución y el movimiento del agua, bajo y sobre la superficie del suelo.

La cantidad de agua disponible depende del balance de humedad natural entre un período definido y está ligado con los diferentes factores principalmente precipitación, evapotranspiración potencial y capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Este proceso se realiza con la finalidad de establecer los déficits o excesos de agua natural. La precipitación se considera el elemento que proporciona la humedad del suelo que la vegetación necesita para su desarrollo vegetativo representado por la evapotranspiración potencial que mide la fuerza evaporante de la atmósfera; por lo que el agua que cae al suelo es consumido por las plantas, si hay exceso, varía la reserva de agua hasta el límite de su capacidad de almacenamiento (Capacidad de campo), por lo que si es mayor que cero (0), constituye un excedente de agua.

Este balance constituye un proceso global que gobierna el ciclo hidrológico y que en su concepción más simple está representado por la siguiente ecuación:

$$P - E - ETR - I \pm \Delta S = 0$$

P = Precipitación medio anual en mm

ETR= Evapotranspiración Real medio anual en mm

I = Infiltración medio anual en mm

ΔS = Variación del almacenamiento hídrico (a largo plazo ≥ 10 años, su valor es poco importante, es igual a cero)

E = Escurrimiento superficial medio anual en mm.

EVAPOTRANSPIRACION REAL

Para conocer la evapotranspiración real, primeramente hay que estimar la evapotranspiración potencial; la cual se ha calculado a través de dos métodos (FAO y Holdridge):

A. Método del Evaporímetro de Cubeta Según FAO

Propuesto por la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO) de las Naciones Unidas, en la publicación N°24 “ Las Necesidades de Agua de los Cultivos”. Este método permite evaluar los efectos integrados de la radiación, el viento, temperatura y humedad, en la evaporación de una superficie libre de agua; siendo su expresión la siguiente:

$$ETP = K_p \times E_{pan}$$

Donde :

ETP = Evapotranspiración Potencial medio anual en mm

Kp = Coeficiente de cubeta, en función del viento y humedad relativa.

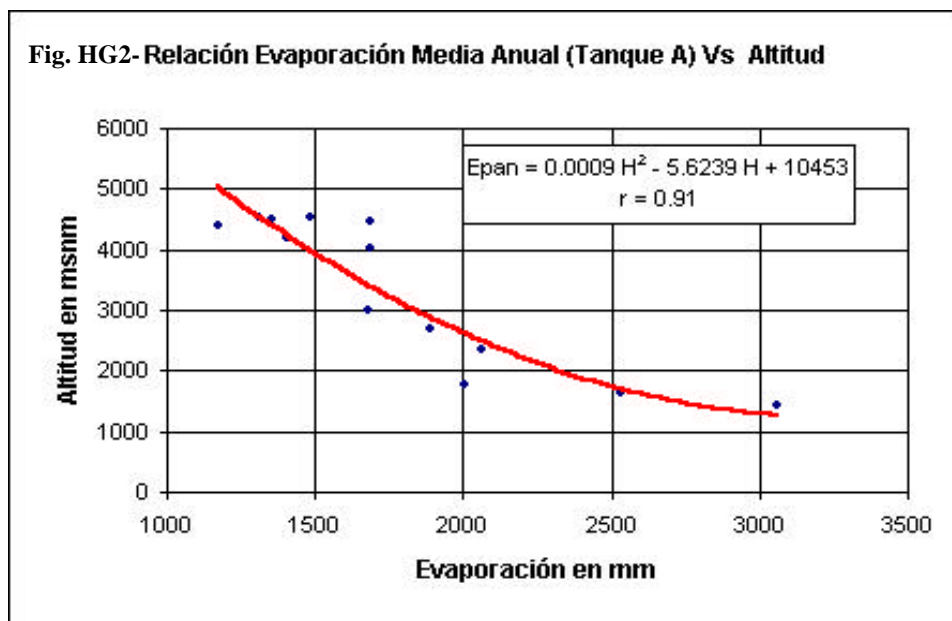
Epan = Evaporación media anual en mm

La Epan, se ha estimado teniendo en cuenta, el estudio de la ONERN 1984, tal como se presenta en el Cuadro HG2-1 y Fig. HG2-1

Cuadro HG2-1 Relación Evaporación en Tanque Clase A y Altitud

Estación	Evaporación (mm/año)	Altitud (msnm)
Pampa de Majes	3062.5	1438
Vítor	2535.1	1625
Caravelí	2002.2	1779
La Pampilla	2064.9	2350
Cotahuasi	1887.4	2683
Carumas	1680.1	2985
Represa El Frayle	1684.9	4015
Quebrada Honda	1402.5	4200
Imata	1174.7	4405
Suches	1684.1	4452
Tacalaya	1352.5	4500
Pane	1308.6	4524
Pasto Grande	1482.5	4550

Fuente: Inventario regional de Aguas Superficiales del Sur del Perú ONERN 1984



Fuente: Elaboración Propia

Golder Associates

Teniendo en cuenta la altitud de la zona de estudio de 2500 msnm y aplicando la ecuación de regresión lineal de tipo Polinomial de segundo grado se ha obtenido una evaporación media anual de 2018 mm. Ver Plano Microcuenca Campanayoc

El valor de K_p , se obtuvo de la referencia FAO 24. Este valor está en función de la velocidad del viento que para la zona es de 2.75 m/s y de la humedad relativa, correspondiéndole un valor medio anual de 48 % (estación La capilla) . Con estos valores se obtiene un $K_p = 0.60$

Entonces la evapotranspiración potencial :

$$ETP = 0.60 \times 2018 = 1210.8 \text{ mm/año}$$

La evapotranspiración real es igual a : $ETR = K_c \times ETP$, donde el K_c , es un factor de cultivo o de cobertura vegetal sobre la cuenca y su valor puede oscilar entre 0.65, para zonas desnudas, y 1.0 para zonas completamente cubiertas de vegetales. En este caso, la zona tiene una cobertura vegetal muy raleada y escasa, por lo que $K_c = 0.70$

La Evapotranspiración Real por el método del tanque tipo A es:

$$ETR = 0.70 \times 1210.8 = 847.6 \text{ mm/año.}$$

Por otro lado la zona de estudio tiene una temperatura media anual de 17.3 °C (Estación La Capilla); y de acuerdo al criterio de Holdridge, la ETP se calcula de la siguiente manera:

$$ETP = 58.93 \times \text{Temperatura media anual } ^\circ\text{C}$$

$$ETP = 58.93 \times 17.3 = 1019.5 \text{ mm/año}$$

B. Evapotranspiración Real Según Holdridge

Partiendo de:

$$ETR = 0.70 \times 1019.5 = 713.6 \text{ mm/año.}$$

Se calcula que el valor de la ETR es el promedio de los valores encontrados anteriormente:

$$ETR = 780.6 \text{ mm/año.}$$

PRECIPITACIÓN

En la zona de estudio no existe información de precipitación, la que se ha evaluado y estimado de acuerdo a la información circundante. Esta zona se ubica entre dos zonas de vida, la parte baja le corresponde a la zona de vida Desierto Montano Bajo Sub Tropical, representado por la estación La Capilla, la que tiene una precipitación media anual de 25.0 mm/año y la zona media y alta le

corresponde la zona de vida Matorral Desértico Montano Bajo Subtropical, representado por la estación Coalaque con 73.60 mm/año (Inventario Regional de Aguas Superficiales del Sur del Perú, 1984). Ver Plano Ecológico.

De acuerdo al Atlas Climático del Perú, (1965/1974), preparado por el SENAMHI, la zona de estudio se encuentra entre las isohietas medias anuales de 25 y 50 mm. Como podrá observarse, los valores representativos de precipitación están dentro de lo esperado, conforme sus características medio ambientales. Se ha adoptado para la zona de estudio una precipitación promedio anual de 50 mm/año.

Entonces:

$$P = 50.0 \text{ mm/año.}$$

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

El valor del escurrimiento superficial se ha estimado de acuerdo al Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales 1980 elaborado por la ONERN, estas dos zonas de vida tienen los mismos coeficientes teóricos de escurrimiento de 0.32, 0.39 y 0.36, correspondientes al mínimo, máximo y medio anual respectivamente. Así mismo estos coeficientes para su aplicación, tiene un factor de corrección regional de 0.69.

Entonces el escurrimiento promedio anual para la zona de estudio es:

$$E = 0.36 \times 0.69 \times 50 = 12.4 \text{ mm/año}$$

$$E = 12.4 \text{ mm/año}$$

INFILTRACION

La infiltración es quizás el elemento más incierto para determinar, sea por que se trata de una zona árida, por que llueve escasamente y prácticamente solo en los tres primeros meses del año. Este valor se ha estimado teniendo en cuenta que generalmente los valores de la infiltración representa un % de la precipitación, que podría oscilar entre 10% y el 15 %.

Se ha considerado que por lo menos el 12 % de la precipitación pluvial promedio anual se infiltra y que equivale a 6.0 mm . Este valor representa para el caso de la microcuenca Campanayoc 1.32 l/s, que se estaría infiltrando en el periodo de verano.

BALANCE HIDRICO

Con la aplicación de los valores de los elementos estimados anteriormente se ha obtenido el Balance Hidrológico, en donde la zona de estudio son tierras áridas que solamente reciben una pequeñísima parte del total de lluvias, contribuyendo a una menor pérdida por evapotranspiración; por lo que esta zona permanece más o menos inactiva en el balance hídrico; es decir que esta zona, para periodos largos no regula las vertientes, no conserva los suelos y no estabiliza las tasas de infiltración; siendo esta última reducida, por lo que la ecuación del balance queda como la siguiente expresión:

$$P = (E + ETR + I)$$

$$50.0 = 12.4 + 780.6 + 6.0$$

Como puede observarse, los valores estimados de los elementos del balance permiten concluir que hay un desequilibrio hídrico, existiendo un déficit de humedad promedio anual del orden de 749.0 mm.