



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA, DISPONIBILIDAD DE AGUA
Y USOS DE SUELO**

PRESENTADO POR

BACHILLER NELIDA RAMOS CARI

ASESOR:

ING. RENÉ HERADIO FLORES PAURO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

MOQUEGUA – PERÚ

2018

CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	
Página de jurado.....	i
Dedicatoria.....	ii
Contenido.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de apéndices.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Marco teórico.....	3
3.1.1. Generación de escorrentía.....	3
3.1.2. Disponibilidad de agua.....	14
3.1.3. Usos de suelo.....	32
3.2. Caso práctico.....	36
3.2.1. Cálculo de generación de escorrentía.....	36
3.2.2. Cálculo de balance hídrico.....	39
3.2.3. Diseño del sistema de riego por aspersión.....	51
3.3. Representación de resultados.....	58
3.3.1. Resultados.....	58

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	61
4.2 Recomendaciones	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
APÉNDICE.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coeficientes de escorrentía método racional.....	8
Tabla 2. Datos punta del hidrograma adimensional.....	13
Tabla 3. Población, oferta hídrica y número de cuencas según vertientes	16
Tabla 4. Caudal y volumen anual según cuencas	18
Tabla 5. Grupos de montañas en los Andes del Perú	20
Tabla 6. Usos del agua a escala nacional por la población y los principales sectores productivos	23
Tabla 7. Grupos hidrológicos del suelo	33
Tabla 8. Estimación de los números de las curvas de escorrentía.....	35
Tabla 9. Porcentaje de suelo y vegetación.....	36
Tabla 10. Precipitaciones diarias.....	38
Tabla 11. Lluvia neta diaria y coeficiente de escorrentía.....	39
Tabla 12. Descargas promedios mensuales del río Tumulaca (m ³ /s).....	40
Tabla 13. Descargas promedios mensuales del río Torata (m ³ /s).....	42
Tabla 14. Descargas promedios mensuales del río Huaracane (m ³ /s).....	44
Tabla 15. Descargas promedios mensuales netas del río Vizcachas - Estación Pasto Grande (m ³ /s).....	46
Tabla 16. Descargas promedio mensuales del río Chilota (m ³ /s).....	47
Tabla 17. Descargas mensuales del río Chincune (m ³ /s).....	49
Tabla 18. Fuentes de agua.....	50
Tabla 19. Usos de agua.....	51
Tabla 20. Lluvia neta diaria y coeficiente de escorrentía.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tipos de escorrentia.....	4
Figura 2. Hidrograma sintético triangular del SCS.....	10
Figura 3. Diagrama del hidrograma adimensional SCS.....	13
Figura 4. Disponibilidad de agua y vertientes: volumen de agua y población.....	17

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A1. Coeficiente de cultivo K_c	64

RESUMEN

La escorrentía es aquella parte de la precipitación que eventualmente se manifiesta como flujo en cauces así como ríos y esteros, los cuales pueden ser permanentes o intermitentes. Los métodos y procedimientos que se describen en el presente trabajo abarcan únicamente la determinación de caudales líquidos provenientes de precipitaciones pluviales. La escorrentía superficial es uno de los factores de mayor envergadura que ocasiona la erosión en la superficie, estos efectos se aprecian sobre todo en suelos poco permeables y en lugares donde se cuentan con poca vegetación.

Palabras clave: Escorrentía, agua, suelo.

ABSTRACT

Runoff is that part of the precipitation that eventually manifests itself as flow in channels as well as rivers and estuaries, which can be permanent or intermittent. The methods and procedures described in this paper only include the determination of liquid flows from rainfall. Surface runoff is one of the most important factors that causes erosion on the surface, these effects are seen especially in low permeable soils and in places where there is little vegetation.

Keywords: Runoff, wáter, soil.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es con fin de brindar conocimiento necesario de los métodos de solución utilizados en hidrología para determinar el escurrimiento superficial, escorrentía, cantidad de caudal y entre otros.

En el ciclo hidrológico, las precipitaciones y las propiedades del suelo son muy importante, ya que de ambos depende la cantidad de escorrentía que se genera.

La infiltración se da de acuerdo a las características del suelo, asimismo, es uno de los aspectos más importante que se debe tomar en cuenta cuando se desee calcular la escorrentía. Existen métodos de cálculo de escorrentía, sistemas de riego, disponibilidad y el uso de agua.

La distribución del agua en el Perú para la población y las actividades económicas se ha establecido en función a la demanda en las cuencas.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

Investigar la generación de escorrentía, disponibilidad de agua y de qué manera influyen las características de los suelos.

2.2.Objetivos específicos

Conocer los diferentes métodos de cálculo de escorrentía y los factores que afectan.

Conocer la importancia del recurso hídrico (agua), el uso óptimo y distribución.

Conocer la importancia de las características y la clasificación hidrológica de los suelos.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Marco teórico

3.1.1. Generación de escorrentía

3.1.1.1. Definición

La escorrentía se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada la lluvia.

La erosión hídrica del suelo es un proceso producido por la escorrentía que ocasiona el empobrecimiento de los mismos y grandes pérdidas económicas. La escorrentía superficial es uno de los factores de mayor envergadura que ocasiona la erosión en la superficie, estos efectos se aprecian sobre todo en suelos poco permeables y en lugares donde se cuenta con poca vegetación.

3.1.1.2. Tipos de escorrentía

En la figura 1 se puede apreciar los tipos de escorrentía.

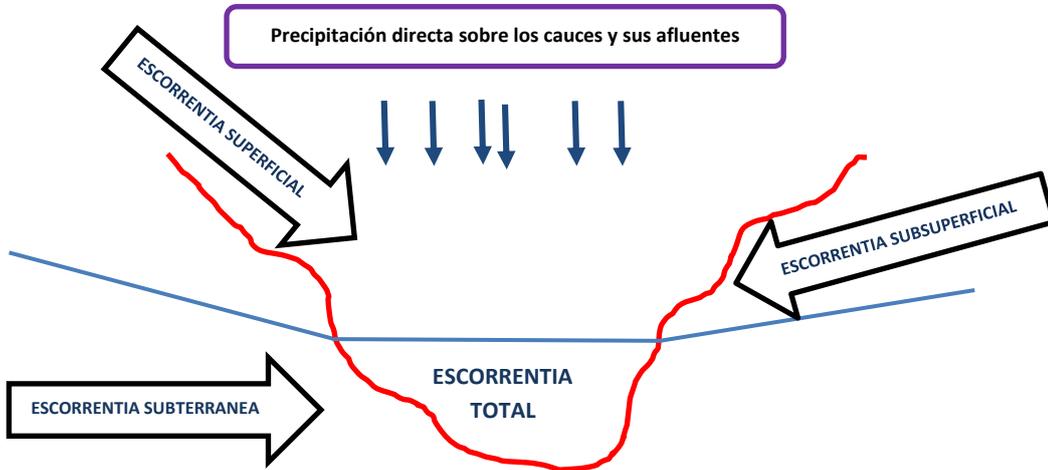


Figura 1. Tipos de escorrentía

a. Escorrentía superficial o directa

La escorrentía superficial o directa es la precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad. Corresponde a la precipitación que no queda tampoco detenida en las depresiones del suelo, y que escapa a los fenómenos de evapotranspiración.

b. Escorrentía hipodérmica o subsuperficial

Es el agua de precipitación que habiéndose infiltrado en el suelo, se mueve subhorizontalmente por los horizontes superiores para reaparecer súbitamente al aire libre como manantial e incorporarse a microsurcos superficiales que la conducirán a la red de drenaje.

c. Escorrentía subterránea

Es la precipitación que se infiltra hasta el nivel freático, desde donde circula hasta alcanzar la red de drenaje. La escorrentía superficial es la más rápida de todas y la escorrentía subterránea la más lenta (del orden del m/h).

3.1.1.3. El ciclo de la escorrentía

En el ciclo de la escorrentía se tiene 4 fases que a continuación se detalla:

a. Primera fase

Período sin precipitaciones. Después de un período sin precipitaciones la evapotranspiración tiende a agotar la humedad existente en las capas superficiales y a extraer agua de la franja capilar. Las aguas subterráneas alimentan a las corrientes superficiales descendiendo progresivamente su nivel piezométrico.

b. Segunda fase

Iniciación de la Precipitación. La evapotranspiración cesa. Las aguas meteóricas son interceptadas por la vegetación, las superficies de agua libre, los cursos de agua y el suelo. En éste se infiltra una cantidad importante de agua que abastece su capacidad de almacenamiento; el excedente se mueve superficialmente en forma de escorrentía directa que alimenta débilmente los cursos de agua.

c. Tercera fase

Precipitación máxima. Después de una cierta duración de la precipitación, la cubierta vegetal apenas intercepta agua y prácticamente la totalidad de la precipitación alcanza el suelo. Las capas superficiales del suelo están saturadas.

d. Cuarta fase

Posterior a la precipitación. La lluvia cesa. La escorrentía superficial desaparece rápidamente. El suelo y subsuelo están saturados. Continúa la infiltración de agua

que está estancada en depresiones superficiales alimentando a la humedad del suelo, a la escorrentía hipodérmica y a las aguas subterráneas.

3.1.1.4. Factores que afectan la generación de escorrentía

a. Factores climáticos

Los factores climáticos que afectan son: precipitación, evaporación y transpiración.

b. Factores fisiográficos

Los factores fisiográficos que afectan son: geométricos cuenca, físicos cuenca y cauces.

3.1.1.5. Factores que condicionan la escorrentía

La escorrentía está influida por cuatro grupos de factores que a continuación se detalla:

a. Los factores meteorológicos

Las más fundamentales son las precipitaciones y la temperatura. La duración, intensidad, frecuencia, tipo y extensión de las precipitaciones tienen un papel muy importante. La temperatura es representativa de las pérdidas de evaporación.

b. Los factores geográficos

Son la localización geográfica de la cuenca y su morfología. La localización geográfica comprende la latitud, longitud y altitud. La morfología comprende las pendientes de la cuenca, la importancia de las superficies de agua libre, el perfil de los cursos de agua.

c. Los factores hidrogeológicos

Comprenden fundamentalmente la permeabilidad de los terrenos y la profundidad de las capas freáticas.

d. Los factores biológicos

Comprenden fundamentalmente la cubierta vegetal y la acción humana.

3.1.1.6. Métodos para el cálculo de escorrentías

a. Método racional

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente *c* (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, $A < 10$ kilómetro cuadrado (km^2). Considerar que la duración de *P* es igual a *t_c* (MTC, 2008, pág. 49). La descarga máxima de diseño según este método, se calcula mediante la ecuación 1.

$$Q = 0,278 * C * I * A \dots\dots\dots(\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C : Coeficiente de escorrentía (ver tabla N° 01)

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (km^2)

Mediante la ecuación 2 se calcula el coeficiente total de escorrentía.

$$C_t = \frac{\sum A * C}{\sum A} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 2})$$

Donde:

C_t : Coeficiente total de escorrentía

C : Coeficiente de escorrentía

A : Superficie de la cuenca (km²)

En la tabla 1 se tiene los coeficientes de escorrentía para el método racional, los cuales varían según las características hidrológicas y geomorfológicas.

Tabla 1

Coefficientes de escorrentía método racional

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada >50%	Alta >20%	Media >5%	Suave >1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
	Semipermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Permeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
Cultivos	Impermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Semipermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
Pastos	Permeable	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
	Impermeable	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
vegetación ligera	Semipermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Permeable	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
Hierva, grama	Impermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Semipermeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
Bosques, densa vegetación	Permeable	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
	Impermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Semipermeable	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
	Permeable	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

Nota: Los coeficientes de escorrentía variarán según las características hidrológicas y geomorfológicas.

Fuente: MTC, 2008

b. Método de hidrograma unitario

Se define como el hidrograma de escorrentía directa resultante de 1 pulgada de exceso de lluvia generado uniformemente sobre el área de drenaje a una tasa constante a lo largo de una duración efectiva (Chow, 1994, pág. 220).

El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica. El mejor hidrograma unitario es aquel que se obtiene a partir de: una tormenta de intensidad razonablemente uniforme; una duración deseada; un volumen de escorrentía cercano o mayor a 1 cm (ó 1 pulg.)

El proceso de obtención de hidrogramas unitarios a partir de registros naturales de caudales es el siguiente:

- Separar el flujo base de la escorrentía directa.
- Determinar el volumen de escorrentía directa.
- Las ordenadas del hidrograma de escorrentía directa se dividen por la profundidad de escorrentía observada.
- Las ordenadas ajustadas forman el hidrograma unitario. (MTC, 2008, pág. 54)

c. Método de hidrograma sintético

Los hidrogramas sintéticos se obtienen usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca. Su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar (MTC, 2008, pág. 55). Asimismo, para el análisis de este método se tiene que separar el caudal directo de la caudal base.

d. Hidrograma sintético triangular del SCS

El hidrograma sintético triangular esta esquematizado por una figura en forma de triángulo, donde el tiempo está dado en horas y el caudal en $m^3/s.cm$, tal como se aprecia en la figura 2.

D : Duración

P : Precipitación neta

Q : Caudal

q_p : Caudal de la punta

T_p : Tiempo de la punta

t_r : Tiempo de retraso

t : Tiempo

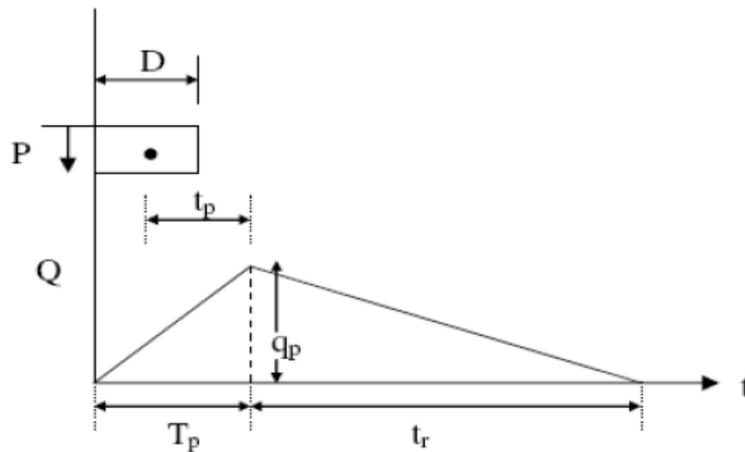


Figura 2. Hidrograma sintético triangular del SCS

Fuente: MTC, 2008

- El tiempo de concentración es el tiempo mínimo, el cual se necesita para que el caudal de salida pueda ser alimentado por los afluentes de la cuenca y se calcula mediante la ecuación 3.

$$t_c = 0,3 * \left(\frac{L^{0,76}}{S^{0,19}} \right) \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración (horas)

L : Longitud del cauce (km)

S : Pendiente (m/m)

- El tiempo de retraso se calcula mediante la ecuación 4.

$$t_r = 0,6 * t_c \dots\dots\dots \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

t_r :Tiempo de retraso (horas)

t_c : Tiempo de concentración (horas)

- El tiempo de la punta se calcula mediante la ecuación 5.

$$t_p = 0,5 * D + t_r \dots\dots\dots \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

t_p : Tiempo de la punta (horas)

t_r : Tiempo de retraso (horas)

D : Duración de la precipitación (horas)

- El tiempo base se calcula mediante la ecuación 6.

$$t_b = 2,67 * t_p \dots\dots\dots(\text{Ecuación 6})$$

Donde:

t_b : Tiempo base (horas)

t_p : Tiempo de la punta (horas)

- El caudal de la punta se calcula mediante la ecuación 7.

$$Q_p =$$

$$\frac{P * A}{1,8 * t_b} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 7})$$

Donde:

Q_p : Caudal de la punta (m^3/seg)

t_b : Tiempo base (horas)

P : Precipitación neta (mm)

A : Superficie de la cuenca (km^2)

e. Hidrograma adimensional del SCS

Este hidrograma se basa en hidrograma triangular, para la elaboración de este modelo se considera que $Q_p=1$ y $t_p=1$, ya que en ese punto se genera mayor caudal como se aprecia en la figura 3.

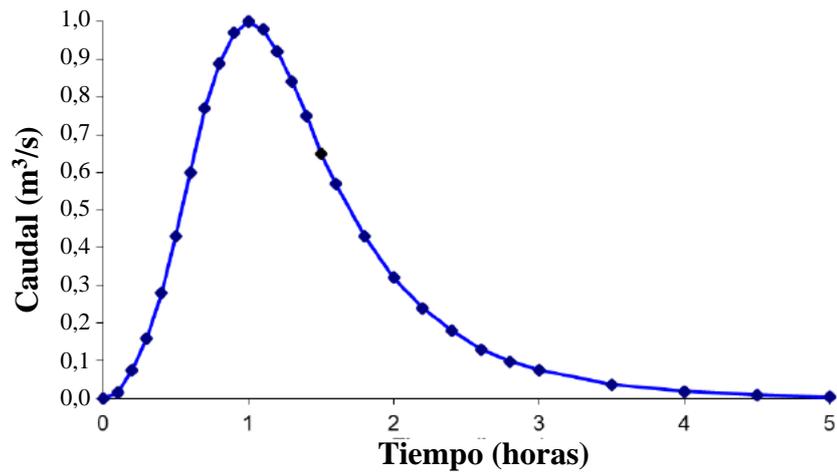


Figura 3. Diagrama del hidrograma adimensional SCS

Fuente: Chow, 1994

Una vez obtenidos los datos por el método del hidrograma triangular y las coordenadas del hidrograma adimensional se podrá obtener la gráfica del hidrograma adimensional, para ello se utilizará los datos punta de la tabla 2.

Tabla 2

Datos punta del hidrograma adimensional

t/tp	Q/Qp
0	0
0,1	0,015
0,2	0,075
0,3	0,16
0,4	0,28
0,5	0,43
0,6	0,6
0,7	0,77
0,8	0,89
0,9	0,97
1	1
1,1	0,98
1,2	0,92
1,3	0,84
1,4	0,75
1,5	0,65

Tabla 2

Datos punta del hidrograma adimensional (continuación)

t/tp	Q/Qp
1,6	0,57
1,8	0,43
2	0,32
2,2	0,24
2,4	0,18
2,6	0,13
2,8	0,098
3	0,075
3,5	0,036
4	0,018
4,5	0,009
5	0,004

Nota: El caudal está en función al tiempo trascurrido

Fuente: Chow, 1994

3.1.2. Disponibilidad de agua

El agua es muy esencial para la vida y con características únicas, el más abundante en la naturaleza. Es importante saber los temas de gestión de recursos hídricos, especialmente sobre los factores que condicionan el balance entre lo que es la disponibilidad y los usos del agua.

3.1.2.1. El agua en el Perú

El Perú ocupa sólo el 0,87 % de la superficie continental del planeta, sin embargo, contiene casi el 5 % del volumen de agua dulce superficial del mundo.

La distribución del agua en el Perú es el siguiente: De las 54 cuencas que tiene el Perú, 52 desaguan al Océano Pacífico. Las otras dos son la Cuenca Amazónica, que ocupa el 75 % del territorio peruano, que desagua al Océano

Atlántico a través del sistema fluvial más grande del mundo, y la cuenca endorreica del Lago Titicaca, contenida por los Andes.

El recorrido de las otras 52 cuencas costeras son cortas y abruptas, normalmente tormentosas, con flujo irregular, produciendo deslizamientos en verano y seguías en invierno, constituyendo la principal causa del estrés hídrico en esta región.

Si bien el Perú tiene cerca al 5 % del agua dulce superficial del mundo, solo cuenta con 0,4 % de la población del mundo. No obstante, incluso teniendo parte del Río Amazonas y del Lago Titicaca dentro de su territorio, Perú es el único país de Sudamérica listado entre los 13 países más pobres del mundo en términos de escases de agua y estrés hídrico a nivel nacional.

3.1.2.2. La oferta hídrica en el Perú

En la tabla 3, se observa que solo el 1,8 % del recurso hídrico disponible deberá abastecer más del 60 % de la población peruana asentada en la vertiente del Pacífico, de esta disponibilidad del recurso hídrico el 52 % se arroja al mar, mientras que del 48 % restante, solo se usa con eficiencia aproximadamente entre 25 % y 40 %. Una mala distribución y el uso ineficiente generan así uno de los más grandes retos al estado y a todos los peruanos. Cabe recalcar que el total del agua disponible en la vertiente del Pacífico, equivale a un rango de entre 7 % y 8 % son aguas subterráneas.

Los problemas en sí no tienen a ser su dotación, más bien se refiere a la distribución territorial, cabe indicar que también se cuenta con una deficiente gestión. En la tabla 3, se muestra Población, oferta hídrica y número de cuencas

según vertientes, el cual dicha información fue recopilada por INEI (Censo Nacional de Población y Vivienda) en el año 2007.

Tabla 3

Población, oferta hídrica y número de cuencas según vertientes

Vertiente	Agua (MMC)					%	Número de cuencas hidrográficas (MMC)
	Población 2017	Extensión	Superficial (MMC)	Subterránea (MMC)	Total (MMC)		
Perú	31 488 625,00	1 285 215,00	2 042 870,00	2 739,00	2 046 287,00	100,00	159,00
Pacífico	19 476 776,00	279 689,00	34 291,00	2 739,00	37 636,00	1,8	62,00
Atlántico	10 464 635,00	956 751,00	1 998 405,00	-	1 998 752,00	97,7	84,00
Titicaca	1 547 214,00	48 775,00	10 174,00	-	10 174,00	0,5	13,00

Nota: MMC: Millón de metros cúbicos

Fuente: ANA, 2015



Figura 4. Disponibilidad de agua y vertientes: volumen de agua y población

Fuente: ANA, 2015

Asimismo, algunas cuencas de la vertiente del Pacífico muestran valores altos en cuanto a caudal promedio anual, llegando algunos a un promedio descargas de 100 o más m^3/s ; mientras que, por ejemplo, la descarga en el departamento de Moquegua llega a apenas 1,8 m^3/s como se puede apreciar en la tabla 4.

Tabla 4*Caudal y volumen anual según cuencas*

Cuenca	Caudal medio (m³/s)	Volumen anual (MMC)	Cuenca	Caudal medio (m³/s)	Volumen anual (mme)
Zarumilla	4,7	148,2	Chancay	15,2	480,6
Tumbes	123,2	3 885,6	Chillón	7,2	228,0
Bocapán	2,0	62,1	Rímac	30,1	948,6
Quebrada Grande	1,0	30,9	Lurín	4,3	136,2
Quebrada Chira	13,3	419,4	Chilca	0,2	6,3
Quebrada Piura	1,4	42,9	Mala	16,0	504,3
Chira	99,3	3 130,3	Omas	0,8	25,2
Piura	37,2	1 173,1	Cañete	52,1	1 642,7
Cascajal	1,2	37,8	Quebrada	1,0	32,2
Olmos	0,7	22,1	San Juan	15,1	474,9
Motupe	3,4	107,2	Pisco	23,4	739,2
La Leche	5,2	163,4	Ica	5,7	180,7
Zaña	7,1	222,3	Acarí	12,7	400,8
Chamán	0,4	12,6	Yauca	9,7	306,5
Jequetepeque	31,8	1 001,6	Chala	0,2	6,3
Chicama	21,5	676,8	Chaparra	0,5	15,8
Moche	8,2	258,6	Choclón	1,0	31,9
Virú	3,6	112,3	Atico	0,1	3,2
Huamansaña	2,9	92,1	Caravelí	0,2	6,3
Santa	177,3	5 591,6	Ocoña	100,5	3 168,7
Lacramarca	0,1	3,2	Camaná	68,0	2 145,4
Nepeña	3,3	104,4	Chili	15,6	492,0
Casma	5,8	184,2	Tambo	35,3	1 113,5
Culebras	0,5	15,8	Moquegua	1,8	56,8
Huarmey	5,4	171,6	Locumba	2,7	83,6
Fortaleza	5,8	182,9	Sama	2,1	67,2
Pativilca	44,4	1 399,6	Caplina	1,5	47,9
Supe	2,4	76,3	Uchusuma	1,2	37,8
Huaura	27,4	864,7	Hospicio	0,6	19,6

Nota: MMC: Millones de metros cúbicos

Fuente: ANA, 2015

Algunas de las cuencas se hallan en calidad de estrés Hídrico, pero su estado podrá evolucionar con el pasar del tiempo hacia la escasez de agua. Claro ejemplo si se realiza una proyección del crecimiento poblacional al año 2025, aún bajo el

supuesto de que no se modifica el caudal actual de los ríos, la disponibilidad per cápita/año de la cuenca de Moquegua pasaría a la condición de escasez y mientras en otra como la de Ica su escasez pasaría a extremo.

3.1.2.3. *Los glaciares andinos*

La importancia económica, social y ambiental de los glaciares tropicales andinos para el Perú radica en que sus aguas de deshielo aportan recursos hídricos para satisfacer en muchas regiones del país la demanda poblacional y para producir gran parte de la electricidad generada en el territorio nacional (ANA, 2015, pág. 63).

El Perú cuenta con 3 004 glaciares (el 71 % de los glaciares tropicales andinos). Se distribuyen en 18 cordilleras organizadas en cuatro grupos que son las más elevadas (el Huascarán alcanza los 6 746 m.s.n.m.) y extensas del mundo en regiones del trópico (ANA, 2015, pág. 63).

Se estima que casi un tercio de la superficie glaciaria se encuentra en la Cordillera Blanca, que se ha reducido desde la década de 1970 hasta ahora de unos 700 km² a 525 km². En la tabla 5 se tiene los grupos de montañas en los andes del Perú.

Tabla 5

Grupos de montañas en los andes del Perú

Ubicación	Grupo de montañas
Norte	Cordilleras Blanca, Huayhuash y Huallanca (Ancash, Huanuco y Lima)
	Cordillera Rauna (Lima, Huánuco y Pasco)
	Cordilleras La Viuda, Central o Pariahuanca (Lima, Junin y Huancavelica)
Centro	Cordillera Huaytapallana (Junin)
	Cordillera Chota (Huancavelica)
Sureste	Cordilleras Vilcabamba, Urubamba, Vilcanota y la Raya (Cuzco y Puno)
	Cordilleras de Apolobamba y Carabaya (Puno)
	Cordillera Huanzo (Arequipa, Apurímac y Ayacucho)
Suroeste	Cordillera Ampato (Arequipa y Ayacucho)
	Cordilleras Volcanica y Shila (Arequipa)

Nota: Casi un tercio de la superficie glaciaria se encuentra en la cordillera Blanca

Fuente: ANA, 2015

3.1.2.4. Demanda hídrica

En lo que concierne a la demanda hídrica, se puede señalar que el Perú utiliza 18 972 MMC/año, lo que representa el 0,93 % de la disponibilidad total calculada en 2 040,400 MMC/año. El consumo de los diversos sectores es: agricultura 85,7 %, población 6,7 %, industrial 6,1 %, minero 1 % y pecuario 0,4 %. El consumo no consuntivo con fines energéticos es de 11 138 MMC.

a. Vertiente del Pacífico

Los ríos de la vertiente del Pacífico descargan 34 600 MMC al año de los cuales 16 501 MMC (48 %) se aprovechan en los usos siguientes:

- Municipal: 2 184 MMC al año (13 %), para abastecer a 16 000 000 de personas.

- Agricultura y pecuario: 14 228 MMC al año (86 %), para un área bajo riego de 919 605 ha. (DGAS - 2001)
- Minería: 152 MMC al año (1 %).
- La diferencia: 18 099 MMC (52 %) se descarga al Océano Pacífico.

El uso del agua para la agricultura en la región de la vertiente del Pacífico del Perú tiene las siguientes características:

- Los agricultores han adaptado los cultivos nativos maíz, algodón, pallar y otros a la oferta hídrica de los ríos.
- Una alta intensidad de uso de la tierra (para cultivos permanentes, dos o más cultivos temporales en el año).

El uso no consuntivo energético en la vertiente del Pacífico se estima en 4 245 MMC/año.

b. Vertiente del Atlántico

En la vertiente del Atlántico el volumen anual utilizado es de 2 367 MMC/año, lo que representa el 0,11 % de una oferta hídrica de 1 998 700 MMC. Su distribución es la siguiente:

- Municipal: 277 MMC al año (12%).
- Agricultura y pecuario: 2037 MMC al año (86%), para un área bajo riego de 205 482 ha. (DGAS - 2001)
- Minería: 53 MMC al año (2%).

La diferencia: 1 996 333 MMC/año (99,89 %), sigue su curso hacia Bolivia y Brasil. El uso no consuntivo energético en la vertiente del Atlántico se estima en 6 881 MMC/año.

c. Vertiente del Titicaca

En la vertiente del Titicaca el volumen utilizado es de 104 MMC/año, lo que representa el 1,5 % de una oferta hídrica de 7 000 MMC/año. Su distribución es la siguiente:

- Municipal: 21 MMC al año (20 %).
- Agricultura y pecuario: 81 MMC al año (78 %), para un área bajo riego de 9 365 ha. (DGAS - 2001).
- Minería: 2 MMC al año (2 %).

La diferencia: 6 896 MMC/año (98,5 %), sigue su curso hacia el lago Titicaca. El uso no consuntivo energético en la vertiente del Atlántico se estima en 12 MMC/año.

3.1.2.5. Actividades productivas y usos diversos del agua

El uso del agua en el Perú se da generalmente de manera ineficiente. La población usa el recurso tanto para el ámbito doméstico para satisfacer sus necesidades cotidianas y para las actividades económicas. Ambos usos mencionados son abastecidos por las cuencas que a su vez tienen como función importante alimentar los servicios ecosistemáticos incluyendo el suministro de alimentos y otros bienes (ANA, 2015, pág. 64).

Las actividades productivas localizadas en las cuencas y en las respectivas modalidades de uso consuntivo del agua son:

- Uso agrícola: La agricultura es la principal actividad productora de alimentos y consume más recursos hídricos.

- Uso minero: Los impactos específicos que genera la minería sobre el ambiente y sobre la disponibilidad y calidad del agua, particularmente en algunas cuencas con muy limitada oferta hídrica.

3.1.2.6. Usos consuntivos del agua en el Perú

La distribución del agua en el Perú para la población y las actividades económicas se ha establecido en función a la demanda en las cuencas, el cual se puede apreciar en la tabla 6.

Tabla 6

Usos del agua a escala nacional por la población y los principales sectores productivos

Vertiente	Poblacional		Agrícola		Industrial		Minero		Total	N° Consuntivo
	MMC	%	MMC	%	MMC	%	MMC	%	MMC	MMC
Perú	2 458,00	12,00	16 058,00	80,00	1 155,00	6,00	401,00	2,00	20 072,00	11 139,00
Pacífico	2 086,00	12,00	14 051,00	80,00	1 103,00	6,00	302,00	2,00	17 542,00	4 245,00
Atlántico	345,00	14,00	1 946,00	80,00	46,00	2,00	97,00	4,00	2 437,00	6 881,00
Titicaca	27,00	30,00	61,00	66,00	3,00	3,00	2,00	3,00	93,00	13,00

Nota: Mayor consumo de agua es en el sector agrícola

Fuente: ANA, 2015

A continuación se tiene el uso del agua por dos sectores productivos: agricultura y minería.

a. Uso agrícola del agua

La distribución del agua para el riego en el Perú favorece absolutamente a la región natural de la costa. Los valles costeros pertenecen a las cuencas de la vertiente del Pacífico, emplazadas en sentido transversal al litoral y con sus zonas altas ubicadas en la vertiente occidental de los Andes. En conjunto, cerca del 84 % del total de las tierras agrícolas costeras se encuentran bajo riego, localizándose la

mayor parte de éstas en la costa norte del país. Por su parte, la sierra posee la mitad de sus tierras agrícolas (50,6 %) bajo riego y la selva, apenas el 7,4 % (ANA, 2015, pág. 67).

b. Uso minero del agua

La minería absorbe el 2 % del consumo consuntivo total del agua en el país, pero sus actividades muchas veces se ubican en las zonas más secas o en cabeceras de cuenca donde se encuentran las nacientes de las aguas. Ello indica que su incidencia regional y local es mucho mayor que la reflejada a escala nacional (ANA, 2015, pág. 68).

Por sus propias características, la minería ejerce presión sobre dos recursos fundamentales y escasos en los territorios donde se localizan sus actividades:

- Sobre las tierras, ya que tiende a manejar grandes extensiones. Para ello realiza concesiones y en algunos casos compra directa de terrenos.
- Sobre los recursos hídricos, es muy necesario para realizar las operaciones extractivas, si bien es cierto el consumo es bajo pero el impacto generado es mayor.

3.1.2.7. Sistemas de riego

Un sistema de riego es un conjunto de estructuras, el cual tiene como función principal dotar de recurso hídrico sobre las zonas de cultivo, este conjunto de estructuras tiende a variar con el tipo de sistema que se vaya a utilizar. Con el pasar de los años los sistemas de riego han jugado un rol importante en el desarrollo del sector agrícola.

3.1.2.8. Tipos de sistema de riego

a. Riego por superficie

El agua se mueve por acción de la gravedad, no hace el uso de la energía extra debido a la pendiente del suelo.

b. Riego por aspersión

El agua se utiliza en forma de lluvia, se usa mayormente cuando se tiene que abastecer grandes extensiones de tierra, esto se realiza mediante el uso de aspersores. Este sistema tiene menor consumo de agua y se puede dosificar el agua con una buena precisión.

c. Riego por goteo

Riego por goteo se puede definir como riego localizado. Este sistema se caracteriza por optimizar el agua, es el más eficiente, ya que mantiene humedad constante en el suelo, consume pequeños caudales a baja presión. En este sistema el agua se transporta por medio de tuberías las cuales cuentan con agujeros y abastecen de recurso hídrico de manera directa hacia la raíz de los cultivos.

d. Riego subterráneo

Es un sistema de riego moderno, consiste en enterrar tuberías a una profundidad entre 5 y 50 cm, garantizándonos de esa manera menos pérdida del recurso hídrico, además su duración es mayor debido a que este sistema no está a la intemperie.

e. Riego Automático

En este sistema se cuenta con sistemas automáticos de control de riego, asimismo, aumenta la producción, mayor eficiencia de riego, ahorro de mano de obra, agua y energía y menor de costo de mantenimiento.

3.1.2.9. Diseño sistema de riego por aspersión

a. Diseño agronómico

- Mediante la ecuación 8 se calcula la evapotranspiración potencial.

$$ETP = MF * TMF * CH * CE \dots\dots\dots(Ecuación 8)$$

Donde:

ETP : Evapotranspiración potencial (mm/mes)

MF : Factor mensual de latitud

TMF : Temperatura media mensual (°F)

CH : Factor de corrección para la humedad relativa

CE : Factor de corrección para la altura

- Mediante la ecuación 9 se calcula el factor de corrección para humedad relativa.

$$CH = 0,166 * \sqrt{100 \% - HR} \dots\dots\dots(Ecuación 9)$$

Donde:

CH : Factor corrección para humedad relativa

HR : Humedad Relativa media relativa (%)

- Mediante la ecuación 10 se calcula el factor de corrección para altura.

$$CE = 1 + 0,04 * \left(\frac{E}{2000}\right) \dots\dots\dots(\text{Ecuación 10})$$

Donde:

CE : Factor corrección para altura

E : Altitud del lugar (msnm)

- Mediante la ecuación 11 se calcula la evapotranspiración actual.

$$ETA = K * ETP \dots\dots\dots(\text{Ecuación 11})$$

Donde:

ETA : Evapotranspiración actual (mm/mes)

K : Factor de relación agua-suelo-cultivo

ETP : Evapotranspiración potencial (mm/mes)

- Mediante la ecuación 12 se calcula el factor de relación agua-suelo-cultivo.

$$K = kc * kh * ks \dots\dots\dots(\text{Ecuación 12})$$

Donde:

K : Factor de relación agua-suelo-cultivo

kc : Factor de cultivo

kh : Factor de humedad

ks : Factor de suelo

- Mediante la ecuación 13 y 14 se calcula la precipitación efectiva.

Si, “ $P \geq 75$ mm/mes”:

$$PE = 0,8 * P - 25 \dots\dots\dots(\text{Ecuación 13})$$

Si, “P < 75 mm/mes”:

$$PE = 0,6 * P - 10 \dots\dots\dots(\text{Ecuación 14})$$

Donde:

P : Precipitación mensual (mm/mes)

PE : Precipitación efectiva (mm/mes)

- Mediante la ecuación 15 se calcula la demanda de agua de los cultivos.

$$DA = ETA - (PE + CA + N) \dots\dots\dots(\text{Ecuación 15})$$

Donde:

DA : Demanda de agua de los cultivos (mm/día)

ETA : Evapotranspiración actual (mm/mes)

PE : Precipitación efectiva (mm/mes)

CA :Diferencia entre la capacidad de almacenamiento de humedad (mm/mes)

N : Aporte del nivel freático (mm/mes)

- Mediante la ecuación 16 se calcula el caudal máximo necesario.

$$Qt = DA * A * n \dots\dots\dots(\text{Ecuación 16})$$

Donde:

Qt : Caudal máximo necesario (m³/día)

DA : Demanda de agua de los cultivos (mm/día)

A : Área a cultivar (hect)

n : Eficiencia de diseño

b. Diseño hidráulico

- Mediante la ecuación 17 se calcula el número de laterales por riego.

$$N = \frac{Sr}{L * S} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 17})$$

Donde:

N : Número de tuberías laterales

Sr : Superficie de riego (m²)

L : Longitud de tubería lateral (m)

S : Separación entre tuberías laterales

- Mediante la ecuación 18 se calcula el número de aspersores por lateral.

$$n = \frac{L}{Sa} + 1 \dots\dots\dots(\text{Ecuación 18})$$

Dónde:

n : Número de aspersores por lateral

L : Longitud de tubería lateral (m)

Sa : Separación entre aspersores (m)

- Mediante la ecuación 19 se calcula el caudal requerido.

$$Ql = Qa * N * n \dots\dots\dots(\text{Ecuación 19})$$

Dónde:

Ql : Caudal requerido por todas las tuberías laterales (l/s)

Qa : Caudal de cada emisor o aspersor (l/s)

N : Número de tuberías laterales

n : Número de aspersores por tubería lateral

- Mediante la ecuación 20 se calcula el tipo de riego.

$$Tr = \frac{Qr}{Qtl} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 20)}$$

Dónde:

Tr : Tiempo de riego (h)

Qr : Máximo caudal necesario (m³/día)

Qtl : Caudal requerido por todas las tuberías laterales (m³/h)

- Mediante la ecuación 21 se calcula el diámetro interno de la tubería.

$$Di = \left(\frac{3157 * Ql^{1,852} * L}{C^{1,852} * hf} \right)^{0,2053} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 21)}$$

Dónde:

Hf : Pérdidas de presión en la tubería principal (m.c.a.)

Ql : Caudal requerido por todas las tuberías laterales (l/h)

L : Longitud de la tubería Principal (m)

C : Constante (C=150 para tubería HDPE)

Di : Diámetro interno de la tubería principal (mm)

- Mediante la ecuación 22 se calculan las pérdidas de carga por fricción.

$$hf = \left(\frac{3157 * Q_{tl}^{1,852} * L}{C^{1,852} * D^{4,869}} \right) \dots \dots \dots \text{(Ecuación 22)}$$

Dónde:

Hf : Pérdidas de presión en la tubería principal (m.c.a.)

Qtl : Caudal requerido por todas las tuberías laterales (l/h)

L : Longitud de la tubería Principal (m)

C : Constante (C=150 para tubería HDPE)

Di : Diámetro interno de la tubería principal (mm)

- Mediante la ecuación 23 se calcula el coeficiente de salidas múltiples.

$$F = \frac{0,351}{2 * n} + \frac{0,154}{n^2} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 23)}$$

Dónde:

F : Factor de Christiansen

n : Número de salidas que tiene tubería lateral 10

- Mediante la ecuación 24 se calcula la pérdida de carga efectiva.

$$hfe = hf * F \dots \dots \dots \text{(Ecuación 24)}$$

Dónde:

hf : Pérdidas de presión en tubería lateral (m.c.a.)

hfe : Pérdida de presión efectiva (m.c.a.)

F : Factor de Christiansen

- Mediante la ecuación 25 se calcula la presión en el extremo lateral.

$$P_f = P_i - h_{fe} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 25)}$$

Dónde:

P_f : Presión final de la tubería lateral (m.c.a.)

P_i : Presión inicial de la tubería lateral (m.c.a.)

h_{fe} : Pérdida de presión efectiva (m.c.a.)

- Mediante la ecuación 26 se calcula la presión total.

$$P_t = P_a + 10 \% * L \dots \dots \dots \text{(Ecuación 26)}$$

Dónde:

P_t : Presión total (m.c.a.)

P_a : Presión del aspersor (m.c.a.)

L : Longitud de la tubería (m)

3.1.3. Usos de suelo

El uso de los suelos es de acuerdo a las características que son necesarias para realizar un estudio hidrológico de una cuenca.

3.1.3.1. Clasificación hidrológica de los suelos

El Servicio de Conservación de Suelos (SCS), clasificó hidrológicamente más de 4 suelos basándose en su potencial de escurrimiento, para ello los agrupó en 4 grupos de suelos hidrológicos, los cuales se detallan en la tabla 7.

Tabla 7

Grupos hidrológicos del suelo

Grupo hidrológico	Infiltración	Características	Textura
A	Rápida	Capacidad de infiltración > 76 mm/h	Arenas y grava excesivamente drenadas.
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76 - 38 mm/h	Texturas medias.
C	Lenta	Capacidad de infiltración 38 - 13 mm/h	Textura fina o suelo con una capa que impide el drenaje hacia abajo.
D	Muy lenta	Capacidad de infiltración <13 mm/h	Suelos de arcillas hinchadas o compactas o suelos poco profundos sobre capas impermeables.

Nota: La infiltración se da de acuerdo a las características y textura del suelo

Fuente: SCS, 1986

3.1.3.2. Método de número de curva de escurrimiento

En este método la profundidad de escurrimiento (precipitación efectiva) es una función de la precipitación total y de parámetros de abstracción referido al número de curva.

- La precipitación efectiva es menor o igual a la precipitación inicial, el cual se calcula mediante la ecuación 27.

$$Pe = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{P + 0,8 * S} \dots\dots\dots (Ecuación 27)$$

Donde:

Pe : Precipitación efectiva (mm)

P : Precipitación (mm)

S : Capacidad de retención potencial (mm)

- La máxima infiltración potencial es la diferencia entre la precipitación y la precipitación efectiva, el cual representa la pérdida de la escorrentía ocasionada por la infiltración, se calcula mediante la ecuación 28.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots \text{(Ecuación 28)}$$

Donde:

S : Máxima infiltración potencial

CN : Número de curva

- El número de curva es la capacidad de retención y se determina según la tabla 8. Para hallar la precipitación efectiva el valor formulado estará en función al uso del suelo. Este valor está en un rango de 100 a 0, donde 100 indica que el 100 % de la precipitación se convertirá en escorrentía directa, mientras el 0 indica que el 100 % de la precipitación se infiltra en el suelo.

Tabla 8*Estimación de los números de las curvas de escorrentía*

Uso de la tierra o cubierta	Tratamiento o práctica	Condiciones hidrológicas	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Barbecho	Hilera recta	Deficiente	77	86	91	94
	Hilera recta	Deficiente	72	81	88	91
	Hilera recta	Buena	67	78	85	89
Cultivos en línea	Por línea de nivel	Deficiente	70	79	81	88
	Por línea de nivel	Buena	65	75	82	86
	Terrazas a nivel	Deficiente	66	74	80	82
	Terrazas a nivel	Buena	62	71	78	81
	Hilera recta	Deficiente	65	76	84	88
	Hilera recta	Buena	63	75	83	87
	Granos pequeños	Por líneas de nivel	Deficiente	63	74	82
	Por líneas de nivel	Buena	61	73	81	85
	Terrazas a nivel	Deficiente	61	72	79	82
	Terrazas a nivel	Buena	59	70	78	81
	Hilera recta	Deficiente	66	77	85	89
	Hilera recta	Buena	58	72	81	85
Leguminosa muy densas o praderas en rotación	Por líneas de nivel	Deficiente	64	75	83	85
	Por líneas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Terrazas a nivel	Deficiente	63	73	80	83
	Terrazas a nivel	Buena	51	67	76	80
Pastos		Deficiente	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Por líneas de nivel	Deficiente	47	67	81	88
	Por líneas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Por líneas de nivel	Buena	6	35	70	79
	Praderas		Buena	30	58	71
Bosques		Deficiente	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Granjas			59	74	82	86
Carreteras sin afirmar			72	82	87	89
Carreteras afirmadas			74	84	90	92

Nota: El número de curvas está en función al uso de la tierra y los grupos hidrológicos

Fuente: SCS, 1986

3.2. Caso práctico

3.2.1. Calculo de generación de escorrentía

Calcular el coeficiente de escorrentía de la sub cuenca de Torata, el cual se ubica en el Distrito de Torata, Provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua.

3.2.1.1. Solución

La sub cuenca de Torata se caracteriza por tener dos tipos de suelos, el A y el B, la vegetación se compone de bosque natural normal y praderas con pendientes inferiores al 1 %, de tal forma que los porcentajes de superficie son los que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Porcentaje de suelo y vegetación

Descripción	Porcentaje
Suelo tipo A	20 %
Suelo tipo B	80 %
Bosque Natural Normal	40 %
Pradera con pendiente < 1 %	60 %

Nota: El % es de acuerdo a las características de la superficie

- El valor de N ponderado se calculará a partir de los valores de N que se indican a continuación:

Suelo tipo A

Bosque natural normal

N = 36

Pradera con pendiente < 1 %

$$N = 30$$

Suelo tipo B

Bosque natural normal

$$N = 60$$

Pradera con pendiente < 1 %

$$N = 58$$

- Cálculo del valor medio de N.

$$N = 0,2 * 0,4 * 36 + 0,2 * 0,6 * 60 + 0,8 * 0,4 * 30 + 0,8 * 0,6 * 58$$

$$N = 47,52$$

- Cálculo del umbral de escorrentía P_0 .

$$P_0 = \frac{508}{N} - 5,08 = \frac{508}{47,52} - 5,08 = 5,61 \text{ cm} = 56,10 \text{ mm}$$

- Cálculo de la lluvia neta total en un aguacero.

En el mes de febrero del 2018 se tuvo precipitaciones pluviales las cuales se detallan en la tabla 10.

Tabla 10

Precipitaciones diarias

Día	Precipitación (mm)
19/02/2018	30,00
20/02/2018	32,00
21/02/2018	26,50
22/02/2018	10,80
23/02/2018	29,30
24/02/2018	19,80

Nota: La precipitación mayor se dio el día 20 de febrero del 2018

- La cantidad total de lluvia caída será el valor acumulado:

$$P_{\text{acum}} = 30,0 + 32,00 + 26,50 + 10,80 + 29,30 + 19,80 = 148,40 \text{ mm}$$

Como $P_{\text{acum}} > P_0$, calculamos la lluvia neta.

$$P_n = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4 P_0} = \frac{(148,40 - 56,10)^2}{148,40 + 4 * 56,10} = 22,85 \text{ mm}$$

- Cálculo del coeficiente de escorrentía del aguacero.

$$C = \frac{P_n}{P} = \frac{22,85}{148,40} = 0,15 \text{ mm}$$

- Cálculo de la lluvia neta diaria y coeficiente de escorrentía a partir de la lluvia neta diaria, el cual se detalla en la tabla 11.

Tabla 11

Lluvia neta diaria y coeficiente de escorrentía

Día	Precipitación (mm)	Precipitación acumulada (mm)	Umbral de escorrentía	Lluvia neta (mm)	Coefficiente de escorrentía diario
19/02/2018	30,00	30,00	56,10	-	0
20/02/2018	32,00	62,00	56,10	0,12	0,002
21/02/2018	26,50	88,50	56,10	3,35	0,04
22/02/2018	10,80	99,30	56,10	5,77	0,06
23/02/2018	29,30	128,60	56,10	14,89	0,12
24/02/2018	19,80	148,40	56,10	22,85	0,15

Nota: La escorrentía depende de la lluvia o precipitación pluvial

3.2.2. Cálculo de balance hídrico

Calcular el balance hídrico actual ampliación irrigación asociación Laguna de Otorá.

3.2.2.1. Solución

Las descargas que se mencionan en las tablas son producto de las precipitaciones pluviales, los cuales generan escorrentía, las mismas que son flujos que forman los causes o ríos.

En la tabla 12 se tiene las descargas promedios mensuales del río Tumilaca.

Estación : Chivaya

Período : 1956 - 2014

Subcuenca : Tumilaca

Longitud Oeste : 70°50'

Latitud Sur : 17°07'

Tabla 12*Descargas promedios mensuales del río Tumilaca (m³/s)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm³)
1956	1,243	2,551	1,345	1,193	1,085	0,967	1,039	0,951	1,062	1,074	1,401	0,962	1,239	39,086
1957	0,861	1,431	2,166	1,029	1,068	1,018	0,952	0,855	0,830	0,921	0,821	1,175	1,094	34,498
1958	1,670	1,658	2,552	0,978	1,028	1,005	0,938	0,876	0,788	1,102	1,035	1,012	1,220	38,479
1959	0,644	3,004	1,918	1,264	1,311	1,154	1,138	1,079	0,942	0,817	0,795	0,761	1,236	38,965
1960	1,998	0,930	1,042	0,971	0,911	0,882	0,807	0,703	0,784	0,663	0,608	0,696	0,916	28,895
1961	11,708	8,861	2,789	1,672	1,149	14,028	0,936	0,825	0,760	0,739	0,689	0,754	3,743	118,023
1962	1,625	2,805	2,220	1,480	1,062	0,953	0,879	0,792	0,736	0,716	0,664	0,737	1,222	38,550
1963	1,333	6,556	3,414	1,652	1,140	1,020	0,930	0,821	0,757	0,737	0,687	0,753	1,650	52,034
1964	1,017	1,231	1,538	1,068	0,861	0,799	0,760	0,722	0,686	0,667	0,614	0,701	0,889	28,025
1965	0,995	1,517	1,230	0,969	0,809	0,734	0,710	0,691	0,664	0,646	0,594	0,686	0,854	26,924
1966	0,844	1,007	0,913	0,689	0,649	0,595	0,603	0,623	0,613	0,909	0,922	1,220	0,799	25,195
1967	1,205	3,291	5,276	6,277	1,545	1,431	1,435	1,345	0,784	0,883	0,998	0,991	2,122	66,912
1968	3,815	3,152	4,719	4,858	4,405	3,877	3,063	1,378	1,170	0,971	1,142	0,986	2,795	88,133
1969	0,984	2,206	2,537	2,568	1,373	1,222	1,085	0,906	0,816	0,794	0,453	0,798	1,312	41,370
1970	0,813	1,384	2,579	1,345	1,088	1,025	1,025	0,913	0,571	0,610	0,560	0,655	1,047	33,029
1971	0,844	2,545	1,678	0,867	0,596	0,450	0,453	0,601	0,587	0,526	0,536	0,583	0,856	26,979
1972	3,272	4,203	3,087	1,697	1,071	0,832	0,733	0,612	0,664	0,546	0,634	0,768	1,510	47,617
1973	2,940	4,771	3,926	1,415	1,265	1,031	0,945	0,945	0,805	0,746	0,589	0,682	1,672	52,718
1974	2,923	2,672	3,731	1,501	1,072	0,961	1,140	0,935	0,836	0,814	0,777	0,814	1,515	47,767
1975	1,125	2,674	1,315	0,649	0,870	0,940	0,821	0,759	0,713	0,694	0,641	0,720	0,993	31,328
1976	3,458	3,358	2,171	0,968	0,845	0,852	0,818	0,721	0,740	0,650	0,582	0,602	1,314	41,430
1977	1,104	2,325	4,179	1,083	0,809	0,714	0,795	0,743	0,701	0,679	0,549	0,488	1,181	37,236
1978	1,176	1,467	0,713	0,760	0,671	0,699	0,570	0,650	0,611	0,553	0,530	0,687	0,757	23,881
1979	0,682	0,536	1,404	0,657	0,581	0,589	0,550	0,590	0,554	0,532	0,446	0,563	0,640	20,194
1980	0,635	0,671	1,146	0,726	0,633	0,628	0,662	0,538	0,538	0,302	0,521	0,500	0,625	19,710
1981	0,781	2,619	1,530	1,227	0,855	0,754	0,694	0,671	0,650	0,564	0,499	0,614	0,955	30,112
1982	0,623	0,680	0,808	0,791	0,598	0,467	0,467	0,542	0,579	0,653	0,687	0,547	0,620	19,558
1983	0,450	0,508	0,496	0,513	0,573	0,564	0,579	0,552	0,458	0,420	0,376	0,528	0,501	15,813
1984	1,082	1,986	1,993	0,959	0,581	0,585	0,526	0,553	0,490	0,426	0,486	0,541	0,851	26,827
1985	0,539	2,504	1,198	0,970	0,649	0,337	0,484	0,501	0,435	0,445	0,405	0,637	0,759	23,925
1986	2,115	2,630	1,879	1,051	0,580	0,510	0,473	0,486	0,545	0,462	0,393	0,730	0,988	31,152
1987	2,620	1,765	0,688	0,471	0,406	0,437	0,490	0,425	0,358	0,359	0,354	0,369	0,729	22,974
1988	0,891	0,836	0,872	0,725	0,505	0,466	0,463	0,305	0,362	0,393	0,356	0,360	0,545	17,171
1989	0,746	1,698	0,917	0,915	0,860	0,699	0,598	0,583	0,543	0,481	0,416	0,413	0,739	23,308
1990	0,441	0,475	1,169	0,513	0,499	0,600	0,580	0,521	0,498	0,433	0,497	1,213	0,620	19,550
1991	1,966	1,978	2,524	1,726	1,057	0,721	0,650	0,572	0,614	0,475	0,474	0,427	1,099	34,648
1992	0,414	0,508	0,557	0,529	0,545	0,481	0,442	0,454	0,390	0,363	0,391	0,632	0,476	14,995
1993	1,765	0,399	1,366	0,583	0,417	0,399	0,400	0,438	0,358	0,317	0,295	0,343	0,590	18,606
1994	0,585	1,817	0,810	0,484	0,420	0,390	0,382	0,361	0,319	0,295	0,294	0,322	0,540	17,027

Tabla 12*Descargas promedios mensuales del río Tumilaca (m³/s) (continuación)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm ³)
1995	0,032	0,379	2,014	0,483	0,499	0,445	0,441	0,431	0,427	0,425	0,416	0,412	0,534	16,830
1996	0,583	1,422	0,887	0,683	0,514	0,431	0,434	0,417	0,383	3,963	0,371	0,423	0,876	27,623
1997	1,921	4,238	5,010	0,767	0,526	0,412	0,399	7,000	0,713	0,550	0,526	0,622	1,890	59,614
1998	8,011	4,772	0,953	0,683	0,672	0,684	0,645	0,645	0,598	0,555	0,596	0,677	1,624	51,222
1999	0,801	4,356	3,342	0,918	0,665	0,679	0,673	0,838	0,638	0,695	0,596	0,677	1,240	39,099
2000	0,487	7,518	7,674	0,577	0,371	0,305	0,286	0,201	0,120	0,150	0,231	0,386	1,526	48,108
2001	0,584	2,888	2,887	0,805	0,361	0,273	0,332	0,200	0,496	0,650	0,588	0,410	0,873	27,526
2002	0,340	0,456	1,020	0,435	0,245	0,292	0,283	0,019	0,011	0,177	0,071	0,046	0,283	8,922
2003	0,504	2,648	1,318	0,982	0,795	0,800	0,785	0,791	0,691	0,560	0,558	0,609	0,920	29,016
2004	1,330	1,474	1,135	0,925	0,777	0,779	0,687	0,618	0,747	0,559	0,499	0,692	0,852	26,863
2005	1,291	2,832	3,758	2,173	0,914	0,839	0,659	0,523	0,470	0,487	0,511	0,513	1,248	39,341
2006	1,178	1,815	3,002	1,204	1,002	0,925	0,823	0,777	0,762	0,705	0,712	0,787	1,141	35,983
2007	3,368	1,705	1,517	0,977	0,740	0,699	0,651	0,595	0,523	0,495	0,440	0,494	1,017	32,072
2008	3,368	1,705	1,517	0,977	0,740	0,699	0,651	0,595	0,523	0,495	0,440	0,494	1,017	32,072
2009	0,655	2,274	2,959	1,122	0,841	0,572	0,543	0,469	0,480	0,420	0,408	0,484	0,936	29,505
2010	0,716	2,257	1,169	0,792	0,679	0,621	0,655	0,622	0,598	0,544	0,532	0,513	0,808	25,486
2011	1,618	7,266	1,908	1,027	0,853	0,727	0,686	0,661	0,619	0,607	0,554	1,105	1,469	46,334
2012	2,821	6,653	2,901	1,855	1,071	0,847	0,783	0,694	0,610	0,585	0,565	1,140	1,710	53,940
2013	2,195	2,216	2,478	1,187	1,155	0,876	0,698	0,621	0,562	0,559	0,567	0,641	1,146	36,148
2014	1,640	0,559	0,557	1,179	0,860	0,995	0,726	0,763	0,608	0,648	0,567	0,657	0,813	25,647
PROM	1,650	2,485	2,108	1,179	0,860	0,995	0,726	0,763	0,608	0,648	0,567	0,657	1,104	34,813
DSTD	1,835	1,877	1,387	0,943	0,546	1,792	0,387	0,860	0,197	0,481	0,217	0,237	0,896	28,272
75%	0,669	1,403	1,141	0,726	0,581	0,537	0,508	0,531	0,497	0,469	0,440	0,497	0,666	21,015
95%	0,438	0,473	0,675	0,484	0,403	0,334	0,377	0,295	0,354	0,301	0,295	0,358	0,399	12,579

Nota: La tabla nos muestra el caudal promedio por año

Fuente: ALA, 2014

En la tabla 13 se tiene las descargas promedios mensuales del río Torata.

Estación : Ichupampa

Período : 1956 - 2014

Subcuenca : Torata

Longitud Oeste : 70°50'

Latitud Sur : 17°07'

Tabla 13

Descargas promedios mensuales del río Torata (m³/s)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (mmc)
1956	1,236	1,236	1,236	1,236	1,085	1,023	1,023	0,661	0,662	0,661	0,661	0,558	0,940	29,639
1957	0,830	0,959	1,280	1,322	1,322	1,322	1,322	1,322	1,205	0,995	0,995	0,866	1,145	36,109
1958	0,763	1,321	1,234	0,668	0,717	0,717	0,717	0,717	0,837	1,166	0,855	1,079	0,899	28,359
1959	0,683	1,007	1,189	0,700	0,542	0,785	0,659	0,611	0,600	0,562	0,523	0,454	0,693	21,852
1960	1,368	0,236	0,456	0,501	0,507	0,503	0,516	0,524	0,763	0,820	0,783	0,776	0,646	20,375
1961	3,797	3,902	1,922	1,383	0,912	0,814	0,797	0,774	0,684	0,722	0,698	0,710	1,426	44,978
1962	1,065	1,665	1,559	1,111	0,771	0,720	0,714	0,701	0,648	0,678	0,659	0,679	0,914	28,829
1963	0,937	3,122	2,321	1,351	0,896	0,803	0,788	0,766	0,680	0,717	0,693	0,706	1,148	36,214
1964	0,787	0,905	1,125	0,712	0,549	0,572	0,580	0,582	0,584	0,600	0,598	0,623	0,685	21,594
1965	0,776	1,056	0,928	0,643	0,508	0,544	0,554	0,559	0,572	0,586	0,577	0,614	0,660	20,806
1966	0,499	0,631	0,726	0,489	0,412	0,480	0,495	0,505	0,541	0,864	0,694	1,001	0,611	19,282
1967	0,972	3,224	5,950	6,975	1,127	1,075	1,077	1,010	0,792	0,654	0,593	0,582	2,003	63,153
1968	4,254	4,162	3,814	3,958	3,431	2,969	2,146	1,876	1,113	0,556	0,550	0,591	2,452	77,316
1969	1,300	1,510	2,885	1,200	1,250	1,110	1,405	1,407	1,000	0,780	0,610	1,460	1,326	41,830
1970	0,500	1,030	1,050	0,370	0,100	0,600	0,780	1,460	0,750	0,690	0,480	0,410	0,685	21,602
1971	0,730	1,100	0,600	0,580	0,109	0,575	0,620	1,235	0,836	1,050	1,042	0,627	0,759	23,925
1972	0,950	2,974	1,310	4,000	1,015	1,100	0,830	0,670	0,693	0,500	1,250	0,436	1,311	41,333
1973	0,900	0,680	1,700	1,215	2,100	1,200	1,460	1,042	0,757	0,742	0,895	1,600	1,191	37,557
1974	0,725	0,510	8,800	2,460	1,750	0,750	1,215	1,240	0,609	0,763	0,750	1,213	1,732	54,623
1975	0,800	3,000	1,300	0,850	0,800	0,820	0,630	0,629	0,650	0,700	0,730	0,700	0,967	30,508
1976	1,498	1,961	1,251	0,604	0,502	0,480	0,450	0,410	0,380	0,350	0,320	0,410	0,718	22,643
1977	0,656	2,289	3,126	0,777	0,625	0,587	0,537	0,530	0,500	0,480	0,450	0,390	0,912	28,769
1978	1,335	0,944	0,627	0,607	0,528	0,529	0,598	0,570	0,581	0,564	0,530	0,513	0,661	20,830
1979	0,517	0,449	0,980	0,543	0,477	0,450	0,471	0,455	0,451	0,458	0,465	0,487	0,517	16,301
1980	0,739	0,675	0,926	0,661	0,563	0,528	0,528	0,500	0,507	0,461	0,416	0,442	0,579	18,254
1981	0,442	1,118	1,522	0,768	0,623	0,568	0,569	0,527	0,563	0,543	0,520	0,551	0,693	21,849
1982	0,623	0,680	0,808	0,593	0,531	0,520	0,527	0,492	0,495	0,514	0,587	0,555	0,577	18,199
1983	0,408	0,419	0,436	0,412	0,385	0,375	0,356	0,385	0,395	0,389	0,346	0,356	0,389	12,252
1984	0,612	1,227	1,163	0,646	0,506	0,513	0,511	0,508	0,471	0,446	0,532	0,606	0,645	20,343
1985	0,529	1,624	1,337	0,764	0,558	0,502	0,500	0,473	0,383	0,346	0,330	0,475	0,652	20,554
1986	1,097	1,647	0,847	0,678	0,582	0,529	0,487	0,480	0,491	0,517	0,419	0,469	0,687	21,663
1987	0,984	0,919	0,608	0,435	0,469	0,480	0,432	0,386	0,384	0,372	0,370	0,384	0,519	16,354
1988	0,593	0,747	0,483	0,453	0,415	0,386	0,350	0,361	0,357	0,325	0,305	0,355	0,428	13,482
1989	0,529	0,987	0,736	0,739	0,669	0,483	0,403	0,396	0,408	0,373	0,369	0,331	0,535	16,880

Tabla 13*Descargas promedios mensuales del río Torata (m³/s) (continuación)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (mmc)
1990	0,388	0,411	0,813	0,558	0,484	0,519	0,501	0,394	0,337	0,314	0,363	0,728	0,484	15,269
1991	0,979	1,416	1,700	0,531	0,610	0,458	0,470	0,443	0,472	0,473	0,632	0,492	0,723	22,801
1992	0,484	0,430	0,460	0,473	0,448	0,481	0,487	0,478	0,414	0,450	0,319	0,360	0,440	13,886
1993	1,423	0,397	1,351	0,707	0,526	0,397	0,394	0,341	0,333	0,287	0,283	0,316	0,563	17,752
1994	0,446	1,660	0,763	0,405	0,400	0,372	0,370	0,354	0,296	0,269	0,268	0,302	0,492	15,518
1995	0,754	0,360	1,803	0,409	0,404	0,399	0,296	0,304	0,303	0,297	0,294	0,300	0,494	15,566
1996	0,480	0,941	0,545	0,503	0,400	0,397	0,373	0,358	0,302	0,304	0,293	0,326	0,435	13,723
1997	1,339	0,913	3,887	0,401	0,396	0,371	0,381	0,590	0,382	0,363	0,342	0,361	0,811	25,560
1998	4,251	2,537	0,489	0,382	0,354	0,356	0,360	0,349	0,361	0,348	0,557	0,600	0,912	28,761
1999	0,444	2,745	1,932	0,592	0,408	0,419	0,430	0,660	0,571	0,559	0,557	0,600	0,826	26,062
2000	1,173	1,255	0,830	0,525	0,495	0,438	0,390	0,363	0,321	0,359	0,387	0,388	0,577	18,196
2001	0,487	7,518	7,674	0,577	0,371	0,305	0,286	0,201	0,120	0,15	0,231	0,386	1,526	48,108
2002	0,422	2,930	2,554	0,808	0,431	0,312	0,519	0,536	0,313	0,319	0,297	0,309	0,813	25,623
2003	0,305	0,390	0,360	0,363	0,336	0,365	0,405	0,167	0,141	0,332	0,189	0,150	0,292	9,206
2004	0,125	1,648	0,248	0,215	0,221	0,213	0,243	0,280	0,421	0,271	0,125	0,125	0,345	10,867
2005	0,293	0,471	0,289	0,276	0,275	0,266	0,223	0,462	0,699	0,595	0,327	0,557	0,394	12,438
2006	0,588	2,167	2,254	0,840	0,673	0,970	1,022	1,038	1,388	1,619	1,230	1,303	1,258	39,662
2007	1,000	1,247	1,123	0,781	0,979	1,065	1,110	1,120	1,294	1,257	1,149	1,401	1,127	35,546
2008	1,178	1,206	1,318	1,326	1,341	1,317	1,265	1,252	1,169	1,346	1,346	1,411	1,290	40,668
2009	1,369	1,020	1,515	1,076	1,160	1,160	1,128	0,978	0,406	1,338	1,439	1,284	1,156	36,458
2010	1,310	1,232	1,014	1,023	1,039	1,039	1,076	0,949	1,036	1,036	1,122	1,154	1,086	34,243
2011	0,913	2,716	1,092	0,888	1,009	0,985	0,995	1,061	1,060	1,194	1,268	1,293	1,206	38,038
2012	1,583	3,134	1,602	1,004	0,865	1,240	1,207	1,052	1,109	1,267	1,366	1,360	1,399	44,121
2013	1,715	2,266	2,144	1,076	1,198	0,931	0,898	1,164	1,238	1,301	1,369	1,462	1,397	44,051
2014	1,265	1,360	1,318	1,245	1,200	1,055	0,688	0,684	0,618	0,638	0,627	0,672	0,948	29,880
PROM	1,003	1,564	1,615	0,973	0,735	0,699	0,688	0,684	0,618	0,638	0,627	0,672	0,876	27,632
DSTD	0,812	1,238	1,599	1,056	0,525	0,423	0,371	0,361	0,297	0,335	0,341	0,378	0,645	20,335
75%	0,523	0,826	0,786	0,514	0,423	0,444	0,431	0,427	0,390	0,368	0,355	0,389	0,489	15,436
95%	0,380	0,396	0,428	0,369	0,270	0,311	0,295	0,302	0,301	0,285	0,264	0,302	0,325	10,260

Nota: La tabla nos muestra el caudal promedio por año

Fuente: ALA, 2014

En la tabla 14 se tiene las descargas promedios mensuales del río Huaracane.

Estación : Huaracane

Período : 1956 - 2014

Subcuenca : Huaracane

Longitud Oeste : 70°56'00"

Latitud Sur : 17°08'38"

Tabla 14

Descargas promedios mensuales del río Huaracane (m³/s)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm ³)
1956	0,308	0,308	0,308	0,308	0,270	0,255	0,255	0,164	0,165	0,164	0,164	0,139	0,234	7,379
1957	0,207	0,239	0,318	0,329	0,329	0,329	0,329	0,329	0,300	0,248	0,248	0,215	0,285	8,988
1958	0,190	0,329	0,307	0,166	0,178	0,178	0,178	0,178	0,208	0,290	0,213	0,268	0,224	7,051
1959	0,170	0,251	0,296	0,174	0,135	0,195	0,164	0,152	0,149	0,140	0,130	0,113	0,172	5,437
1960	0,340	0,059	0,113	0,125	0,126	0,125	0,128	0,130	0,190	0,204	0,195	0,193	0,161	5,067
1961	0,945	0,971	0,478	0,344	0,227	0,203	0,198	0,193	0,170	0,180	0,174	0,177	0,355	11,195
1962	0,265	0,414	0,388	0,276	0,192	0,179	0,178	0,174	0,161	0,169	0,164	0,169	0,227	7,172
1963	0,233	0,777	0,577	0,336	0,223	0,200	0,196	0,191	0,169	0,178	0,172	0,176	0,286	9,009
1964	0,196	0,225	0,280	0,177	0,137	0,142	0,144	0,145	0,145	0,149	0,147	0,155	0,170	5,366
1965	0,193	0,263	0,231	0,160	0,126	0,135	0,138	0,139	0,142	0,146	0,144	0,153	0,164	5,177
1966	0,124	0,157	0,181	0,122	0,103	0,119	0,123	0,123	0,135	0,215	0,173	0,249	0,152	4,793
1967	0,242	0,802	1,480	1,735	0,280	0,267	0,268	0,251	0,197	0,163	0,148	0,145	0,498	15,710
1968	1,058	1,036	0,949	0,985	0,854	0,739	0,534	0,467	0,277	0,138	0,137	0,147	0,610	19,240
1969	0,323	0,376	0,718	0,299	0,311	0,276	0,350	0,350	0,249	0,194	0,152	0,363	0,330	10,410
1970	0,124	0,256	0,261	0,092	0,025	0,149	0,194	0,363	0,187	0,172	0,119	0,102	0,170	5,372
1971	0,189	0,274	0,149	0,144	0,027	0,143	0,154	0,307	0,208	0,261	0,259	0,156	0,189	5,968
1972	0,236	0,695	0,326	0,995	0,253	0,274	0,207	0,167	0,172	0,124	0,311	0,108	0,322	10,165
1973	0,224	0,169	0,423	0,302	0,523	0,299	0,363	0,259	0,188	0,185	0,223	0,398	0,296	9,345
1974	0,180	0,127	2,190	0,612	0,435	0,187	0,302	0,309	0,152	0,190	0,187	0,302	0,431	13,595
1975	0,199	0,746	0,323	0,211	0,199	0,204	0,157	0,157	0,162	0,174	0,182	0,174	0,241	7,590
1976	0,373	0,488	0,311	0,150	0,125	0,119	0,112	0,102	0,095	0,087	0,080	0,102	0,179	5,634
1977	0,163	0,570	0,778	0,193	0,156	0,146	0,134	0,132	0,124	0,119	0,112	0,097	0,227	7,159
1978	0,332	0,235	0,156	0,151	0,131	0,132	0,149	0,142	0,145	0,140	0,132	0,128	0,164	5,185
1979	0,129	0,112	0,244	0,135	0,119	0,112	0,117	0,113	0,112	0,114	0,116	0,121	0,129	4,058
1980	0,184	0,168	0,230	0,164	0,140	0,131	0,131	0,124	0,126	0,115	0,104	0,110	0,144	4,539
1981	0,110	0,278	0,379	0,191	0,155	0,141	0,142	0,131	0,140	0,135	0,129	0,137	0,172	5,435
1982	0,155	0,169	0,201	0,148	0,132	0,129	0,131	0,122	0,123	0,128	0,146	0,138	0,144	4,525
1983	0,102	0,104	0,108	0,103	0,096	0,093	0,089	0,096	0,098	0,097	0,086	0,089	0,097	3,051

Tabla 14*Descargas promedios mensuales del río Huaracane (m³/s) (continuación)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm ³)
1984	0,152	0,305	0,289	0,161	0,126	0,128	0,127	0,126	0,117	0,111	0,132	0,151	0,160	5,059
1985	0,132	0,404	0,333	0,190	0,139	0,125	0,124	0,118	0,095	0,086	0,082	0,118	0,162	5,114
1986	0,273	0,410	0,211	0,169	0,145	0,132	0,121	0,119	0,122	0,129	0,104	0,117	0,171	5,393
1987	0,245	0,229	0,151	0,108	0,117	0,119	0,107	0,096	0,096	0,093	0,092	0,096	0,129	4,071
1988	0,148	0,186	0,120	0,113	0,103	0,096	0,087	0,090	0,089	0,081	0,076	0,088	0,106	3,356
1989	0,132	0,246	0,183	0,184	0,166	0,120	0,100	0,099	0,102	0,093	0,092	0,082	0,133	4,202
1990	0,097	0,102	0,202	0,139	0,120	0,129	0,125	0,098	0,084	0,078	0,090	0,181	0,120	3,797
1991	0,244	0,352	0,423	0,132	0,152	0,114	0,117	0,110	0,117	0,118	0,157	0,122	0,180	5,671
1992	0,120	0,107	0,114	0,118	0,111	0,120	0,121	0,119	0,103	0,112	0,079	0,090	0,110	3,453
1993	0,354	0,099	0,336	0,176	0,131	0,099	0,098	0,085	0,083	0,071	0,070	0,079	0,140	4,418
1994	0,111	0,413	0,190	0,101	0,100	0,093	0,092	0,088	0,074	0,067	0,067	0,075	0,123	3,866
1995	0,188	0,090	0,449	0,102	0,101	0,099	0,074	0,076	0,075	0,074	0,073	0,075	0,123	3,879
1996	0,119	0,234	0,136	0,125	0,100	0,099	0,093	0,089	0,075	0,076	0,073	0,081	0,108	3,416
1997	0,333	0,227	0,967	0,100	0,099	0,092	0,095	0,147	0,095	0,142	0,140	0,151	0,216	6,801
1998	14,860	3,710	0,162	0,051	0,184	0,171	0,168	0,166	0,143	0,142	0,140	0,147	1,670	52,676
1999	0,515	3,960	3,672	0,258	0,184	0,171	0,168	0,166	0,143	0,142	0,140	0,151	0,806	25,413
2000	1,986	2,016	1,435	1,118	0,979	0,835	0,729	0,637	0,620	0,657	0,619	0,589	1,018	32,114
2001	0,361	9,037	7,310	0,644	0,473	0,398	0,272	0,163	0,153	0,289	0,403	0,380	1,657	52,253
2002	0,473	1,366	1,567	0,428	0,089	0,047	0,785	0,900	1,287	0,583	0,947	0,862	0,778	24,530
2003	0,622	0,300	0,396	0,211	0,109	0,120	0,130	0,129	0,486	0,657	0,726	1,159	0,420	13,258
2004	0,862	2,288	0,594	0,412	0,263	0,174	0,078	0,353	0,370	0,462	0,862	0,862	0,632	19,920
2005	0,940	1,423	0,188	0,133	0,244	0,152	0,063	0,027	0,007	0,010	0,884	0,644	0,393	12,391
2006	0,505	1,843	1,807	0,845	1,098	0,290	0,169	0,112	0,434	0,193	0,883	1,055	0,770	24,267
2007	1,248	0,984	1,427	0,164	0,233	0,197	0,146	0,058	0,611	0,449	0,562	1,401	0,623	19,657
2008	2,088	0,757	0,465	0,240	0,125	0,073	0,118	0,106	0,495	0,510	0,733	0,728	0,537	16,919
2009	0,267	0,543	1,172	0,291	0,147	0,121	0,061	0,161	0,406	0,429	0,637	0,661	0,408	12,867
2010	0,606	0,852	0,448	0,638	0,369	0,305	0,183	0,135	0,460	0,739	0,679	0,961	0,531	16,754
2011	1,324	4,134	0,337	0,405	0,321	0,415	0,404	0,330	0,505	0,569	0,580	0,768	0,841	26,522
2012	1,541	3,853	1,159	0,235	0,070	0,144	0,193	0,240	0,487	0,550	0,435	1,250	0,846	26,693
2013	2,043	2,219	2,045	0,245	0,441	0,285	0,321	0,347	0,449	0,556	0,650	0,664	0,855	26,976
2014	1,640	0,559	0,557	0,299	0,225	0,191	0,190	0,190	0,225	0,222	0,272	0,321	0,408	12,854
PROM	0,712	0,913	1,704	0,299	0,225	0,191	0,190	0,190	0,225	0,222	0,272	0,321	0,372	11,732
DSTD	1,943	1,471	1,089	0,301	0,206	0,137	0,140	0,144	0,203	0,176	0,251	0,336	0,533	16,811
75%	0,167	0,228	0,207	0,137	0,120	0,120	0,118	0,113	0,115	0,115	0,114	0,115	0,139	4,377
95%	0,111	0,102	0,119	0,101	0,087	0,093	0,078	0,084	0,075	0,074	0,073	0,081	0,090	2,831

Nota: La tabla nos muestra el caudal promedio por año

Fuente: ALA, 2014

En la tabla 15 se tiene las descargas promedios mensuales netas del río Vizcachas- Estación Pasto Grande.

Estación : Embalse Pasto Grande

Período : 1989 - 2005

Subcuenca : Vizcachas

Tabla 15

Descargas promedios mensuales netas del río Vizcachas-estación Pasto Grande (m³/s)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm ³)
1989								2,383	0,530	0,519	0,717	0,647	0,959	30,243
1990	1,373	1,396	1,517	0,822	0,695	1,074	0,542	0,373	0,457	0,517	0,837	2,169	0,981	30,942
1991	7,290	4,666	7,006	1,668	0,793	0,716	0,548	0,448	0,471	0,425	0,515	0,872	2,118	66,801
1992	2,876	0,925	0,636	0,437	0,395	0,406	0,686	0,464	0,493	0,464	0,708	0,763	0,771	24,318
1993	6,335	1,952	3,259	0,787	0,605	0,591	0,640	0,759	0,345	0,344	0,978	2,569	1,597	50,365
1994	4,439	14,047	3,380	1,775	0,296	0,907	1,066	0,540	1,385	1,419	0,312	0,685	2,521	79,497
1995	0,227	2,056	4,159	0,276	0,474	1,016	0,871	0,572	0,405	0,574	0,185	0,206	0,918	28,961
1996	2,844	5,396	2,673	1,781	0,730	0,366	0,625	0,462	0,377	0,511	0,453	1,385	1,467	46,262
1997	10,430	13,980	6,769	1,853	0,953	0,772	0,727	0,799	0,637	0,715	0,525	0,779	3,245	102,333
1998	5,156	4,650	2,138	0,740	0,347	0,513	0,363	0,427	0,203	0,681	1,347	1,137	1,475	46,519
1999	0,554	9,575	11,556	1,851	0,652	0,587	0,366	0,561	0,035	0,418	0,953	0,890	2,333	73,583
2000	4,596	9,533	11,344	1,941	0,649	0,098	0,278	0,292	0,406	0,465	0,466	0,623	2,558	80,655
2001	10,973	20,514	21,826	4,527	1,122	0,848	0,930	0,692	0,479	0,542	0,572	0,692	5,310	167,448
2002	1,051	8,571	20,917	5,570	1,684	0,860	1,290	0,521	0,520	0,455	0,704	1,036	3,598	113,476
2003	1,314	3,788	4,536	1,860	0,843	0,539	0,568	0,523	0,381	0,700	0,999	1,619	1,472	46,433
2004	4,805	8,355	2,890	3,217	0,821	0,971	0,997	0,863	0,980	0,639	1,148	1,288	2,248	70,886
2005	3,064	10,558	2,949	1,588	0,776	0,671	0,594	0,228	0,645	0,297	0,727	0,897	1,916	60,426
PROM	4,208	7,498	6,722	1,918	0,740	0,683	0,693	0,642	0,515	0,570	0,714	1,074	2,165	68,267
DSTD	3,271	5,298	6,322	1,388	0,324	0,256	0,267	0,172	0,299	0,249	0,304	0,582	1,561	49,226
75%	1,358	3,355	2,836	0,813	0,572	0,532	0,546	0,448	0,381	0,455	0,515	0,692	1,042	32,861
95%	0,473	1,279	1,297	0,397	0,334	0,299	0,342	0,279	0,169	0,334	0,286	0,540	0,502	15,841

Nota: La tabla nos muestra el caudal promedio por año

Fuente: ALA, 2005

En la tabla 16 se tiene las descargas promedio mensuales del río Chilota.

Estación : Cullco Chico

Período : 1956-2007

Subcuenca : Chilota

Longitud Oeste : 70°24'29"

Latitud Sur : 16°37'30"

Tabla 16

Descargas promedio mensuales del río Chilota (m³/s)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm ³)
1956	2,729	2,328	1,890	1,232	0,893	0,802	0,762	0,649	0,543	0,463	0,543	0,578	1,118	35,247
1957	0,435	0,428	0,741	0,701	0,770	0,759	0,510	0,644	0,406	0,288	0,591	1,157	0,619	19,526
1958	0,896	0,922	0,743	0,583	0,546	0,356	0,592	0,486	0,233	0,339	0,284	0,562	0,545	17,192
1959	0,965	3,576	4,068	2,206	1,060	0,812	1,074	0,514	0,691	0,419	0,515	1,907	1,484	46,797
1960	3,207	2,283	4,203	2,357	1,395	0,751	0,542	0,435	0,679	0,845	0,649	0,891	1,520	47,927
1961	1,018	2,252	4,222	2,189	1,208	0,849	0,760	0,758	0,671	0,523	1,135	1,254	1,403	44,253
1962	2,012	2,134	2,246	1,374	0,910	0,592	0,594	0,658	0,664	0,955	1,277	0,904	1,193	37,633
1963	2,349	2,260	1,981	1,225	1,056	0,719	0,683	0,643	0,724	0,668	0,400	0,793	1,125	35,481
1964	0,947	1,646	1,455	0,669	0,873	0,699	0,453	0,799	0,481	0,349	0,659	0,887	0,826	26,062
1965	0,943	1,968	1,422	0,833	0,420	0,485	0,452	0,438	0,540	0,437	0,482	0,633	0,754	23,791
1966	0,849	1,097	1,329	1,208	1,135	0,692	0,844	0,825	0,489	0,666	0,212	0,856	0,850	26,811
1967	3,867	5,288	5,494	4,293	2,456	1,467	0,855	0,491	0,866	0,765	0,675	1,571	2,341	73,815
1968	1,645	1,182	1,365	1,427	1,107	0,997	0,753	0,639	0,429	0,967	0,883	1,031	1,035	32,653
1969	3,199	2,812	3,928	1,922	1,227	0,705	0,530	0,569	0,534	0,457	0,355	2,260	1,542	48,613
1970	4,488	4,457	3,557	1,675	1,380	1,081	0,834	0,574	0,621	0,576	0,707	1,093	1,754	55,301
1971	2,483	4,400	2,823	1,472	0,953	0,754	0,525	0,527	0,459	0,655	0,434	0,509	1,333	42,032
1972	2,514	4,015	2,890	1,616	1,021	0,648	0,541	0,663	0,834	1,014	0,683	1,106	1,462	46,108
1973	3,958	5,019	5,553	2,914	1,492	0,726	0,699	0,576	0,807	0,683	0,547	0,672	1,971	62,142
1974	3,516	3,260	2,480	1,724	1,122	0,709	0,699	1,598	1,229	0,975	0,776	0,732	1,568	49,459
1975	3,291	4,793	5,291	2,541	1,475	0,856	0,480	0,499	0,233	0,120	0,184	1,287	1,754	55,319
1976	2,635	4,310	3,677	2,226	1,363	1,057	0,687	0,485	0,642	0,614	0,577	0,920	1,599	50,439
1977	1,781	4,477	5,464	2,803	1,431	0,722	0,560	0,590	0,578	0,617	0,968	0,723	1,726	54,436
1978	3,262	1,852	1,363	0,999	0,706	0,825	0,496	0,538	0,492	0,829	0,998	0,837	1,100	34,682
1979	1,477	1,106	2,748	1,348	1,057	0,599	0,458	0,692	0,640	0,878	0,689	0,837	1,044	32,926
1980	0,977	0,746	0,720	0,885	0,523	0,665	0,815	0,638	0,375	0,417	0,861	0,457	0,673	21,232
1981	2,858	4,771	3,076	1,664	1,064	0,967	0,854	0,611	0,616	0,547	0,872	1,078	1,582	49,874

Tabla 16*Descargas promedio mensuales del río Chilota (m³/s) (continuación)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm ³)
1982	1,356	1,217	1,143	0,952	0,653	0,468	0,464	0,444	0,247	0,464	0,814	0,729	0,746	23,523
1983	0,693	0,678	0,479	0,508	0,414	0,448	0,296	0,531	0,501	0,465	0,575	0,789	0,531	16,759
1984	1,887	2,221	2,407	1,399	0,844	0,635	0,551	0,542	0,428	0,452	0,975	1,253	1,133	35,725
1985	2,045	2,560	2,362	1,055	0,912	0,823	0,825	0,546	0,637	0,664	0,754	0,908	1,174	37,031
1986	2,014	2,593	2,185	0,916	0,661	0,748	0,608	0,535	0,456	0,600	0,805	0,979	1,092	34,427
1987	1,660	2,601	2,283	1,052	0,901	0,675	0,557	0,686	0,649	0,390	0,717	1,008	1,098	34,634
1988	1,821	2,704	2,283	1,170	0,823	0,704	0,770	0,619	0,647	0,680	0,874	1,175	1,189	37,502
1989	2,092	2,586	2,682	1,134	0,989	0,668	0,752	0,473	0,530	0,635	0,764	1,034	1,195	37,683
1990	2,006	2,517	2,099	1,028	0,627	0,743	0,719	0,464	0,862	0,688	0,677	1,191	1,135	35,796
1991	1,829	2,490	2,304	1,034	0,829	0,671	0,882	0,710	0,767	0,620	0,835	1,079	1,171	36,923
1992	2,030	2,483	2,161	1,175	0,803	0,727	0,593	0,745	0,548	0,716	0,646	0,961	1,132	35,709
1993	2,113	3,182	3,491	3,491	0,315	0,496	0,676	0,613	0,500	0,867	0,472	1,150	1,447	45,639
1994	1,823	6,818	3,036	0,755	0,181	0,477	0,621	0,369	0,824	0,742	0,204	0,325	1,348	42,506
PROM	2,094	2,770	2,658	1,532	0,964	0,733	0,650	0,611	0,592	0,617	0,668	0,977	1,239	39,067
DSTD	0,987	1,468	1,371	0,826	0,406	0,199	0,159	0,193	0,193	0,207	0,248	0,367	0,552	17,407
75%	1,417	1,910	1,673	1,014	0,738	0,657	0,536	0,507	0,485	0,460	0,529	0,761	0,890	28,076
95%	0,833	0,739	0,739	0,660	0,404	0,466	0,453	0,438	0,246	0,334	0,211	0,504	0,502	15,839

Nota: La tabla nos muestra el caudal promedio por año

Fuente: ALA, 1994

En la tabla 17 se tiene las descargas mensuales del río Chincune.

Estación : Chincune.

Período : 1956-1994

Subcuenca : Vizcachas-Chincune

Tabla 17*Descargas mensuales del río Chincune (m³/s)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm³)
1956	0,515	0,691	0,135	0,112	0,041	0,099	0,159	0,234	0,049	0,008	0,105	0,317	0,205	6,478
1957	0,045	0,651	0,540	0,309	0,188	0,232	0,103	0,171	0,000	0,143	0,064	0,328	0,231	7,290
1958	0,697	0,680	0,385	0,213	0,075	0,047	0,113	0,163	0,067	0,118	0,018	0,175	0,229	7,230
1959	0,147	0,873	1,057	0,332	0,049	0,050	0,123	0,196	0,118	0,112	0,282	1,920	0,438	13,821
1960	0,981	0,461	0,228	0,103	0,135	0,121	0,166	0,092	0,139	0,057	0,286	0,238	0,251	7,902
1961	0,644	0,867	0,671	0,093	0,185	0,149	0,171	0,155	0,108	0,127	0,443	0,234	0,321	10,110
1962	1,276	0,465	0,637	0,400	0,272	0,107	0,028	0,060	0,237	0,091	2,723	0,656	0,579	18,270
1,963	2,564	2,662	0,439	0,295	0,076	0,131	0,143	0,064	0,097	0,159	0,256	0,365	0,604	19,056
1,964	3,815	0,564	1,810	0,334	0,025	0,069	0,033	0,089	0,182	0,135	0,064	0,208	0,611	19,258
1965	0,410	1,339	0,337	0,132	0,022	0,095	0,169	0,136	0,070	0,023	0,167	0,211	0,259	8,176
1966	0,189	0,555	0,212	0,067	0,582	0,090	0,180	0,064	0,196	0,232	0,117	0,383	0,239	7,534
1967	0,751	1,903	2,080	0,353	0,277	0,175	0,041	0,020	0,175	0,147	0,139	0,621	0,557	17,560
1968	1,148	1,049	1,932	0,337	0,290	0,196	0,042	0,020	0,136	0,221	0,563	0,171	0,509	16,044
1969	1,115	0,717	0,347	0,091	0,158	0,149	0,159	0,151	0,129	0,042	0,183	0,396	0,303	9,558
1970	0,986	0,525	0,697	0,192	0,192	0,135	0,174	0,179	0,185	0,163	0,163	0,190	0,315	9,936
1971	1,192	2,767	0,312	0,052	0,078	0,082	0,145	0,081	0,109	0,033	0,185	0,490	0,461	14,522
1972	2,253	0,792	0,519	0,192	0,223	0,125	0,115	0,159	0,153	0,130	0,176	0,411	0,437	13,792
1973	1,584	1,897	0,328	0,153	0,258	0,063	0,010	0,194	0,124	0,116	0,181	0,278	0,432	13,629
1974	2,707	1,775	0,283	0,224	0,071	0,044	0,137	0,272	0,192	0,024	0,053	0,282	0,505	15,936
1975	0,669	1,257	0,634	0,115	0,073	0,072	0,076	0,104	0,135	0,192	0,067	0,251	0,304	9,579
1976	1,713	0,490	0,197	0,125	0,104	0,225	0,092	0,206	0,132	0,108	0,217	0,302	0,326	10,278
1977	0,404	1,657	0,711	0,153	0,024	0,126	0,101	0,096	0,202	0,091	0,183	0,326	0,340	10,706
1978	2,635	0,289	0,119	0,175	0,097	0,075	0,049	0,079	0,088	0,125	0,417	0,170	0,360	11,348
1979	2,721	0,453	0,250	0,247	0,054	0,034	0,098	0,039	0,014	0,079	0,466	0,269	0,394	12,415
1980	0,342	0,199	0,753	0,083	0,096	0,009	0,171	0,061	0,017	0,341	0,087	0,259	0,202	6,355
1981	1,367	2,497	0,374	0,256	0,127	0,173	0,171	0,137	0,145	0,091	0,094	0,794	0,519	16,362
1982	1,180	0,327	0,330	0,074	0,248	0,159	0,132	0,239	0,249	0,281	0,281	0,127	0,302	9,532
1983	0,148	0,183	0,193	0,261	0,084	0,061	0,094	0,100	0,082	0,192	0,163	0,319	0,157	4,941
1984	2,376	2,537	2,470	0,239	0,162	0,064	0,136	0,122	0,092	0,220	0,849	0,363	0,803	25,308
1985	1,261	1,070	0,654	0,197	0,147	0,109	0,115	0,127	0,125	0,131	0,310	0,440	0,391	12,315
1986	1,261	1,070	0,654	0,197	0,147	0,109	0,115	0,127	0,125	0,131	0,310	0,440	0,391	12,315
1987	1,059	1,024	0,622	0,260	0,158	0,146	0,226	0,238	0,246	0,251	0,289	0,442	0,413	13,038
1988	1,012	0,987	0,566	0,264	0,170	0,169	0,184	0,197	0,204	0,210	0,247	0,229	0,370	11,666
1989	1,021	1,005	0,593	0,308	0,161	0,259	0,212	0,224	0,232	0,200	0,238	0,391	0,404	12,730
1990	1,014	1,021	0,546	0,244	0,242	0,207	0,174	0,186	0,194	0,202	0,174	0,215	0,368	11,613
1991	1,010	0,892	0,551	0,246	0,188	0,099	0,173	0,185	0,193	0,188	0,169	0,330	0,352	11,101
1992	0,994	0,998	0,530	0,349	0,178	0,173	0,167	0,179	0,187	0,138	0,175	0,237	0,359	11,314
1993	1,650	0,670	0,750	0,410	0,250	0,170	0,110	0,070	0,050	0,030	0,020	0,200	0,365	11,511

Tabla 17*Descargas mensuales del río Chincune (m³/s) (continuación)*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	Vol (hm ³)
1994	1,250	4,674	0,939	0,518	0,124	0,327	0,426	0,253	0,565	0,509	0,140	0,222	0,829	26,136
PROM	1,233	1,142	0,651	0,223	0,155	0,126	0,134	0,140	0,147	0,148	0,284	0,364	0,396	12,478
DSTD	0,840	0,898	0,539	0,109	0,104	0,067	0,071	0,068	0,094	0,096	0,432	0,292	0,301	9,485
75%	0,683	0,560	0,329	0,129	0,077	0,074	0,100	0,085	0,095	0,091	0,128	0,226	0,215	6,765
95%	0,148	0,280	0,187	0,073	0,025	0,043	0,033	0,037	0,017	0,024	0,050	0,171	0,091	2,857

Nota: La tabla nos muestra el caudal promedio por año.

Fuente: ALA, 1994

En la tabla 18 se tiene las fuentes de agua para el balance hídrico actual ampliación irrigación asociación laguna de Otora.

Tabla 18*Fuentes de Agua*

Descripción	Caudal (m ³ /s)	Volumen (hm ³)
Uso poblacional Torata, Samegua, Moquegua e Ilo año 2041	0,748	23,603
Mejoramiento Valle de Torata (1 224,5 ha)	0,505	15,919
Mejoramiento Valle de Moquegua (2 914,5 ha)	1,386	43,718
Mejoramiento Valle de Ilo (401,5 ha)	0,114	3,610
Ampliación Pampa Estuquiña (60 ha)	0,020	0,633
Ampliación Pampa San Antonio (828 ha)	0,283	8,909
Ampliación Lote "T"-San Antonio (22 ha).	0,007	0,229
Ampliación Anexo A-San Antonio (155 ha).	0,055	1,721
Ampliación Pampa Jaguay Rinconada (1 800 ha)	0,634	19,980
Ampliación Lomas de Ilo (3 500 ha)	1,103	34,797
Ampliación Irrigación Lagunas (500 ha)	0,159	5,014
Total	5,014	158,132
Balance	0,070	2,202

Nota: El caudal total es de 5,084 m³/s y el volumen es de 160,334 hm³

Se realizó los cálculos respectivos y se obtuvo el balance hídrico, el cual se muestra en el tabla 19.

Tabla 19*Usos de agua*

Descripción	Caudal (m³/s)	Volumen (hm³)	Modulo (m³/ha/año)
Uso poblacional Torata, Samegua, Moquegua e Ilo año 2041	0,748	23,603	
Mejoramiento Valle de Torata (1 224,5 ha)	0,505	15,919	13 000
Mejoramiento Valle de Moquegua (2 914,5 ha)	1,386	43,718	15 000
Mejoramiento Valle de Ilo (401,5 ha)	0,114	3,610	9 000
Ampliación Pampa Estuquiña (60 ha)	0,020	0,633	10 550
Ampliación Pampa San Antonio (828 ha)	0,283	8,909	10 760
Ampliación Lote "T"-San Antonio (22 ha).	0,007	0,229	10 400
Ampliación Anexo A-San Antonio (155 ha).	0,055	1,721	11 100
Ampliación Pampa Jaguay Rinconada (1 800 ha)	0,634	19,980	11 100
Ampliación Lomas de Ilo (3 500 ha)	1,103	34,797	9 942
Ampliación Irrigación Lagunas (500 ha)	0,159	5,014	10 000
Total	5,014	158,132	
Balance	0,070	2,202	

Nota: El balance hídrico según los cálculos es de 2,202 hm³.

3.2.3. Diseño del sistema de riego por aspersión

Calcular el sistema de riego por aspersión de un terreno de 1.2 hectáreas, el cual se encuentra en el Distrito de Carumas, Provincia Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua.

3.2.3.1. Diseño agronómico

Datos meteorológicos

- Mes = Febrero
- Cantidad de días = 28 días
- Latitud de la zona = 16°48'19"
- Altura de la zona (E) = 3 023 msnm
- Temperatura Promedio (TMF) = 35 °F
- Humedad Relativa Promedio (HR) = 56 %

- Velocidad viento (v) = 2,92 m/s
- Precipitación en el mes (P) = 25,5 mm/mes

Solución

- Factor corrección para humedad mensual

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 9.

$$CH = 0,166 * \sqrt{100 \% - HR}$$

$$CH = 0,166 * \sqrt{100 \% - 56 \%}$$

$$CH = 1,10$$

- Factor de corrección para altura

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 10.

$$CE = 1 + 0,04 * \left(\frac{E}{2\ 000} \right)$$

$$CE = 1 + 0,04 * \left(\frac{3\ 023}{2\ 000} \right)$$

$$CE = 1,06$$

- Evapotranspiración potencial

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 8.

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

$$ETP = 2,05 * 35 * 1,10 * 1,06$$

$$ETP = 83,66 \text{ mm/mes}$$

- Factor de cultivo

Se cultivará maíz dulce, cebada y trigo, para ello se tomó los datos del Apéndice A concernientes a la velocidad del viento de cada uno de los cultivos.

$$K_c (\text{Maíz dulce}) = 1,15 \text{ m/s.}$$

$$K_c (\text{Cebada}) = 1,15 \text{ m/s.}$$

$$K_c (\text{Trigo}) = 1,15 \text{ m/s.}$$

- Factor de suelo

$$K_s = 1$$

- Factor de humedad

$$K_h = 1$$

- Evapotranspiración actual

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 11.

$$ETA = K * ETP$$

$$ETA = 1,15 * 83,66$$

$$ETA = 96,21 \text{ mm/mes}$$

- Precipitación efectiva

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 14, ya que la precipitación es menor que 75 mm/mes.

$$PE = 0,6 * P - 10$$

$$PE = 0,6 * 25,5 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} - 10$$

$$PE = 5,3 \text{ mm/mes}$$

- Demanda de agua de los cultivos

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 15.

$$DA = ETA - (PE + CA + N)$$

$$DA = 96,21 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} - (5,3 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} + 0 + 0)$$

$$DA = 90,91 \text{ mm/mes}$$

$$DA = 3,25 \text{ mm/día}$$

- Caudal necesario

Para calcular se ha procedido aplicar la siguiente ecuación.

$$Q = DA * A$$

$$Q = 3,25 \frac{\text{mm}}{\text{dia}} * 12\ 000 \text{ m}^2$$

$$Q = 1,45 \text{ L/s}$$

- Máximo caudal necesario

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 16, donde $n = 0,6$.

$$Qt = DA * A * n$$

$$Qt = 1,72 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q_t = 148,60 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

3.2.3.2. Diseño hidráulico

Datos del terreno y espesor

Limite Norte y Sur = 80 m

Limite Este y Oeste = 150 m

Superficie de riego = 1,2 hectáreas

Modelo del aspersor seleccionado = VYR36

Separación de aspersores = 15 m

Separación de laterales = 18 m

Presión Requerida = 4 bar

Radio de mojado = 15 m

Caudal = 0,7 l/seg

Velocidad de aplicación = 5 mm/h

Altura de operación = 2,4 m

Solución

- Condiciones de diseño

Variación de presión en la tubería principal = 15,00 %

Variación de presión en la tubería lateral = 20,00 %

- Número de laterales por riego

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 17.

$$N = \frac{S_r}{L * S}$$

$$N = \frac{12\,000 \text{ m}^2}{100 \text{ m} * 18 \text{ m}}$$

$$N = 6,7 = 7 \text{ Tuberías laterales}$$

- Número de aspersores por lateral

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 18.

$$n = \frac{L}{S_a} + 1$$

$$n = \frac{100}{15 \text{ m}} + 1$$

$$n = 7,7 = 8 \text{ aspersores por lateral}$$

- Caudal requerido

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 19.

$$Q_l = Q_a * N * n$$

$$Q_l = 2,7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 7 * 8$$

$$Q_l = 151,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- Tipo de riego

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 20.

$$Tr = \frac{Qr}{Qtl}$$

$$Tr = \frac{75,5 \text{ m}^3}{151,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$Tr = 0,50 \text{ h}$$

- Diámetro interno de la tubería

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 21.

$$Di = \left(\frac{3 \ 157 * Ql^{1,852} * L^{0,2053}}{C^{1,852} * hf} \right)$$

$$Di = \left(\frac{3 \ 157 * 151 \ 200,00^{1,852} * 110^{0,2053}}{150^{1,852} * 16} \right)$$

$$Di = 107,71 \text{ mm}$$

El diámetro antes mencionado no existe por lo tanto se usará un diámetro comercial de 125 mm (5").

$$D \text{ comercial} = 125 \text{ mm}$$

$$\text{Presión requerida} = 4 \text{ bar}$$

$$\text{Presión usada} = 4 \text{ bar}$$

$$\text{Espesor de la pared} = 4,8 \text{ mm}$$

$$D \text{ interno} = 115,4 \text{ mm}$$

- Pérdidas de carga por fricción

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 22.

$$hf = \left(\frac{3157 * Q_{tl}^{1,852} * L}{C^{1,852} * D^{4,869}} \right)$$

$$hf = \left(\frac{3157 * 151200,00^{1,852} * 110}{150^{1,852} * 125^{4,869}} \right)$$

$$hf = 7,82 \text{ m.c.a.}$$

- Coeficiente de salidas múltiples

Para calcular se ha procedido aplicar la ecuación 23.

$$F = \frac{0,351}{2 * n} + \frac{0,154}{n^2}$$

$$F = \frac{0,351}{2 * 8} + \frac{0,154}{8^2}$$

$$F = 0,024$$

3.3. Representación de resultados

3.3.1. Resultados

3.3.1.1. *Cálculo de generación de escorrentía*

Realizando los cálculos se obtuvo la lluvia neta y el coeficiente de escorrentía, el cual se detalla en la tabla 20.

Tabla 20

Lluvia neta diaria y coeficiente de escorrentía

Día	Lluvia neta (mm)	Coefficiente de escorrentía diario
19/02/2018	-	0
20/02/2018	0,12	0,002
21/02/2018	3,35	0,04
22/02/2018	5,77	0,06
23/02/2018	14,89	0,12
24/02/2018	22,85	0,15

Nota: El coeficiente de escorrentía diario depende de la lluvia neta

Según la tabla anterior el primer día del aguacero no se genera escorrentía ya que la precipitación acumulada (30,00 mm) producida en ese día no supera los 56,10 mm del umbral de escorrentía.

A partir del día 20 de febrero del 2018 supera la cantidad de umbral de escorrentía 56,10 mm por lo que empieza a generarse escorrentía superficial en la sub cuenta de Torata.

3.3.1.2. Cálculo de balance hídrico

Realizando los cálculos respectivos se obtuvo un balance hídrico de 2,202 hectómetro cúbico (hm³), que equivale a 1 000 000,00 m³, el cual es la disponibilidad actual de agua en la Laguna de Otorá.

3.3.1.3. Diseño de riego por aspersión

Realizando los cálculos respectivos en el diseño agronómico de riego por aspersión se obtuvo un caudal máximo necesario de 148,60 m³/día, el cual abastecerá un terreno de cultivo (maíz dulce, cebada y trigo) de 12 000,00 m². En

necesario mencionar que el terreno se encuentra ubicado en el Distrito de Carumas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, este sistema de riego funcionará con 8 tuberías laterales y cada una contará con 7 aspersores, totalizando una cantidad de 56 aspersores.

Asimismo, cada uno de estos aspersores trabajará con una presión de 4 bar, y es muy necesario e indispensable contar con un tanque de almacenamiento que tenga una capacidad mayor a 148,60 m³, con el fin de abastecer el riego de los cultivos mencionados diariamente y posteriormente obtener una buena producción.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Primera. La escorrentía se origina debido a que la precipitación es superior a la capacidad de infiltración que posee el suelo. La escorrentía superficial ocasiona la erosión en la superficie, estos efectos se aprecian en suelos poco permeables y en lugares donde se cuenta con poca vegetación, asimismo los factores climáticos y fisiográficos afectan la generación de escorrentía.

Segunda. Se tiene dos métodos de cálculo de escorrentía: Método racional y método de hidrograma unitario, el segundo es el método más exacto y sencillo.

Tercera. El agua es el recurso natural más importante para los seres vivos y para las diferentes actividades. El agua se debe utilizar de manera eficiente de tal manera que se logra optimizar y una buena distribución. Realizando los cálculos de Balance Hídrico actual ampliación irrigación asociación Laguna de Otorá se obtuvo 2,202 hm³ de agua

disponible y del diseño de riego por aspersión se obtuvo un caudal de 148,60 m³/día, el cual abastecerá un terreno de cultivo (Maíz dulce, cebada y trigo) de 12 000,00 m².

Cuarta. La escorrentía depende de la textura del suelo y podemos concluir del ejercicio de generación de escorrentía de la sub cuenca de Torata que a partir del día 20 de febrero del 2018 empieza a generarse la escorrentía superficial y el día 24 de Febrero del 2018 se obtuvo el coeficiente de escorrentía de 0,15 mm de la lluvia neta de 22,85 mm, los cuales son los valores máximos.

4.2. Recomendaciones

Primera. Se recomienda tomar en cuenta que la escorrentía puede presentarse de las siguientes formas como caudales medios mensuales, caudales anuales o módulos (promedio ponderado caudales mensuales), caudales medios diarios, caudales máximos y mínimos (anuales y mensuales) y caudales acumulados (volúmenes).

Segunda. Se recomienda utilizar el método de hidrograma sintético triangular del SCS para el cálculo de escorrentía, ya que permite obtener el caudal más exacto y es el más sencillo de calcular.

Tercera. Se recomienda que para diseñar un sistema de riego es importante realizar la evaluación de los costos y la eficiencia, ya que de esto depende la rentabilidad del Proyecto.

Cuarta. Se recomienda tener muy en cuenta las características y textura del suelo para poder calcular la capacidad de infiltración de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Administración Local del Agua. (2014). *Descargas promedios mensuales*.
Moquegua, Perú.

Administración Local del Agua. (2005). *Descargas promedios mensuales*.
Moquegua, Perú.

Administración Local del Agua. (1994). *Descargas promedios mensuales*.
Moquegua, Perú.

Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Disponibilidad y usos del agua*. Lima,
Perú.

Chow, V.T. (1994). *Hidrología aplicada*. Colombia: McGRAW-HILL
INTERAMERICANA, S.A.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de hidrología,
hidráulica y drenaje*. Recuperado de [http://transparencia.mtc.gob.pe/
idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)

Soil Conservation Service. (1986). *Hidrología*. Washington DC, Estados Unidos.