



**MINISTERIO DE AGRICULTURA**  
**INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS Y SUELOS**



ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO TACNA

# **EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CAPLINA Y UCHUSUMA**

## **ESTUDIO HIDROLÓGICO**



Tacna, Diciembre 2002

**MINISTERIO DE AGRICULTURA**  
**INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS Y SUELOS**

ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO TACNA

**EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS  
HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CAPLINA  
Y UCHUSUMA**

**ESTUDIO HIDROLÓGICO**

**PERSONAL DIRECTIVO**

Ing. José Rivas Lluncor	:	Director General de Aguas y Suelos
Ing. Mario Aguirre Núñez	:	Director de Recursos Hídricos e Irrigaciones
Ing. William Ricardo Salas La Madrid	:	Administrador del Distrito de Riego Tacna
Ing. Víctor Leandro Silva	:	Jefe de Hidrología

**PERSONAL EJECUTOR**

Ing. Máximo Gutiérrez Bernaola	:	Responsable del Proyecto de Recursos Hídricos Superficiales
Ing. Daniel Bernabé Loyaga Torres	:	Responsable de Hidrología
Ing. Miguel Angel Quispe Tintaya	:	Responsable de SIG
Ing. Herminio Nieto Melgarejo	:	Asistente de Hidrología

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Objetivos .....	1
<b>2. INFORMACIÓN BÁSICA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Cartografía .....	3
2.2 Mapas Temáticos.....	3
2.3 Hidrometeorología.....	4
2.4 Clima y Ecología.....	8
2.5 Geología.....	8
2.6 Suelos.....	12
2.7 Cobertura Vegetal.....	14
2.8 Estudios Anteriores Realizados.....	14
<b>3. UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL AMBITO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>15</b>
3.1 Ubicación Geográfica .....	15
3.2 Ubicación Política .....	15
3.3 División Hidrográfica y Superficie .....	16
<b>4. SISTEMA HIDROGRÁFICO E HIDRÁULICO .....</b>	<b>20</b>
4.1 Sistema Hidrográfico .....	20
4.1.1 Cuenca del río Caplina .....	20
4.1.2 Cuenca del río Uchusuma o Yungane.....	24
4.1.3 Cuenca del río Uchusuma .....	27
4.1.4 Cuenca del río Caño .....	31
4.1.5 Cuenca del río Maure.....	32
4.2 Sistema Hidráulico .....	37
4.2.1 Sistema Caplina .....	37
4.2.2 Sistema Uchusuma.....	39
4.2.3 Subsistema Kovire .....	42
<b>5. CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA CUENCA .....</b>	<b>44</b>
5.1 Cuenca del río Caplina.....	44
5.2 Cuenca del río Uchusuma o Yungane .....	48
5.3 Cuenca del río Uchusuma .....	52
5.4 Cuenca del río Maure .....	54
<b>6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA.....</b>	<b>58</b>
6.1 Variables Climáticas .....	58
6.1.1 Temperatura.....	58
6.1.2 Humedad Relativa.....	58
6.1.3 Horas de Sol .....	58
6.1.4 Velocidad del Viento .....	59
6.1.5 Evaporación.....	59

6.2	Evapotranspiración Potencial.....	59
6.2.1	Evapotranspiración a nivel del valle .....	59
6.2.2	Evapotranspiración Potencial media de la cuenca .....	61
<b>7.</b>	<b>ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA .....</b>	<b>64</b>
7.1	Registros Históricos.....	64
7.2	Análisis de Consistencia .....	64
7.2.1	Análisis de Histogramas y Saltos .....	64
7.3	Completación de Registros .....	66
<b>8.</b>	<b>ANÁLISIS PLUVIOMETRICO.....</b>	<b>68</b>
8.1	Ecuación Regional de Precipitación .....	68
8.2	Precipitación Media Anual y Mensual .....	70
8.3	Precipitación Media Anual de la Cuenca.....	70
8.3.1	Método de Thiessen .....	70
8.3.2	Método de Isoyetas .....	71
8.4	Precipitación Media Mensual de la Cuenca .....	71
8.5	Precipitación Mensual Histórica de la cuenca .....	73
<b>9.</b>	<b>ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA.....</b>	<b>76</b>
9.1	Red de Estaciones de Registros Históricos.....	76
9.1.1	Estación Calientes.....	76
9.1.2	Estación Piedras Blancas.....	76
9.1.3	Estación Huaylillas Sur .....	77
9.1.4	Estación Bocatoma Uchusuma .....	78
9.1.5	Estación Challapalca .....	78
9.1.6	Estación Chuapalca.....	78
9.1.7	Estación Vilacota .....	79
9.2	Análisis de Consistencias.....	79
9.2.1	Análisis de Histogramas y Saltos .....	79
9.3	Completación y extensión de la Información Hidrométrica .....	80
<b>10.</b>	<b>ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE MÁXIMAS AVENIDAS .....</b>	<b>81</b>
10.1	Determinación de frecuencia para diferentes distribuciones estadísticas.....	81
10.2	Prueba de bondad de ajuste y selección de mejor ajuste .....	81
<b>11.</b>	<b>DISPONIBILIDAD HÍDRICA .....</b>	<b>82</b>
11.1	Cuenca del río Caplina.....	82
11.1.1	Modelo Estocástico .....	82
11.1.2	Modelo Precipitación – Escorrentía.....	86
11.1.3	Caudal al 75% de persistencia .....	86
11.2	Cuenca del río Yungane.....	88
11.2.1	Caudal al 75% de persistencia .....	88
11.3	Cuenca del río Uchusuma .....	89
11.3.1	Caudal al 75% de persistencia .....	89
11.4	Cuenca del río Maure .....	89
11.4.1	Caudal al 75% de persistencia .....	89

<b>12. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA .....</b>	<b>91</b>
12.1 Sistema Caplina.....	91
12.1.1 Demanda – situación actual.....	91
12.1.2 Disponibilidad media y al 75 de persistencia– situación actual .....	91
12.1.3 Balance con disponibilidad al 75% de persistencia – situación actual ..	92
12.1.4 Balance con disponibilidad media – situación actual .....	93
12.2 Sistema Uchusuma .....	94
12.2.1 Demanda – situación actual.....	94
12.2.2 Disponibilidad media y al 75% de persistencia– situación actual.....	94
12.2.3 Disponibilidad media y al 75% de persistencia– situación futura.....	94
12.2.4 Balance con disponibilidad al 75% de persistencia – situación actual ..	95
12.2.5 Balance con disponibilidad media – situación actual .....	96
12.2.6 Balance con caudales al 75% de persistencia – situación futura.....	97
12.2.7 Balance con caudales medios mensuales – situación futura .....	98
<b>13. CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>

**ÍNDICE DE CUADROS**

CUADRO N°01.	ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	5
CUADRO N°02.	ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	6
CUADRO N°03.	ESTACIONES HIDROLÓGICAS.....	7
CUADRO N°04.	CLASIFICACION CLIMÁTICO - ECOLOGICA.....	8
CUADRO N°05.	SECUENCIA ESTRATIGRAFICA .....	12
CUADRO N°06.	ASOCIACIONES DE SUELO.....	13
CUADRO N°07.	COBERTURA VEGETAL.....	14
CUADRO N°08.	SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO CAPLINA.....	16
CUADRO N°09.	SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO YUNGANE.....	17
CUADRO N°10.	SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO UCHUSUMA.....	18
CUADRO N°11.	SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO MAURE .....	19
CUADRO N°12.	CAUCE PRINCIPAL - CAPLINA .....	44
CUADRO N°13.	RECTÁNGULO EQUIVALENTE – CAPLINA.....	45
CUADRO N°14.	CURVA HIPSOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA - CAPLINA.....	46
CUADRO N°15.	CAUCE PRINCIPAL - YUNGANE.....	48
CUADRO N°16.	RECTÁNGULO EQUIVALENTE – YUNGANE.....	49
CUADRO N°17.	CURVA HIPSOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA - YUNGANE.....	50
CUADRO N°18.	CAUCE PRINCIPAL - UCHUSUMA.....	52
CUADRO N°19.	RECTÁNGULO EQUIVALENTE - UCHUSUMA .....	52
CUADRO N°20.	CURVA HIPSOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA - UCHUSUMA.....	53
CUADRO N°21.	CAUCE PRINCIPAL - MAURE .....	55
CUADRO N°22.	RECTÁNGULO EQUIVALENTE - MAURE.....	55
CUADRO N°23.	CURVA HIPSOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA - MAURE .....	56
CUADRO N°24.	INFORMACION CLIMÁTICA REQUERIDA.....	60
CUADRO N°25.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN EL VALLE DE TACNA .....	60
CUADRO N°26.	ZONA DE INFLUENCIA DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS .....	61
CUADRO N°27.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS MAURE Y UCHUSUMA.....	62
CUADRO N°28.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN LA CUENCA DE LOS RIOS CAPLINA Y YUNGANE.....	63
CUADRO N°29.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SALTOS – GRUPO 1 .....	64
CUADRO N°30.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS – GRUPO 2.....	65
CUADRO N°31.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS – GRUPO3.....	66
CUADRO N°32.	ECUACIÓN REGIONAL CUENCAS DE VERTIENTE DEL PACÍFICO.....	68
CUADRO N°33.	ECUACIÓN REGIONAL DE LA CUENCA DE LOS RIOS CAPLINA, YUNGANE Y UCHUSUMA.....	69
CUADRO N°34.	ECUACIÓN REGIONAL DEL RIO MAURE .....	69
CUADRO N°35.	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL (mm).....	70
CUADRO N°36.	PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL – CUENCA DEL RIO CAPLINA.....	72

CUADRO N°37.	PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL – CUENCA DEL RIO YUNGANE .....	72
CUADRO N°38.	PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL – CUENCA DEL RIO UCHUSUMA .....	72
CUADRO N°39.	PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL – CUENCA DEL RIO MAURE.....	73
CUADRO N°40.	PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO CAPLINA .....	73
CUADRO N°41.	PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO YUNGANE .....	74
CUADRO N°42.	PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO UCHUSUMA .....	74
CUADRO N°43.	PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO MAURE.....	75
CUADRO N°44.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS – GRUPO 1 .....	79
CUADRO N°45.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS – GRUPO 2.....	80
CUADRO N°46.	PERIODO DE RETORNO ADOPTADOS.....	81
CUADRO N°47.	TRANSFORMACION Y PARAMETROS DEL MODELO PARMA (1,0).....	83
CUADRO N°48.	COMPARACIÓN ENTRE SERIE HISTÓRICA Y GENERADOS.....	84
CUADRO N°49.	ANÁLISIS DE SEQUIA Y DE CAPACIDAD DE EMBALSE .....	85
CUADRO N°50.	CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE HISTÓRICA) – RIO CAPLINA....	87
CUADRO N°51.	CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIES GENERADAS POR MODELO ESTOCÁSTICO) – RIO CAPLINA.....	87
CUADRO N°52.	CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE GENERADA POR MODELO PRECIPITACION - ESCORRENTIA) – RIO CAPLINA.....	88
CUADRO N°53.	CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE HISTÓRICA) – RIO YUNGANE .	88
CUADRO N°54.	CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE HISTÓRICA) – RIO UCHUSUMA 89	
CUADRO N°55.	CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE HISTÓRICA) – RIO MAURE .....	90
CUADRO N°56.	PADRÓN GENERAL DE USUARIOS DE AGUA CON FINES NO AGRARIOS – RIO CAPLINA.....	91
CUADRO N°57.	BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO CAPLINA – CAUDALES AL 75% DE PERSISTENCIA.....	92
CUADRO N°58.	BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO CAPLINA – CAUDALES MEDIOS MENSUALES 93	
CUADRO N°59.	PADRÓN GENERAL DE USUARIOS DE AGUA CON FINES NO AGRARIOS – RÍO UCHUSUMA O YUNGANE.....	94
CUADRO N°60.	BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO YUNGANE – CAUDALES AL 75% DE PERSISTENCIA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
CUADRO N°61.	BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO YUNGANE – CAUDALES MEDIOS MENSUALES.....	96
CUADRO N°62.	DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°01.	INFORMACIÓN CARTOGRAFICA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
FIGURA N°02.	PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE PRINCIPAL - CAPLINA 47	
FIGURA N°03.	PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE PRINCIPAL – YUNGANE.....	51
FIGURA N°04.	PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE - UCHUSUMA.....	54

FIGURA N°05. PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE PRINCIPAL - MAURE

57

## 1. INTRODUCCIÓN

La escasez del recurso hídrico en el Distrito de Riego Tacna a conducido a los usuarios y al propio estado a la búsqueda de fuentes alternativas del recurso, siendo así que se han desarrollado importantes inversiones para incrementar la oferta del agua mediante transvases o traslado de aguas procedentes de las cuencas de los ríos Uchusuma y Maure, así como la explotación de aguas subterráneas en las Pampas de la Yarada y Hospicio.

Esta problemática hace evidente la necesidad del uso óptimo, racional y sostenible del recurso hídrico enmarcado bajo en un enfoque integral, evaluando la disponibilidad, calidad y el uso de los recursos hídricos superficiales y subterráneos razón por la cual la Administración Técnica del Distrito de Riego Tacna y la Dirección General de Aguas y Suelos del INRENA en coordinación con las Organizaciones de Usuarios, han desarrollado en el año 2002 el proyecto: **“Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la cuenca de los ríos Caplina y Uchusuma”**

El proyecto esta compuesto por cuatro estudios:

- Estudio Hidrológico,
- Estudio Hidrogeológico,
- Estudio de Calidad de Aguas,
- Estudio de la Evaluación del Sistema de Riego;

siendo materia del presente informe **El Estudio Hidrológico** que tiene por finalidad evaluar los recursos hídricos disponibles.

### 1.1 Antecedentes

La escasez del recurso hídrico en las Cuencas de los Ríos Caplina y Uchusuma han atraído la atención de diversas instituciones que han elaborado estudios y proyectos a diferentes niveles con el fin de mejorar la disponibilidad del recurso hídrico.

Merece especial atención el Estudio Realizado por la ONERN en el año de 1976 que constituye uno de los estudios técnicos más completos de la Cuenca de los Ríos Caplina y Uchusuma, así también existen diversos estudios desarrollados por el Proyecto Especial Tacna en el ámbito de las cuencas de los Ríos Uchusuma y Maure que se vienen desarrollando hasta el día de hoy.

### 1.2 Objetivos

El objetivos general del proyecto es mejorar la gestión de los recursos hídricos de la cuenca de los ríos Caplina y Uchusuma en general y del sistema de riego del valle en particular, el mismo que se logrará mediante la evaluación de la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en cantidad y en calidad así como la evaluación del uso múltiple de los recursos hídricos.

Los objetivos específicos del Estudio Hidrológico son los siguientes:

- Determinación de la Disponibilidad Hídrica en las cuencas de los ríos Caplina y Uchusuma para buscar mejorar la gestión de la cuenca.

- Inventario de las Fuentes de agua y determinación de los usos del agua en la zona alto andina perteneciente a las cuencas de los ríos Caplina y Uchusuma.
- Determinación de la magnitud y frecuencia de máximas avenidas de los ríos más importantes en el distrito de Riego Tacna para definir el riesgo probable sobre los terrenos de cultivo, población e infraestructura hidráulica.

## 2. INFORMACIÓN BÁSICA

### 2.1 Cartografía

Para la elaboración del presente estudio, se ha utilizado la siguiente información cartográfica impresa y en formato digital adquirida del Instituto Geográfico Nacional (IGN):

#### Carta Nacional (Impresa)

Escala:	1/100000
Cartas:	35-v Tarata
	35-x Río maure
	35-y Antajave
	36-u Locumba
	36-v Pachía
	36-x Palca
	37-u La Yarada
	37-v Tacna

#### Carta Nacional (Formato digital: SIG Vectorial)

Tipo de Archivo:	DGN y SHAPE
Coberturas:	Orografía (Ríos, Lagunas, Nevados, Cordilleras, etc.)
	Topografía (cada 50m)
	Centros poblados
	Vías existentes para el transporte terrestre
Carta digital:	35-v Tarata
	35-x Maure
	35-y Antajave
	36-u Locumba
	36-v Pachía
	36-x Palca
	37-u La Yarada
	37-v Tacna
	37-x Hualillas

La información cartográfica ha servido para elaborar el mapa base del ámbito del estudio hidrológico (**MAPA N°01**)

### 2.2 Mapas Temáticos

Para la elaboración de los mapas temáticos, se ha utilizado los siguientes mapas desarrollados por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) y el Proyecto Especial Tacna (PET):

#### Mapas temáticos

Fuente:	Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN 1984)
Formato:	Imagen
Tipo de Archivo:	BMP
Mapas:	Mapa Climático – Ecológico (zonas de vida)

### Mapas temáticos

Fuente:	Proyecto Especial Tacna (PET 2001)
Formato:	SIG Vectorial
Tipo de Archivo:	SHP
Mapas:	Mapa de Suelos y Capacidad de Uso Mayor Mapa Geológico Mapa de Cobertura Vegetal

## 2.3 Hidrometeorología

Se ha recopilado la Información Hidrometeorológica existente en la Administración Técnica del distrito de Riego Tacna y en el Proyecto Especial Tacna (PET), así mismo se ha adquirido del SENAMHI, la información complementaria y actualizada.

Para el análisis climático y precipitación se recurrió a los registros mensuales de 41 Estaciones entre climatológicas y pluviométricas, 16 de ellas ubicadas en las cuencas del área del estudio mientras que las restantes están localizadas en las cuencas de los ríos Sama, Locumba e Ilave. Los parámetros existentes son Precipitación mensual, Evaporación mensual, Heliofania media mensual, Temperatura mínima, media y máxima mensual, Humedad Relativa mínima, media y máxima mensual, y Velocidad del Viento media mensual. Para mayor información en el **CUADRO N°01 y 02**, se enumeran dichas estaciones, indicando los periodos de registros disponibles.

Para el análisis hidrométrico se han recopilado 16 Estaciones Hidrológicas localizadas en las cuencas del ámbito del estudio. Los parámetros existentes son Caudales Mensuales Máximos, Mínimos y Medios, así también existen registros de Caudales Medios Diarios de algunas estaciones. Para mayor información en el **CUADRO N°03**, se enumeran dichas estaciones, indicando los periodos de registros disponibles.

Las estaciones enumeradas en los cuadros a continuación se les ha asignado un código que permitirá una mejor manejo de los registros en el Sistema de Información Hidrológica. La red de estaciones hidrometeorológicas se presentan en el **MAPA N°02**

CUADRO N°01. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

CODIGO DE ESTACION	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO DE ESTACION	UBICACIÓN HIDROGRAFICA CUENCA	UBICACIÓN POLITICA			UBICACIÓN GEOGRAFICA			AÑOS DE REGISTRO									
				DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PRECIPITACION MENSUAL	EVAPORACION TOTAL MENSUAL	HELIOFANIA MEDIA MENSUAL	HUMEDAD RELATIVA (%)			TEMPERATURA			VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL
													MAXIMA MENSUAL	MEDIA MENSUAL	MINIMA MENSUAL	MAXIMA MENSUAL	MEDIA MENSUAL	MINIMA MENSUAL	
158338	CALANA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CAPLINA	TACNA	TACNA	CALANA	70°11' W	17°56' S	875	1964 - 2001	1964 - 2001	1968 - 1999	1998 - 2002	1964 - 1999	1998 - 2002	1964 - 1999		1964 - 1999	1980 - 1999
158353	LA YARADA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CAPLINA	TACNA	TACNA	TACNA	70°23' W	18°14' S	58	1972 - 2001	1972 - 1999	1972 - 1995	1998 - 2002	1972 - 1999	1998 - 2002	1972 - 1999	1972 - 1999	1972 - 1999	1972 - 1999
159101	MAGOLLO	PLUVIOMETRICA	CAPLINA	TACNA	TACNA	TACNA	70°20' W	18°07' S	288	1964 - 2001	1995 - 1998		1997 - 2001	1995 - 1998	1997 - 2001	1995 - 1998		1995 - 1998	
158319	CALIENTES	PLUVIOMETRICA	CAPLINA	TACNA	TACNA	PACHIA	70°07' W	17°52' S	1325	1964 - 2001			1998 - 2002	1996 - 1999	1998 - 2002	1996 - 1999		1996 - 1999	
158321	PALCA	PLUVIOMETRICA	CAPLINA	TACNA	TACNA	PALCA	69°58' W	17°46' S	3142	1965 - 2001									
158355	TOQUELA	PLUVIOMETRICA	CAPLINA	TACNA	TACNA	PACHIA	69°56' W	17°38' S	3650	1964 - 2001									
159102	LLUTA	PLUVIOMETRICA	CAPLINA	TACNA	TACNA	TACNA	70°02' W	17°50' S	1950	1964 - 1966									
158354	TACNA*	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CAPLINA	TACNA	TACNA	CALANA	70°11' W	17°56' S	875	1932 - 1991	1931 - 1934					1950 - 1972	1950 - 1972	1950 - 1972	
158339	JORGE BASADRE	METEOROLOGICA AGRICOLA PRINCIPAL	CAPLINA	TACNA	TACNA	TACNA	71°15' W	18°01' S	560	1993 - 2001	1993 - 1999	1993 - 1998		1993 - 1999			1993 - 1999	1993 - 1999	1993 - 1998
158328	PAUCARANI	PLUVIOMETRICA	UCHUSUMA	TACNA	TACNA	PALCA	69°47' W	17°31' S	4600	1946 - 2001									
158356	AYRO	PLUVIOMETRICA	UCHUSUMA	TACNA	TACNA	PALCA	69°37' W	17°34' S	4250	1986 - 2001	1993 - 2000								
158330	CHUAPALCA	PLUVIOMETRICA	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	69°39' W	17°21' S	4250	1964 - 2001	1994 - 2001					1997 - 1998		1997 - 1998	
158357	CHALLAPALCA	PLUVIOMETRICA	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	69°47' W	17°13' S	4250	1964 - 2001									
158320	VILACOTA	PLUVIOMETRICA	MAURE	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	70°03' W	17°07' S	4390	1964 - 2001	1994 - 1998					1997 - 1998		1997 - 1998	
158358	KOVIRE	PLUVIOMETRICA	MAURE	TACNA	TARATA	TICACO	69°56' W	17°12' S	4350	1990 - 2001									
158359	KOVIRE (Bofedal)	PLUVIOMETRICA	MAURE	TACNA	TARATA	TICACO	69°56' W	17°12' S	4389		1990 - 2001								
158337	SAMA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	SAMA	TACNA	TACNA	INCLAN	70°31' W	17°47' S	552	1964 - 2001	1975 - 1999								
158333	TARATA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	SAMA	TACNA	TARATA	TARATA	70°02' W	17°28' S	3068	1964 - 2001	1975 - 1999								
158360	JARUMAS	PLUVIOMETRICA	SAMA	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	67°56' W	17°22' S	4450	1978 - 1983									
158312	HDA. PUQUIO	PLUVIOMETRICA	SAMA	TACNA	TACNA	INCLAN	70°23' W	17°46' S	900	1964 - 1997									
158361	TALABAYA	PLUVIOMETRICA	SAMA	TACNA	TARATA	ESTIQUE	69°59' W	17°33' S	3400	1965 - 2001									
158318	SITAJARA	PLUVIOMETRICA	SAMA	TACNA	TARATA	SITAJARA	70°08' W	17°22' S	3100	1964 - 2001									
158317	SUSAPAYA	PLUVIOMETRICA	SAMA	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	70°08' W	17°21' S	3399	1964 - 2001									

**CUADRO N°02. ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

CODIGO DE ESTACION	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO DE ESTACION	UBICACIÓN HIDROGRAFICA CUENCA	UBICACIÓN POLITICA			UBICACIÓN GEOGRAFICA			AÑOS DE REGISTRO									
				DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PRECIPITACION MENSUAL	EVAPORACION TOTAL MENSUAL	HELIOFANIA MEDIA MENSUAL	HUMEDAD RELATIVA (%)			TEMPERATURA			VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL
													MAXIMA MENSUAL	MEDIA MENSUAL	MINIMA MENSUAL	MAXIMA MENSUAL	MEDIA MENSUAL	MINIMA MENSUAL	
158368	ICHICOLLO	PLUVIOMETRICA	SAMA	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	70°05' W	17°15' S	4150	1994 - 2001	1994 - 1997								
158362	COYPA COYPA	PLUVIOMETRICA	ILAVE	PUNO	EL COLLAO	SANTA ROSA	69°56' W	17°01' S	4450	1964 - 1997									
158324	CHICHILLAPI	PLUVIOMETRICA	ILAVE	PUNO	EL COLLAO	SANTA ROSA	69°44' W	16°55' S	4050	1964 - 1996									
158363	LLUSTA	PLUVIOMETRICA	ILAVE	PUNO	EL COLLAO	SANTA ROSA	69°44' W	16°56' S	4005		1989 - 1996								
158335	LOCUMBA	CILMATOLOGICA ORDINARIA	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE GROHMANN	LOCUMBA	70°46' W	17°37' S	559	1975 - 2001	1975 - 1997								
158332	MIRAVE	CILMATOLOGICA ORDINARIA	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE GROHMANN	ILABAYA	70°33' W	17°29' S	1150	1964 - 1982									
158331	CANDARAVE	CILMATOLOGICA ORDINARIA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	70°15' W	17°16' S	3415	1964 - 2001	1972 - 1998								
158364	SUCHES	CILMATOLOGICA ORDINARIA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	70°23' W	16°55' S	4452	1956 - 2001	1956 - 2001								
158327	TACALAYA	CILMATOLOGICA ORDINARIA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAIRANI	70°25' W	17°03' S	4400	1952 - 2001	1956 - 2001								
158365	QDA. HONDA	CILMATOLOGICA ORDINARIA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAMILACA	70°30' W	17°09' S	4200	1966 - 2001	1965 - 2001								
158300	ITE	PLUVIOMETRICA	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE GROHMANN	ITE	70°58' W	17°51' S	150	1965 - 2001									
158311	ILABAYA	PLUVIOMETRICA	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE GROHMANN	ILABAYA	70°31' W	17°25' S	1425	1964 - 2001									
158315	CURIBAYA	PLUVIOMETRICA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CURIBAYA	70°20' W	17°23' S	2350	1964 - 2001									
158313	CAIRANI	PLUVIOMETRICA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAIRANI	70°22' W	17°17' S	3205	1964 - 2001									
158306	CAMILACA	PLUVIOMETRICA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAMILACA	70°26' W	17°16' S	3330	1964 - 1986									
158366	ARICOTA	CILMATOLOGICA ORDINARIA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	QUILAHUANI	70°14' W	17°20' S	2850	1993 - 2001	1993 - 2001								
158367	VIZCACHAS	CILMATOLOGICA ORDINARIA	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	70°15' W	17°16' S	4625	1994 - 2000	1991 - 2001								
158325	TOQUEPALA	PLUVIOMETRICA	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE GROHMANN	ILABAYA	69°56' W	17°38' S	3650	1952 - 2001									

\* La Estación de Tacna se considera desde 1932 en la ubicación 70°15' Y 18°00 hasta su ubicación en Corpac de 1950 - 1991

**CUADRO N°03. ESTACIONES HIDROLÓGICAS**

CODIGO DE ESTACION	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO DE ESTACION	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		UBICACIÓN POLITICA			UBICACIÓN GEOGRAFICA			AÑOS DE REGISTRO	
			CUENCA	FUENTE DE AGUA	DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (m.s.n.m.)	CAUDAL DIARIO	CAUDAL MAX. MIN. Y MEDIO MENSUAL
205201	CALIENTES	LIMNIGRAFICA	CAPLINA	RIO CAPLINA	TACNA	TACNA	PACHIA	70°07' W	17°51' S	1300	1949 - 2001	1939 - 2001
205202	PIEDRAS BLANCAS	LIMNIGRAFICA	UCHUSUMA O YANGANE	CANAL UCHUSUMA	TACNA	TACNA	CALANA	70°11' W	17°58' S	800	1936 - 2001	1939 - 2001
205203	HUAYLILLAS SUR	LIMNIGRAFICA	UCHUSUMA O YANGANE	CANAL UCHUSUMA	TACNA	TACNA	PALCA	69°49' W	17°48' S	4250		1975 - 1984
205204	PUENTE UCHUSUMA	LIMNIGRAFICA	UCHUSUMA	CANAL UCHUSUMA	TACNA	TACNA	PALCA	69°37' W	17°35' S	4255	1991 - 2001	1991 - 2000
205205	BOCATOMA UCHUSUMA (AYRO)	LIMNIGRAFICA	UCHUSUMA	RIO UCHUSUMA	TACNA	TACNA	PALCA	69°38' W	17°34' S	4260	1963 - 1989	1963 - 2000
205206	PATAPUJO	LIMNIMETRICA	UCHUSUMA	CANAL PATAPUJO	TACNA	TACNA	PALCA	69°38' W	17°34' S	4250		1991 - 2000
205207	LA FRONTERA	LIMNIGRAFICA	MAURE	RIO MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	69°27' W	17°28' S	4000		1964 - 2000
205208	CHUAPALCA	LIMNIGRAFICA	MAURE	RIO MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	69°39' W	17°18' S	4158	1990 - 2001	1963 - 2000
205209	CHILICULCO	LIMNIMETRICA	MAURE	RIO CHILICULCO	PUNO	EL COLLAO	CAPAZO	69°45' W	17°11' S	4400		1989 - 1996
205210	CHALLAPALCA	LIMNIMETRICA	MAURE	RIO MAURE	TACNA	TARATA	TICACO	69°47' W	17°13' S	4230		1964 - 1973
205211	COPAPUJO	LIMNIMETRICA	MAURE	MANANTIAL COPAPUJO	TACNA	TARATA	TARATA	69°46' W	17°16' S	4235		1990 - 1996
205212	MAMUTA N°01	LIMNIMETRICA	MAURE	MANANTIAL MAMUTA 1	TACNA	TARATA	TARATA	69°38' W	17°34' S	4250		1990 - 1997
205213	MAMUTA N°02	LIMNIMETRICA	MAURE	MANANTIAL MAMUTA 2	TACNA	TARATA	TARATA	69°38' W	17°34' S	4250		1990 - 1997
205214	KOVIRE(bofedal)	LIMNIMETRICA	MAURE	RIO ANCOAQUE	TACNA	TARATA	TICACO	69°55' W	17°12' S	4350		1988 - 2001
205215	ENTRADA KOVIRE	LIMNIMETRICA	MAURE	RIO ANCOAQUE	TACNA	TARATA	TICACO	69°55' W	17°12' S	4391.51		1996 - 2001
205216	VILACOTA	LIMNIMETRICA	MAURE	RIO QUILVIRE	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	70°04' W	17°02' S	4400		1964 - 1998

## 2.4 Clima y Ecología.

Esta basada en los conceptos generalizados de los sistemas originales de los Drs. Warren Thornwaite y Leslie R. Holdrige, el mismo que ha sido utilizado por la ONERN en la elaboración de mapas climáticos del Perú descrito en el informe titulado “Inventario Regional de Aguas Superficiales del Sur del Perú” de ONERN 1984.

En esta clasificación se han reconocido 9 formaciones ecológicas correspondientes a los diferentes pisos altitudinales que se describen en el **CUADRO N°04** indicando, en cada formación ecológica, las características de suelo, vegetación y uso actual de la tierra.

Para las cuencas de los ríos Caplina y Yungane en la vertiente del Pacífico predomina una zona sin escurrimiento en la cuenca baja mientras que en la cuenca media existen formaciones ecológicas matorral desértico y estepa montano Templado cálido, y finalmente en la cuenca alta una zona de páramo húmedo Subalpino Templado cálido, tundra muy húmeda Alpino Subtropical y pequeñas zona de Nivales propia de los nevados.

Por otro lado las cuencas de los ríos Uchusuma, Caño y Maure, pertenecientes a la vertiente del lago Titicaca, están gobernados predominantemente por una zona de formación ecológica páramo húmedo subalpino Templado cálido con zonas reducidas de páramo húmedo Subalpino Subtropical y Tundra muy húmeda así como de presencia de zonas de Nivales. Para mayor información ver el **MAPA N°03**

**CUADRO N°04. CLASIFICACION CLIMÁTICO - ECOLOGICA**

FORMACION ECOLOGICA	TIPO CLIMATICO	SIMBOLOGIA	SUELOS	VEGETACION	USO ACTUAL Y POTENCIAL DE LA TIERRA
DESIERTO DESECADO *	TEMPLADO CALIDO	s/e	Propios de desiertos (gipsicos, xerosoles solanchaks)	Escasa: algunos arbustos xerófitos	Supeditada a la disponibilidad de agua. Posibles para ampliación de la frontera agrícola.
	SUBTROPICAL				
DESIERTO PERARIDO *	TEMPLADO CALIDO		Superficiales (litosoles y xerosoles)	Escasa: cactácea, hierbas efímeras, arbustos	Con riego prosperan hortalizas y frutales. Para cultivos intensivos.
DESIERTO PERARIDO MONTANO BAJO *	SUBTROPICAL				
MATORRAL DESERTICO MONTANO	TEMPLADO CALIDO	md - MTc	Superficiales (litosoles y regosoles)	Escasa: xerofíticas achupalla, pacpa. Junto a cursos de agua, sauce, aliso, chilca, pajarito bobo.	Agricultura bajo riego y subsistencia. Cultivos: maíz, cereales, papa, hortalizas, frutales, forrajes.
ESTEPA MONTANO	TEMPLADO CALIDO	e - MTc	Profundos de textura media, calcáreos, andosoles vítricos, litosoles	Poa, festuca, tola, toya, cactus (caracashua o anjishija)	Agricultura de secano para ganadería extensiva. Cultivo: cebada, papa
PARAMO HUMEDO SUBALPINO	SUBTROPICAL	ph - Sas	Medianamente profundos, van de litosoles a gleysoles y orgánicos	Ichu, pajonales (Festuca) quinal gynoxys, cactus yareta.	Productiva de pastos altoandinos. Sobrepastoreo.
	TEMPLADO CALIDO	ph - SaTc			
TUNDRA MUY HUMEDA ALPINO	SUBTROPICAL	tmh - As	Tipo andosoles y litosoles, de textura media	Ichu negro, tola escasa, condorripa, huamanripa.	Pastos naturales. Sobrepastoreo.
	TEMPLADO CALIDO	tmh - ATc			
NIVAL	SUBTROPICAL	N - s	Líticos, peñascos	Algunas algas y minúsculos líquenes, crustáceos sobre nieve.	Zonas de alimentación de aguas hasta los ríos. Zonas de alpinismo.
	TEMPLADO CALIDO	N - Tc			

\* Sin escorrentia (s/e)

FUENTE: INVENTARIO REGIONAL DE AGUAS SUPERFICIALES DEL SUR DEL PERU, ONERN - 1984

## 2.5 Geología.

La información Geológica obtenida del Diagnostico de Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas: Caplina, Sama, Locumba y Maure – Uchusuma (Proyecto Especial Tacna) se presenta en el **CUADRO N° 5** donde se indica la secuencia estratigráfica y formaciones geológicas presentes en el ámbito del estudio.

Las características de las formaciones geológicas se describen a continuación:

### **Depósitos Morrénicos**

Son depósitos que se ubican en las partes altas y intermedias de los conos volcánicos, mostrando formas alargadas o lomadas aisladas, que evidencian los avances glaciares ocurridos en el Pleistoceno.

### **Depósitos de Sinter**

Son depósitos producto de concentraciones de sílice y boratos que tiene su origen en la actividad hidrotermal. Las aguas termales cargadas de sílice, boratos y eventualmente carbonatos, poco a poco forman costras de sílice formando depósitos de Sinter que dan la apariencia de ser rocas antiguas que causan confusión algunas veces. El Sinter se forma durante el proceso de petrificación de las borateras, formado estratos muy duros de color marrón claro. Generalmente se encuentran en las borateras más antiguas, que están en proceso de extinción, como en Pilar Pampa, Juntupujo, etc.

### **Depósitos Eólicos**

Estos depósitos provienen de la erosión producida por el viento de las rocas adyacentes no tienen mucho espesor.

### **Depósitos de Cenizas**

En el sector de cerro Blanco, se observa materiales volcánicos mayormente finos (cenizas) con lapilli y otros más gruesos no consolidados, que al parecer han sido depositados por las últimas fases volcánicas explosivas del sur andino. Configuran terrenos áridos de suelos arenosos y porosos de aspecto terroso infértil.

### **Depósitos Aluviales**

En la zona del altiplano cubren extensas pampas formando terrazas y llanuras aluviales, dentro de este grupo se incluyen a los depósitos netamente fluviales conformados por materiales heterogéneos, bien redondeados, con cierta selección, de naturaleza y composición variable que se ubican en el lecho del río.

### **Depósitos Fluviales**

Estos depósitos están constituidos por acumulaciones de gravas poligénicas, de forma subangulares o subredondeadas, arenas gruesas que se encuentran relleno los lechos de los ríos y quebradas. Estos materiales carecen de consolidación y selección.

### **Depósitos Fluvioglaciares**

Son rocas que se encuentran alrededor de los centros volcánicos en sus sectores intermedios y bajos, extendiéndose en algunos casos hacia las pampas. Estos depósitos están formados por materiales mayormente volcánicos, sin estratificación y escasa selección de sus fragmentos, variando en los tamaños de arena gruesa, gravilla, grava, bloques grandes y eventualmente bloques heterogéneos, cuya dimensión refleja la capacidad de transporte y erosión sufrida.

### **Volcánico Ichuralla**

Se trata de una secuencia de piroclásticos masivos, cenizas y lapillis con estratificación pobre, tonalidades amarillo ocre y contenido abundante de fragmentos de pómez de hasta 6 cm. En la parte media presenta bancos de brecha piroclástica con fragmentos angulosos o bloques de hasta 0.50 m, estratificados con buzamiento variable, duros y cementados. En la parte superior se expone cenizas o arenas volcánicas finas con estructuras de flujo, lapillis de pómez en estratos intercalados de color amarillo.

Hacia el norte y nordeste sus afloramientos paulatinamente se disipan frente a Azancallani y Pinahue, cubriendo los depósitos aluviales y fluvioglaciares indicando su posición encima de una morfología moderna.

### **Volcánico Paucarani**

Comprende derrames lávicos a partir de conos de volcanes recientes bien formados y los piroclastos, que forman pedimentos estructurales concéntricos; como los derrames de la localidad de Paucarani.

### **Volcánico Purupuruni**

Aflora en un sector de la cordillera, reposando con discordancia sobre el Volcánico Barroso. Las localidades típicas son los Cerros Purupuruni y Palluta.

Litológicamente consiste de derrames dacíticos con alto contenido de fenocristales (más de 50%) de plagioclasa y biotita, textura porfirítica con poca matriz y de baja densidad debido a su característica débilmente esponjosa.

Estas tobas con contenido característico de líticos se interpreta como precursores de la extrusión final de los domos Purupuruni, teniendo el mismo centro de origen. También se incluye algunos mantos de arena volcánicas de grano fino a medio de coloración gris que se encuentran adosadas en el flanco oeste y noroeste del cerro Jucure.

### **Volcánico Barroso**

Tiene amplia distribución en la zona de influencia, se le encuentra constituyendo una serie de conos volcánicos. Estas superficies generalmente se encuentran tapizadas por materiales fluvioglaciares y soportando disección incipiente por concentración de la escorrentía superficial.

### **Volcánico Chila**

Corresponde a efusiones lávicas y piroclásticos que conforman la base del Barroso. Está constituido por series alternantes de derrames andesíticos de color gris y piroclásticos.

En el Cerro Chila, presenta una litología que consiste de alternancia de bancos de brechas, conglomerados con clastos grandes y en niveles superiores hay presencia de derrames andesíticos de textura porfirítica.

### **Formación Capillune**

Mendível (1965) señala como Formación Capillune a sedimentos con estratificación horizontal constituidas por intercalaciones de areniscas, limolitas y piroclásticos, afloramientos más conspicuos se ha observado al noreste de La Boratera, aguas arriba de Kovire.

### **Formación Sencca**

Consiste de tobas blanquecinas que aparecen principalmente en los cortes de los ríos Maure y Caño. Son de naturaleza riolítica y como algo característico engloban fragmentos de pómez y gránulos de cuarzo de tonalidad violácea.

Se encuentra reposando casi concordantemente sobre la Formación Maure e infrayace a volcánicos presumiblemente del Barroso y a depósitos fluvio-glaciares.

### **Formación Maure**

Su descripción como Grupo considera volcánicos interestratificados (Ignimbritas, tobas aéreas, lavas, andesitas basálticas) y sedimentos lacustres donde predominan tobas retrabajadas, limolitas, fangolitas, calizas con algunas areniscas, conglomerados y lutitas negras.

Se establece que este Grupo es de ámbito regional y se le asigna un espesor entre 500 y 1000 m

Una buena exposición se encuentra en el lugar de Pocuyo donde se puede observar una columna de aproximadamente 70 m predominantemente de piroclásticos, constituida en su parte superior por cenizas finas de color beige, arenas volcánicas, horizontes delgados de lapilli de pómez color crema, areniscas tufáceas, cenizas blancas dacíticas y lentes de flujos piroclásticos color marrón.

Esta unidad reposa discordantemente sobre el Grupo Puno e infrayace con discordancia no muy pronunciada a los Volcánicos Sencca y con ligera discordancia a los Volcánicos Barroso, se observa una mayor difusión en territorio boliviano.

### **Volcánico Huillacollo**

Como tal se considera a una serie volcánica compuesta de derrames lávicos andesíticos y riolíticos, con algo de piroclastos y tufos; que por lo general se les relaciona con las fases volcánicas superiores del Grupo Toquepala.

Se le diferencia por haber sido identificado en las inmediaciones del cerro Huillacollo donde adquiere una especial configuración.

### **Formación Puno**

Presenta una secuencia de areniscas, brechas y derrames lávicos con intercalaciones de conglomerados con clastos de diferentes naturaleza.

Como los afloramientos no son muy extensos no ha sido posible establecer una columna estratigráfica completa, a estas secuencias se les considera perteneciente al Grupo Puno y por tanto se asigna a una edad Cretácico Superior – Terciario Inferior. En los cortes naturales del río Caño, al sureste de Chiluyo Chico se observa que éste grupo infrayace con fuerte discordancia a la Formación Maure.

Cerca de Pocuyo se observa una secuencia de brechas volcánicas andesíticas, algo violáceas conteniendo clastos de hasta 0.70 m, luego conglomerados con clastos bien trabajados, con cierto grado de meteorización adoptando tonalidades algo rojizas por oxidación, luego un grueso banco de areniscas bien estratificadas, algo friables de grano medio y tonalidad rojiza. La secuencia descrita está cruzada transversalmente al rumbo de las capas por numerosos diques andesíticos.

En el sector del cerro Huancarama, en ambas márgenes del río Maure, este grupo, está constituido predominantemente por areniscas de grano medio a grueso algo friables, con intercalaciones de horizontes conglomerádicos.

En el **MAPA N°04** se muestra la distribución de las formaciones geológicas en el ámbito del estudio.

**CUADRO N°05. SECUENCIA ESTRATIGRAFICA**

ERA	SISTEMA	SERIE	FORMACION
MESOZOICO	TERCIARIO	PLEISTOCENO	Depósitos Morrenicos (Q-mo)
			Depósitos de Sinter (Q-s)
			Depósito eólico reciente (Qr-e)
			Depósitos de Cenizas (Qr-cz)
			Depósito aluvial subreciente (Qr-al)
			Depósito Fluvial (Qr-fl)
		SUPERIOR	Depósitos Fluvioglaciares (Qp-fg)
			Volcánico Ichuralla (Qp-vich)
			Volcánico Paucarani (Q-vpa)
			Volcánico Purupuruni (TQ-pu)
			Grupo Barroso (TQ-ba)
			Volcánico Chila (TQ-vchi)
			Formación Capillune (Ts-ca)
			Volcánico Sencca (Tp-vse)
			Formación Maure (Ts-vma)
INFERIOR	Formación Huyllillas (Ts-vhu)		
	Formación Moquegua (Ts-mq)		
	Volcánico Huilacollo (Ti-vh)		
CRETACEO	SUPERIOR	Granodiorita (Kti-gd)	
		Grupo Puno (Kti-Gp)	
		Formación Chulluncane (Ki-cha)	
	INFERIOR	Formación Tarata (Kti-ta)	
		Formación Toquepala (Kti-to)	
		Formación Chachacumane (Ki-cha)	
JURASICO	SUPERIOR	Formación Ataspaca (Js-a)	
		Formación San Francisco (Jm-sf)	
	INFERIOR	Formación Pelado (Ji-p)	
		Volcánico Junerata (Ji-vi)	
TRIASICO		Formación Machami (TJ-ma)	
PRECAMBRIANO		Complejo Basal de la Costa (Pe)	

FUENTE: Diagnostico de Gestión de la Oferta de Agua Cuencas: Caplina, Sama, Locumba y Maure – Uchusuma. PET 2001

## 2.6 Suelos

La información de Suelos obtenida del Diagnostico de Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas: Caplina, Sama, Locumba y Maure – Uchusuma (Proyecto Especial Tacna) nos brinda una idea generalizada de los suelos en las cuencas pertenecientes al estudio y esta representada mediante 11 unidades cartográficas amplias denominadas Asociaciones de Suelos y 3 unidades no asociadas las cuales se indican en el **CUADRO N°06**

El ámbito del estudio presenta una zona sin información correspondiente a la cuenca del río Maure que se ubica en el departamento de Puno.

Para la cuenca de los ríos Caplina y Yungane, el suelo protegido de formación lítica es el que ocupa una mayor extensión y esta localizado en la cuenca media, mientras que para las cuencas de los ríos Uchusuma, Caño y Maure predomina los suelos con presencia de pastoreo. Para mayor información ver el **MAPA N°05**

**CUADRO N°06. ASOCIACIONES DE SUELO**

UNIDADES NO ASOCIADAS	SIMBOLOGIA
Protección (laderas muy empinadas, suelos superficiales)	Xse
Protección (formación lítica)	Xle
Protección (formación de nivales)	Xse**
UNIDADES ASOCIADAS	SIMBOLOGIA
Cultivos en limpio, calidad agrológica alta - cultivos permanentes. Calidad agrológica media. Limitación por suelo, requiere riego.	A1s(r)-C2s(r)
Cultivos en limpio, calidad Agrológica Media - cultivos permanentes. Calidad Agrológica baja, Limitación por suelo, requiere riego.	A2s(r)-C3s(r)
Pastoreo de Paramo, Calidad Agrológica Media. Protección. Limitación por suelo y clima.	P2sc-Xs
Pastoreo de Paramo, Calidad Agrológica Media. Protección. Limitación por suelo erosión y clima.	P2sec-Xsec
Pastoreo de Paramo, Calidad Agrológica Baja. Protección. Limitación por suelo, erosión y clima.	P3sec-Xsec
Pastoreo. Calidad Agrológica Baja. Protección. Limitación por suelo y erosión.	P3se-Xse
Pastoreo Temporal. Calidad Agrológica Baja. Protección. Limitación por suelo y clima, requiere riego.	P3se(t)-Xse
Protección. Pastoreo. Cultivos en limpio. Calidad Agrológica Baja. Limitación por suelo y clima, requiere riego.	Xse-P3sec-A3sc(r)*
Protección. Pastoreo de tundra. Calidad Agrológica Baja. Limitación por suelo y clima.	Xs-P3sc
Protección. Pastoreo temporal. Calidad Agrológica Baja. Limitación por suelo.	Xs-P3s(t)
Protección. Pastoreo en Paramo o tundra. Calidad Agrológica Baja. Limitación por suelo, erosión y clima.	Xsec-P3sec

(r) requiere riego

(t) pastoreo temporal

(\*) Andenes

(\*\*) Areas de protección con características climáticas nivales

FUENTE: Diagnostico de Gestión de la Oferta de Agua Cuencas: Caplina, Sama, Locumba y Maure – Uchusuma. PET 2001

**CLASE O CALIDAD AGRICOLA**

SIMBOLO	TERMINO DESCRIPTIVO
1	Calidad Agrológica Alta
2	Calidad Agrológica Media
3	Calidad Agrológica Baja

**LIMITACION DE USO**

SIMBOLO	TERMINO DESCRIPTIVO
s	Limitación por suelo
e	Limitación por riego de erosión
c	Limitación por clima frígido

**GRUPO DE CAPACIDAD DE USO MAYOR**

SIMBOLO	TERMINO DESCRIPTIVO
A	Tierras Aptas para Cultivo en Limpio
B	Tierras Aptas para Cultivo Permanente
C	Tierras Aptas para Pastoreo
D	Tierras Aptas para Producción Forestal
E	Tierras de Protección

## 2.7 Cobertura Vegetal

Se ha recopilado información de las coberturas vegetales presentes en las cuencas de los ríos Caplina y Yungane obtenido de la base temática del Proyecto Especial Tacna y en el cual se describen 5 tipos de tierras, existiendo una gran área de zonas sin vegetación pertenecientes a las zonas costeras y parte de la cuenca media siguiéndole en orden de magnitud las tierras con matorrales que ocupan la parte media y alta de las cuencas en mención. En el siguiente cuadro se presentan las características de cada una de ellas. En el **MAPA N°06** se muestra la zonificación de las diferentes coberturas.

**CUADRO N°07. COBERTURA VEGETAL**

TIPOS		SIMBOLOGIA
A. TIERRAS CON BOSQUES	Quenual	Q
B. TIERRAS CON MATORRALES	Matorrales	Ma
C. TIERRAS CON HERBAZALES	Pajonal / Césped de Puna	Pj/Cp
	Herbazal de tundra	Ht
D. TIERRAS CON AGRICULTURA	Cultivos agropecuarios	Cuap
E. OTRAS TIERRAS	Tierras altoandinas sin vegetación	Al-Sv
	Tierras altoandinas con vegetación escasa y sin vegetación	Al-E/Sv
	Planicies costeras y estribaciones andinas sin vegetación	Plea-sv

FUENTE: Base Temática CTAR - TACNA

## 2.8 Estudios Anteriores Realizados

Para el desarrollo del presente Proyecto se contó con las siguientes referencias:

- En Enero de 1972 la Dirección de Aguas y Distritos de Riego de la Dirección General de Aguas y Distritos de Riego realizó la “La Evaluación Hidrológica del Valle de Tacna”
- En octubre de 1976 la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN presentó el “Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa. Cuencas de los Ríos Moquegua – Locumba – Sama - Caplina”
- En Febrero de 1977, la Dirección de Estudios de Grandes Irrigaciones del Ministerio de Agricultura desarrolló el “Estudio de Aprovechamiento de la Cuenca del Río Uchusuma para la Irrigación de las tierras de Uchusuma y Magollo en actual desarrollo”.
- En 1984, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ONERN desarrollo el “Inventario Regional de Aguas Superficiales del Sur del Perú”.
- En 2001, El Proyecto Especial Tacna presentó el Diagnostico de Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas: Caplina, Sama, Locumba y Maure – Uchusuma.

### 3. UBICACIÓN Y SUPERFICIE DEL AMBITO DEL ESTUDIO

El ámbito del Estudio Hidrológico comprende las cuencas de los ríos Caplina, Yungane, Uchusuma, Caño y Maure; además se deben hacer referencias a las nacientes del río Sama de donde se derivan aguas al río Caplina.

Cabe mencionar que las cuencas del río Caplina, Yungane, Uchusuma y Caño se encuentran en el ámbito del distrito de riego Tacna y la cuenca del río Maure forma parte tanto de éste (desde la bocatoma Ancoaque hasta la frontera con Bolivia) como del distrito de riego Locumba – Sama (desde sus nacientes hasta la bocatoma Ancoaque). De otro lado, la parte de las nacientes del río Sama derivadas al río Caplina pertenecen al distrito de riego Locumba -Sama. Ver **MAPA N°07**

#### 3.1 Ubicación Geográfica

Las cuencas del ámbito del estudio ubican entre los paralelos 16°58 y 18°19 de latitud sur y los meridianos 69°24 y 70°33 de longitud Oeste, teniendo como límites:

Por el Norte	: Cuenca del río Ilave.
Por el Sur	: Intercuenca de la Quebrada Escritos
Por el Este	: República de Bolivia y Chile.
Por el Noroeste	: Cuencas de los ríos Sama y Locumba.
Por el Suroeste	: Intercuenca quebrada Honda y Océano Pacífico.

#### Cuenca de los Ríos Caplina y Yungane

Las Cuencas de los Ríos Caplina y Uchusuma o Yungane se ubican entre los paralelos 17°33 y 18°19 de latitud sur y los meridianos 69°43 y 70°33 de longitud Oeste, teniendo como límites:

Por el Norte	: Cuenca de los ríos Sama y Maure.
Por el Sur	: Intercuenca quebrada Escritos.
Por el Este	: República de Chile.
Por el Oeste	: Intercuenca quebrada Honda y el Océano Pacífico

#### Cuenca de los Ríos Maure, Uchusuma y Caño

Las Cuencas de los Ríos Maure, Uchusuma y Caño hasta los límites de frontera se ubican entre los paralelos 16°58 y 17°39 de latitud sur y los meridianos 69°24 y 70°07 de longitud Oeste, teniendo como límites:

Por el Norte	: Cuenca del río Ilave.
Por el Sur	: Cuenca del río Caplina y Chile
Por el Este	: República de Bolivia.
Por el Oeste	: Cuencas de los ríos Sama y Locumba

#### 3.2 Ubicación Política

##### Cuenca de los Ríos Caplina y Yungane

Políticamente las cuencas del Río Caplina y Uchusuma o Yungane se ubican en el departamento de Tacna.

### Cuenca de los Ríos Maure, Uchusuma y Caño

Políticamente las cuencas de los Ríos Maure, Uchusuma y Caño se ubican en la zona altiplánica del departamento de Tacna incluyendo parte del departamento de Puno.

### 3.3 División Hidrográfica y Superficie

El ámbito del estudio hidrológico abarca un área de 5558.48km<sup>2</sup> repartidos en las cuencas de los ríos Caplina, Yungane, Uchusuma, Caño y Maure los mismos que a su vez se subdividen en subcuencas que se describen a continuación y se grafican en el **MAPA N°08**

#### Cuenca del Río Caplina

Hidrográficamente la Cuenca del Río Caplina se ha delimitado en 5 Subcuencas Principales, 3 de las cuales son Subcuencas tributarias:

- Quebrada Cotañane
- Quebrada Piscullane
- Quebrada Palca

y 2 de ellas conforman el cauce principal

- Subcuenca Media 1 (desde la entrega del Río Piscullane al Río Caplina hasta la Estación Hidrométrica de Calientes)
- Subcuenca Media 2 (de la Estación Hidrométricas de Calientes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico)

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta la entrega del Río Caplina al Océano Pacífico es de 1095.75km<sup>2</sup> con un perímetro de 254.81km.

El área que encierra desde sus nacientes hasta la Estación Hidrométrica de Calientes es de 536.17km<sup>2</sup> y el área que comprende la cuenca húmeda o productora del recurso hídrico (arriba de los 3900msnm) es de 270.43km<sup>2</sup>.

**CUADRO N°08. SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO CAPLINA**

SUBCUENCA	PERIMETRO (km)	AREA DE LA CUENCA SECA (km <sup>2</sup> )	AREA DE LA CUENCA HUMEDA (km <sup>2</sup> )	SUPERFICIE TOTAL (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
SUBCUENCA MEDIA 02	105.79	421.10	0.00	421.10	38.43%
SUBCUENCA MEDIA 01	157.27	234.86	46.15	281.00	25.64%
SUBCUENCA QUEB. PALCA	52.95	108.34	30.14	138.48	12.64%
SUBCUENCA QUEB. COTAÑANE	80.80	61.03	74.16	135.19	12.34%
SUBCUENCA QUEB. PISCULLANE	51.31	0.00	119.98	119.98	10.95%
<b>CUENCA</b>	<b>254.81</b>	<b>825.33</b>	<b>270.43</b>	<b>1095.75</b>	<b>100.00%</b>
<b>CUENCA HASTA CALIENTES</b>		295.88	240.29	536.17	

#### Cuenca del Río Uchusuma o Yungane

Hidrográficamente la Cuenca del Río Uchusuma o Yungane se ha delimitado en 7 Subcuencas Principales, 5 de las cuales son Subcuencas tributarias:

- Quebrada Yungane
- Quebrada Vilavilani

- Quebrada Cobani
- Quebrada Viñani
- Quebrada Cauñani

y 2 de ellas conforman el cauce principal

- Subcuenca Media 1 (desde la confluencia de las Quebradas Yungane y Vilavilani hasta la Bocatoma de Chuschuco)
- Subcuenca Media 2 (de la Bocatoma Chuschuco hasta su desembocadura en el Océano Pacífico)

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta la entrega del Río Uchusuma o Yungane al Océano Pacífico es de 1954.99km<sup>2</sup> con un perímetro de 245.53km.

El área que encierra desde sus nacientes hasta la Bocatoma Chuschuco es de 211.89km<sup>2</sup> y el área que comprende la cuenca húmeda o productora del recurso hídrico (arriba de los 3900msnm) es de 306.32km<sup>2</sup>.

**CUADRO N°09. SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO YUNGANE**

SUBCUENCA	PERIMETRO (km)	AREA DE LA CUENCA SECA (km <sup>2</sup> )	AREA DE LA CUENCA HUMEDA (km <sup>2</sup> )	SUPERFICIE TOTAL (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
SUBCUENCA MEDIA 02	195.79	456.13	0.00	456.13	23.33%
SUBCUENCA MEDIA 01	47.33	58.01	0.13	58.14	2.97%
SUBCUENCA QUEB. CAUÑANI	161.96	813.28	102.96	916.24	46.87%
SUBCUENCA QUEB. VIÑANI	136.93	135.19	83.32	218.51	11.18%
SUBCUENCA QUEB. COBANI	92.74	116.14	36.08	152.22	7.79%
SUBCUENCA QUEB. VILAVILANI	52.60	40.61	41.10	81.71	4.18%
SUBCUENCA QUEB. YUNGANE	57.29	29.31	42.73	72.04	3.68%
<b>CUENCA</b>	<b>245.53</b>	<b>1648.67</b>	<b>306.32</b>	<b>1954.99</b>	<b>100.00%</b>
<b>CUENCA HASTA BOCATOMA CHUSCHUCO</b>		127.93	83.96	211.89	

### Cuenca del Río Uchusuma

Hidrográficamente la Cuenca del Río Uchusuma se ha delimitado en 5 Subcuencas Principales, 3 de las cuales son Subcuencas tributarias:

- Quebrada Carini
- Quebrada Uncalluta
- Laguna Blanca

y 2 de ellas conforman el cauce principal

- Subcuenca Media 1 (desde la confluencia de las Quebradas Carini y Uncalluta hasta la Bocatoma Uchusuma)
- Subcuenca Media 2 (de la Bocatoma Uchusuma hasta la frontera con Chile)

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta la llegada del Río Uchusuma a la frontera con Chile es de 479.11km<sup>2</sup> con un perímetro de 112.78km.

El área que encierra desde sus nacientes hasta la Bocatoma Uchusuma es de 260.45km<sup>2</sup>. En este caso la cuenca húmeda corresponde a la cuenca total.

**CUADRO N°10. SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO UCHUSUMA**

SUBCUENCA	PERIMETRO (km)	AREA DE LA CUENCA SECA (km <sup>2</sup> )	AREA DE LA CUENCA HUMEDA (km <sup>2</sup> )	SUPERFICIE TOTAL (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
SUBCUENCA MEDIA 02	45.88	0.00	86.23	86.23	18.00%
SUBCUENCA MEDIA 01	54.89	0.00	93.76	93.76	19.57%
SUBCUENCA LAG. BLANCA	37.65	0.00	132.44	132.44	27.64%
SUBCUENCA QUEB. UNCALLUTA	52.80	0.00	51.17	51.17	10.68%
SUBCUENCA QUEB. CARINI	51.88	0.00	115.51	115.51	24.11%
<b>CUENCA</b>	<b>112.78</b>	<b>0.00</b>	<b>479.11</b>	<b>479.11</b>	<b>100.00%</b>
<b>CUENCA HASTA BOCATOMA UCHUSUMA</b>		0.00	260.45	260.45	

### Cuenca del Río Caño

Esta cuenca se ha delimitado desde sus nacientes hasta la frontera con la República de Bolivia, encerrando un área de 314.00km<sup>2</sup>.

### Cuenca del Río Maure

Hidrográficamente la Cuenca del Río Maure se ha delimitado en 14 Subcuencas Principales, 8 de las cuales son Subcuencas tributarias:

- Río Pamputa
- Río Ancoaque
- Río Chiliculco
- Río Ancomarca
- Quebrada Mamuta
- Río Kaño
- Río Kallapuma
- Río Huañamaure

4 de ellas conforman el cauce principal

- Subcuenca Media 1 (desde la confluencia de los Ríos Pamputa y Ancoaque hasta la Bocatoma Ancoaque)
- Subcuenca Media 2 (desde la Bocatoma Ancoaque hasta la Estación Hidrométrica de Challapalca)
- Subcuenca Media 3 (desde la Estación Hidrométrica de Challapalca hasta la Estación Hidrométrica de Chuapalca)
- Subcuenca Media 4 (desde la Estación Hidrométrica de Chuapalca hasta la Estación Hidrométrica La Frontera)

Y 2 de ellas conforman parte del cauce principal hasta la frontera con Chile

- Subcuenca Media 5
- Subcuenca Media 6

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta la llegada del Río Maure a la frontera con la República de Bolivia es de 1714.6km<sup>2</sup> con un perímetro de 265.3km.

El área que encierra desde sus nacientes hasta la Bocatoma Ancoaque es de 352.3km<sup>2</sup>, desde sus nacientes hasta la Estación de Challapalca es de 760.2km<sup>2</sup>, desde sus nacientes hasta la Estación de Chuapalca es de 1515.1km<sup>2</sup> y desde sus nacientes hasta la Estación La Frontera es de 1689.17km<sup>2</sup>. En este caso la cuenca húmeda corresponde a la cuenca total.

**CUADRO N°11. SUPERFICIE DE LA CUENCA DEL RIO MAURE**

SUBCUENCA	PERIMETRO (km)	AREA DE LA CUENCA SECA (km <sup>2</sup> )	AREA DE LA CUENCA HUMEDA (km <sup>2</sup> )	SUPERFICIE TOTAL (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
SUBCUENCA MEDIA 06	12.43	0.00	9.32	9.32	0.54%
SUBCUENCA MEDIA 05	26.16	0.00	16.13	16.13	0.94%
SUBCUENCA RIO HUAÑAMAURE	38.27	0.00	66.72	66.72	3.89%
SUBCUENCA MEDIA 04	75.16	0.00	107.40	107.40	6.26%
SUBCUENCA MEDIA 03	104.89	0.00	164.51	164.51	9.59%
SUBCUENCA RIO KALLAPUMA	70.69	0.00	230.64	230.64	13.45%
SUBCUENCA RIO KAÑO	52.33	0.00	49.94	49.94	2.91%
SUBCUENCA QUEB. MAMUTA	35.32	0.00	51.38	51.38	3.00%
SUBCUENCA RIO ANCOMARCA	73.25	0.00	258.40	258.40	15.07%
SUBCUENCA RIO CHILICULCO	73.13	0.00	202.98	202.98	11.84%
SUBCUENCA MEDIA 02	67.09	0.00	204.98	204.98	11.96%
SUBCUENCA MEDIA 01	20.77	0.00	18.70	18.70	1.09%
SUBCUENCA RIO ANCOAQUE	43.21	0.00	79.79	79.79	4.65%
SUBCUENCA RIO PAMPUTA	76.61	0.00	253.74	253.74	14.80%
<b>CUENCA</b>	<b>265.29</b>	<b>0.00</b>	<b>1714.63</b>	<b>1714.63</b>	<b>100.00%</b>
CUENCA HASTA BOCATOMA ANCOAQUE		0.00	352.23	352.23	
CUENCA HASTA ESTACION CHALLAPALCA		0.00	760.19	760.19	
CUENCA HASTA ESTACION CHUAPALCA		0.00	1515.05	1515.05	
CUENCA HASTA ESTACION LA FRONTERA		0.00	1689.17	1689.17	

## 4. SISTEMA HIDROGRÁFICO E HIDRÁULICO

### 4.1 Sistema Hidrográfico

El ámbito del Estudio Hidrológico ha considerado cuatro cuencas importantes:

- Cuenca del río Caplina
- Cuenca del río Yungane
- Cuenca del río Uchusuma
- Cuenca del río Maure

Y una cuenca entre las cuencas de los ríos Uchusuma y Maure

- Cuenca del río Caño

Se han tomado consideraciones especiales en la definición de las cuencas de los ríos Uchusuma, Caño y Maure limitando su extensión con los límites fronterizos de las Repúblicas de Bolivia y Chile. No obstante estos ríos confluyen en territorio Boliviano conformando la cuenca del lago Titicaca. Siendo el río Caño afluente del río Uchusuma; éste, del río Maure; y a su vez el Maure, del río Desaguadero.

Para un mejor entendimiento se ha desarrollado un esquema con los sistemas hidrográficos e hidráulicos del ámbito del estudio en el **MAPA N°09**

En este capítulo también se presentan los resultados obtenidos del Inventario de Recursos Hídricos Superficiales en las cuencas del ámbito del estudio. Este Inventario, se trabajó en conjunto con las diversas estancias comprendidas en cada una de las subcuencas. Para cada comunidad se realizó una evaluación que consta en registrar diversos tipos de tributarios a esta subcuenca como manantiales, quebradas, ríos y lagunas. Del mismo modo se registro cuales son las principales captaciones que permitían a las comunidades el uso adecuado del recurso hídrico para cubrir sus necesidades.

Los equipos usado en campo fue un correntómetro marca A.OTT, el cuál nos permitió realizar los aforos de las fuentes de agua y captaciones mediante el método Área-Velocidad, siendo la mayor cantidad de casos, excepto cuando los caudales eran muy pequeños en cuyo caso se acondiciono una medición volumétrica.

#### 4.1.1 Cuenca del río Caplina

El cauce principal del río Caplina se desplaza predominantemente en dirección Noreste –Suroeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

El río Caplina nace en UMAMACATA de la confluencia de la Quebrada Piscullane y otras pequeñas quebradas que tienen sus nacientes en los nevados de Achacollo, Chupiquiña, El Fraile, Huancune y los nevados pertenecientes a la Cordillera El Barroso. A lo largo de su recorrido el río Caplina recibe aporte de varias quebradas siendo la más importante la Quebrada Cotañane que tiene sus nacientes en la cordillera El Barroso y la Quebrada Palca que entrega sus aguas al río Caplina cerca a la localidad de Miculla. El cauce natural del río Caplina pasa por la ciudad de Tacna y conforma la Quebrada Caramolle antes de su desembocadura en el Océano Pacífico, sin embargo en la actualidad las aguas de este cauce natural, en su curso inferior, ubicado en las proximidades del balneario de Calientes, son

captadas por un canal que las conduce valle abajo y que detallaremos en el Sistema Hidráulico.

El cauce natural del río Caplina, en el vértice de deyección, cruza por las localidades de Miculla, Pachía, El Peligro y Calana.

### **Subcuenca Quebrada Piscullane**

La Subcuenca de la Quebrada Piscullane se localiza al Noreste del río Caplina entre los Nevados a 5500m.s.n.m. y entrega al río Caplina a 3900m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Caplina, es producto de la precipitación y deshielo de los nevados de Achacollo, Huancune, Fraile y Chupiquiña, mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Culiculine, de la Mina, Luyo (Paralocos), Calani (Chupiquiña), Aruma y Tirata.

### **Subcuenca Quebrada Cotañane**

La Subcuenca de la Quebrada Cotañane se localiza al Noreste del río Caplina entre cadenas montañosas con escasa presencia de nevados a 5126m.s.n.m y su entrega en la margen derecha del río Caplina a 2500m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto principalmente de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Umalata (Ancoma), Pachaza, Lerco, Toquela, Aruma, Chasiani, Coalaya y Chari.

Esta subcuenca presenta dos microcuencas importantes:

- **Microcuenca de Umalata (Ancoma)**

Tiene sus nacientes en los riachuelos del Cerro Tijerani, a 4380 m.s.n.m., en su descenso toma el nombre de quebrada de Umalata (Ancoma). Discurre erosionando rocas intrusivas de granodiorita hasta su confluencia con la quebrada de Toquela.

La quebrada de Ancoma presenta aguas turbias solo en los meses de lluvia (nace en el cerro Achacollo) con un caudal de 50 l/s, y presencia de turbidez (presencia de sedimentos) por lo que no son utilizadas por la comunidad.

Esta quebrada recibe los aportes de la quebrada Pachaza (nace en la cordillera del Barroso, en el cerro Churivicho) con una descarga de 25l/s. y los aportes de la quebrada Lerco (nace en cerro Lerco) con una descarga de 5 l/s. Aguas más abajo se localizan el manantial de Siñaque que nace de dos ojos de agua del cerro de Siñaque con un caudal de 68l/s., siendo parte de este recurso derivado a la agricultura, ganadería y consumo de la comunidad Ancoma.

La población de Ancoma presenta un total de 9 usuarios, con un área agrícola de 16 ha, y un consumo de agua de 5l/s. pertenecientes al manantial Siñaque cuyo caudal es de 68l/s. La actividad principal es la agricultura y ganadería, observándose cultivos de maíz, alfalfa, papa, y

otros para consumo propio. No cuenta con vía de acceso carrozable, los traslados y transporte de carga se realizan a pie y con bestias de carga.

- **Microcuenca de Toquela**

Tiene sus nacientes en el cerro Chillahuani a 5000 m.s.n.m., al Sur del nevado en Achacollo y hacia el norte de la Quebrada del río Caplina, desciende erosionando rocas de la formación volcánico Huilacollo con el nombre de Toquela, y esta con la quebrada de Curipiña aguas abajo de la localidad de Challaviento; continúa el curso cruzando la falla de Challaviento; finalmente erosiona las rocas del volcánico Junerata hasta confluir con la quebrada de Cotañane.

La quebrada de Toquela presenta un registro en la toma de 60 l/s, las cuales irrigan terrenos ubicados en el margen derecho del cerro Caracarani y Churo pertenecientes a la comunidad de Toquela. Continúa su curso aguas abajo confluendo con la quebrada Aruma, donde se registra un caudal de 30 las.

La quebrada Aruma proviene del cerro Andamarca (Colorado), y recibe aportes de las quebradas de Chapín con un caudal de 3,0 l/s., Cocavira 4,0 l/s., Vilaque 4,0 l/s y Cotapampa con 3,0 l/s., Aguas que son destinadas para irrigar las áreas de cultivo de la comunidad de Challaviento.

La comunidad de Toquela, no presenta problema de escasez de agua, tiene como principal actividad la agricultura y ganadería; cuenta con un total de 52 usuarios, un área de cultivo aprox., de 180 ha., Donde se tiene una mita por usuario de 3.5 horas de riego, cultivos importantes tenemos a alfalfa, papa, orégano, habas, maíz, arveja, oca, destinados para el consumo y venta, en lo referente al ganado tenemos el ovino, vacuno, caprino.

La comunidad de Challaviento, ubicado en el margen izquierdo de la quebrada de Toquela, presenta limitaciones del uso de agua, ya que sus fuentes de agua provenientes de su área, son escasas, por lo que utiliza las aguas provenientes del escurrimiento de los riegos de los terrenos agrícolas de Toquela, cuentan con dos captaciones la principal es el Aruma y el Totorani, tiene como principal actividad la agricultura y ganadería; Cuenta con un total de 32 usuarios, un área de cultivo aprox., de 50 ha., Donde se tiene una mita por usuario de 6,0 horas de riego, cultivos importantes tenemos a alfalfa, papa, orégano, habas, maíz, arveja, oca, destinados para el consumo y venta, en lo referente al ganado tenemos el ovino, vacuno, caprino. Actualmente sólo cuentan con una canal de conducción de agua debido a la ruptura de un tramo, afectando el riego de los cultivos, de igual forma se observa áreas de terreno afectadas por deslizamiento de suelo.

### **Subcuenca Quebrada Palca**

La Subcuenca de la Quebrada Palca se localiza al Noreste del río Caplina entre cadenas montañosas a 4758m.s.n.m. y su entrega en la margen izquierda del río Caplina a 1250m.s.n.m.

La quebrada Palca tiene sus orígenes en la quebrada Quilla y desciende erosionando rocas de la formación Chachacumane además de la formación de Ataspaca y Pelado; sector donde existe una terraza aluvial. En su recorrido erosiona rocas del volcánico Junerata, sector donde se asienta el poblado de Causuri. En su curso hacía el SW atraviesa depósitos aluviales en la localidad de Palca ubicado a 3000 m.s.n.m., rocas de la formación Pelado y Volcánico Junerata, rocas de la formación sedimentaria San Francisco, depósitos aluviales en las Pampas de San Francisco, hasta desembocar en el río Caplina en la localidad de Miculla. Se ha observado que en época de estiaje el agua no alcanza a desembocar en esta zona.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Quilla, Cuviri y Chachacumane. Existen en esta subcuenca los aportes de los manantiales en Chachacumane y Palca.

La quebrada Chachacumane, es la principal fuente de agua para las comunidades ubicadas en esta subcuenca, registra un caudal de 5 l/s., en época de estiaje. Son aguas provenientes de manantiales ubicados en el cerro Chulluncane

En esta subcuenca se encuentra las siguientes comunidades Palca, Causuri, Ingenio y Chulpapalca, cuya principal actividad es la agricultura y ganadería. En la agricultura se tiene cultivos de alfalfa, maíz, papa, habas, arveja, orégano, para consumo propio y venta; en lo referente a ganado tenemos vacuno, ovino y caprino.

En lo referente a infraestructura de riego, se observa la presencia de reservorios en Palca, Ingenio y Chulpapalca, y un canal principal de conducción de concreto. Se tiene un sistema de riego por comunidades, es decir una comunidad es responsable del uso del agua en su totalidad en un tiempo determinado.

### **Subcuenca Media**

El río Caplina en su curso principal recibe el aporte de varias quebradas siendo una de las más importantes el de la quebrada Ataspaca que tiene sus orígenes en el cerro Llaullacane a 4400 m.s.n.m., de la formación volcánico Huilacollo, ubicado hacía el sur de la quebrada de Caplina. Desciende erosionando rocas de las formaciones Chulucane, Chachacumane y Ataspaca, donde se asienta la población de Ataspaca a 3600 m.s.n.m., a continuación atraviesa una terraza aluvial y continúa hacía el NW hasta encontrar la falla Bellavista, que viene desde el Suroeste y corre paralela a la misma que pone en contacto rocas de la Formación San Francisco del Jurásico medio, hasta entregar al río Caplina.

En esta subcuenca se encuentra el anexo de Ataspaca rodeado de cumbres constituidas por rocas de las formaciones Volcánico Junerata y Ataspaca. El lugar donde el pueblo se localiza es un área semicircular con suave pendiente.

Para esta comunidad su fuente de recurso hídrico es de 3,0 l/s., las cuales son almacenadas en un reservorio de 300 m<sup>3</sup> de capacidad, donde se observa el ingreso de dos afluentes, destinada para el riego de 15 ha., de terreno cuyas aguas son conducidas a través de un canal de mampostería de piedra con dimensiones de 20 cm de ancho por 15 cm de alto. La principal actividad es la agricultura y ganadería, cultivo de habas, papa, maíz alfalfa, tenemos al ganado vacuno, ovino y caprino; cuenta con un total de 30 usuarios.

#### **4.1.2 Cuenca del río Uchusuma o Yungane**

El cauce principal del río Uchusuma o Yungane se desplaza predominantemente en dirección Noreste –Suroeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

El río Uchusuma o Yungane recibe su primer nombre debido a que desde hace mucho tiempo se ejecuto el proyecto de transvase de las aguas del río Uchusuma pertenecientes a la vertiente del Titicaca; por otro lado Yungane es el nombre de una de las principales quebradas de esta cuenca

El río Uchusuma o Yungane nace de la confluencia de las Quebradas Yungane y Vilavilani que tienen sus nacientes en los sitios denominados Paso Huaylillas Norte y Paso Huaylillas Sur respectivamente en la frontera con la República de Chile. Antes de su desembocadura en el océano Pacífico el río Yungane recibe el aporte de las Quebradas Cobani, Viñani y Cauñani y, luego de pasar cerca de la ciudad de Tacna, conforma la Quebrada Arunta y en su desembocadura se le denomina Hospicio.

##### **Subcuenca Quebrada Yungane**

La Subcuenca de la Quebrada Yungane se localiza al Noreste del río Uchusuma o Yungane entre cadenas montañosas a 4800m.s.n.m y su entrega del río Uchusuma o Yungane a 2050m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Uchusuma o Yungane, es producto principalmente de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Chulluncane.

##### **Subcuenca Quebrada Vilavilani**

La Subcuenca de la Quebrada Vilavilani se localiza al Noreste del río Uchusuma o Yungane entre cadenas montañosas a 4800m.s.n.m y su entrega del río Uchusuma o Yungane a 2050m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Uchusuma o Yungane, es producto principalmente de la precipitación en épocas de lluvia mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Huañacahua, Huaylillas.

Debido al aporte reducido de la quebrada Vilavilani en época de estiaje las comunidades de esta subcuenca, dedicadas a la actividad agropecuaria, reciben dotación del agua del canal Uchusuma, a través de tomas ubicadas estratégicamente.

En esta subcuenca están ubicados las siguientes comunidades:

La comunidad de Vilavilani realiza sus riegos a través de dos tomas, reguladas por la dirección de aguas, tenemos a Angostura Grande, primera toma de la comunidad ubicado en el margen izquierdo del río Uchusuma, presenta una estructura de concreto con una compuerta reguladora y una de un tubo de 6" de diámetro, las aguas son trasladadas a través de un canal de concreto y una tubería de 6" de diámetro enterrado, que tienden a irrigar la parte lata de la quebrada ubicados en ambos márgenes, esta toma registra una salida de 28 l/s. Del mismo modo tenemos Angostura Chico, ubicado más abajo de Angostura Grande, ubicado en el margen izquierdo del río Uchusuma, destinado a irrigar las campos ubicados a menor altura, presenta una estructura de concreto reguladora con una salida de agua de 6" de diámetro, mas adelante se encuentra una poza desarenadora ya que el agua es trasladado mediante tubería hacía las campos de cultivo. Esta toma registra un caudal de 21 l/s.

Esta comunidad, según reporte del Presidente de la junta de usuarios, alcanza a un total de 90 usuarios para Angostura Grande y 90 para Angostura Chico, esto debido a que un usuario tiene terrenos en ambas tomas.

La actividad principal de esta comunidad es la agricultura y ganadería, observándose cultivos de alfalfa, papa, maíz, habas, orégano, arveja, otros; en cuanto a ganado tenemos al vacuno, ovino, caprino y otros domésticos.

Los terrenos destinados a la agricultura se encuentran en las laderas de los cerros, según reporte se ha registrado un área cultivada de 20 ha.,

El Anexo Palcota ubicado mas abajo de la comunidad de Vilavilani, el riego de los campos de cultivo lo realizan a través de la toma de agua ubicado en el margen derecho del río Uchusuma, donde se observa una estructura de concreto con un regulador de salida de 6" de diámetro, más abajo se encuentra una poza desarenadora, debido a que el agua también es conducido por una tubería de 6" de diámetro y una acequia. En esta toma se ha registrado un caudal de salida de 28 l/s.

Esta comunidad, según reporte del Presidente de la junta de usuarios, alcanza a un total de 91 usuarios, debido a que existen usuarios de otras comunidades con terreno en esta comunidad.

La actividad principal de esta comunidad es la agricultura y ganadería, observándose cultivos de alfalfa, papa, maíz, habas, orégano, arveja, otros; en cuanto a ganado tenemos al vacuno, ovino, caprino y otros domésticos.

Esta comunidad presenta áreas de terrenos similares a la comunidad de Vilavilani, dado a que abarca varias laderas de los cerros y a la cantidad de agua que manejan, en si se observa que sus canales abarcan terrenos hasta el anexo de Morullo. En si presenta un área agrícola de aproximadamente de 25-30 ha.

El anexo Morullo ubicado más debajo del anexo de Palcota, el riego de los campos de cultivo lo realizan a través de la toma de agua ubicado en el margen derecho del río Uchusuma, donde se observa una estructura de concreto con un regulador de salida de 6" de diámetro, más abajo se encuentra una poza desarenadora, debido a que el agua también es conducido por una tubería de 6" de diámetro y una acequia. En esta toma se ha registrado un caudal de salida de 30 l/s.

Esta comunidad, según reporte del Presidente de la junta de usuarios, alcanza a un total de 55 usuarios, debido a que existen usuarios de otras comunidades con terreno en esta comunidad.

La actividad principal de esta comunidad es la agricultura y ganadería, observándose cultivos de alfalfa, papa, maíz, habas, orégano, arveja, y frutales como el tumbo, membrillo; en cuanto al ganado tenemos vacuno, ovino, caprino y otros domésticos.

Esta comunidad presenta áreas de terrenos similares a la comunidad de Vilavilani, dado a que abarca varias laderas de los cerros y a la cantidad de agua que manejan, en si se observa que sus canales abarcan terrenos hasta el anexo de Morullo. En si presenta un área agrícola de aproximadamente de 25-30 ha, asimismo se observa la ampliación de la frontera agrícola hacia el sur en menor escala.

El anexo Cucane ubicado más debajo de Morullo, separado aproximadamente de 2 km, el riego de los campos de cultivo lo realizan a través de la toma de agua ubicado en el margen izquierdo, donde se observa una estructura de concreto con un regulador de salida de 6" de diámetro, abajo se encuentra una poza desarenadora, debido a que el agua también es conducida por una tubería de 6" de diámetro y una acequia. En esta toma se ha registrado un caudal de salida de 12 l/s.

Esta comunidad, según reporte de la población alcanza a un total de 75 usuarios, debido a que existen usuarios de otras comunidades con terreno en esta comunidad.

La actividad principal de esta comunidad es la agricultura y ganadería, observándose cultivos de alfalfa, papa, maíz, habas, rocoto, caigua, arveja, otros; y frutales como la higuera, el tumbo; en cuanto al ganado tenemos al vacuno, ovino, caprino y otros domésticos.

Esta comunidad presenta áreas de terrenos limitados a los márgenes bajos de las laderas de los cerros, y más llanas. En si presenta un área agrícola de aproximadamente de 20 ha.

### **Subcuenca Quebrada Cobani**

La Subcuenca de la Quebrada Cobani se localiza al Noreste del río Uchusuma o Yungane entre cadenas montañosas a 4400m.s.n.m y su entrega a la margen izquierda del río Uchusuma o Yungane a 1000m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto principalmente de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Pacrine, Viscachune.

### **Subcuenca Quebrada Viñani**

La Subcuenca de la Quebrada Viñani se localiza al Noreste del río Uchusuma o Yungane entre cadenas montañosas a 4600m.s.n.m y su entrega a la margen izquierda del río Uchusuma o Yungane a 420m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto principalmente de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Calane, Caroco.

### **Subcuenca Quebrada Cauñani**

La Subcuenca de la Quebrada Cauñani se localiza al Noreste del río Uchusuma o Yungane entre cadenas montañosas a 4400m.s.n.m y su entrega a la margen izquierda del río Uchusuma o Yungane a 130m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto principalmente de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Tembladera, Chaslane, Blanca, Espíritus.

### **Subcuenca Media**

El anexo más importante en la subcuenca media del río Uchusuma o Yungane es Higuerani ubicado mas abajo del anexo de Cucane, en esta comunidad se encuentran dos tomas. La toma uno ubicado en el lugar denominado Hacienda, toma destinado a la irrigación de los terrenos ubicados en la parte alta de la comunidad, esta toma funciona sólo 7 días y 8 horas, complementando el mes la toma dos ubicado más abajo y destinado a la irrigación de la parte baja de la comunidad; debemos manifestar que estas dos tomas tienden a irrigar los terrenos de Hacienda, Mina Serena, Saucini, Higuerani y Chuschuco. Se ha registrado un caudal de 32 l/s., en la Toma 1, ya que esta estaba operativa, ubicada en el margen izquierdo del río Uchusuma, donde se observa una estructura de concreto con un regulador de salida de 6" de diámetro, luego es conducido por un canal de regadío en sus primeros tramos es de concreto.

Esta comunidad, según reporte del Presidente de la junta de usuarios, alcanza a un total de 90 usuarios, debido a que existen usuarios de otras comunidades con terreno en esta comunidad.

La actividad principal de esta comunidad es la agricultura y ganadería, observándose cultivos de alfalfa, papa, maíz, habas, zapallo, arveja, rocoto, caigua y frutales como vid, higuera, membrillo; en cuanto al ganado tenemos al vacuno, ovino, caprino y otros domésticos. También se observa áreas con forestales de eucalipto, pino.

Esta comunidad presenta áreas de terrenos en forma limitada ya que sólo se aprovecha terrenos de la parte baja y son vulnerables a las avenidas del río Uchusuma. Debido a estos inconvenientes naturales, los comuneros vienen reubicándose en la parte más baja, específicamente en la zona de Chuschuco.

#### **4.1.3 Cuenca del río Uchusuma**

El cauce principal del río Uchusuma se desplaza predominantemente en dirección Noroeste-Sureste hasta las fronteras con Chile.

El río Uchusuma nace de la confluencia de las Quebradas Carini y Uncalluta que tienen sus nacientes en los nevados de Coruña, Auquitaípe, Casiri, Mamuta, Paucarani, Barrosos, Huancune y en las Lagunas Paucarani, Sitpicota y Condorpico. Antes de su llegada a la frontera con Chile el río Uchusuma recibe el aporte de Subcuenca Laguna Blanca..

Debido a las condiciones climáticas en las zonas altas de las cuencas del Maure y Uchusuma no ha sido posible el desarrollo de la agricultura. No obstante estas comunidades han desarrollado una importante ganadería de camélidos con los pastos naturales de los bofedales y altiplanicie.

La principal actividad de las estancias es la ganadería extensiva constituida por camélidos sudamericanos y ovino en menor escala, que son alimentados con pastizales de los bofedales y vegetación natural de las pampas.

La población de la zona consume agua de manantiales, el cual es extraído en forma directa a través de recipientes; mientras que el ganado consume directamente de las aguas de riego del bofedal (alpacas, llamas, y ovino), donde es un poco o difícil su cuantificación debido a que estos animales toman agua en todo el recorrido de la fuente.

Los tipos de cobertura no varían mucho ya que debido a sus características climatológicas de la zona de frío seco en invierno, y en verano lluvias variables y húmedo, presentan dos tipos vegetaciones bien diferenciadas uno ubicado en los bofedales constituidos por pastos de tallo corto (gramíneas), áreas que requieren un riego permanente, exclusivo para el pastoreo de alpacas y el otro es la vegetación de las pampas del altiplano constituidos por Paja brava, Tola, Ichu, las cuales no presentan una dotación de agua permanente, solo son beneficiados con agua de lluvia en los meses del verano de la subcuenca vegetación exclusivo para el ganado como es la llama.

### **Subcuenca Quebrada Carini**

La Subcuenca de la Quebrada Carini se localiza al Noroeste del río Uchusuma entre los Nevados a 5730m.s.n.m. y su entrega al río Uchusuma a 4500m.s.n.m. En su confluencia se ha registrado un caudal de 923 l/s. en promedio multianual.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Uchusuma, es producto de la precipitación y deshielo de los nevados de Mamuta, Paucarani, Casiri, Auquitaípe, Coruña, Barroso, Achacollo, Huancune mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas entre las principales Mamuta, Auquitape, Achuco, Carpate, Curimani, Huancune.

En esta subcuenca existe una microcuenca importante:

- **Microcuenca de Represa de Paucarani.**

En el bofedal Paucarani existen 22 manantiales de los cuales 5 son temporales o intermitentes. Entre los manantiales permanentes existen 3 termales cuyas temperaturas fluctúan entre 37°C y 60°C, teniendo el manantial Paucarani un caudal de 60 l/s., La mayor parte de los

manantiales afloran de las rocas volcánicas del Barroso y solo algunos nacen de los depósitos fluvioglaciares

El origen de los manantiales termales esta asociada a las características volcánicas de toda la cordillera del Barroso. Esta microcuenca comprende diversos afluentes como son la quebrada Curimani, Achuco (Culcavira), Palcuma(Pacopacuni):

La Quebrada Curimani se origina de las aguas de los manantiales ubicados en la falda del cerro Curimani en la cordillera del Barroso, ubicados en la margen izquierda de la represa, en su recorrido irriga los bofedales del caserío de Paucarani, a su ingreso a la represa registra un caudal de 116 l/s. agua cristalina, de buena calidad.

La Quebrada Achuco (Culcavira) se origina en el cerro Coparaje ubicado en la cordillera del Barroso, a través de manantiales, las aguas de este río en su trayecto irrigan los bofedales de Paucarani, esta ubicado más al norte del Curimani, las aguas son ligeras turbidez debido a la presencia de sales, originando una mancha en los pastizales; registra un caudal de 238 l/s al ingresar a la represa de Paucarani.

Quebrada Palcuma(Pacopacuni) se origina en el nevado de Mamuta, ubicado en la cordillera del Barroso, ubicado al margen derecho, presenta poca cantidad de agua, de periodo semipermanente, aguas cristalina de buena calidad, registra un caudal de 20 l/s, en su trayecto a la laguna irriga bofedales ubicados en su trayecto de menor extensión.

La Laguna de Paucarani es un reservorio natural alimentado por el escurrimiento de aguas de los nevados ubicado más al sur de la laguna, sus aguas no son aprovechadas para la irrigación de bofedales debido a que no tiene salida y solo es usado por los ganados.

### **Subcuenca Quebrada Uncalluta**

La Subcuenca de la Quebrada Uncalluta se localiza al Noroeste del río Uchusuma entre las cadenas montañosas a 5241m.s.n.m. y su entrega al río Uchusuma a 4500m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Uchusuma, es producto de la precipitación y el almacenamiento en sus principales Lagunas Sitpicota, Condorpico (nacen en el cerro Sallajincho y Condorpico respectivamente) mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas. En su trayecto irriga los bofedales del Uncalluta y en su entrega al río Uchusuma se ha registrado una descarga de 85 l/s de agua de buena calidad y cristalina.

En la laguna Condorpico existen 5 manantiales de los cuales 1 es temporal. Los cuales fluctúan un promedio entre 0.1 a 2 l/s., El agua aflora de los depósitos morrénicos y de las fracturas volcánico Barroso.

En la quebrada de Uncalluta los manantiales emanan de las fracturas del volcánico Barroso. Sus caudales varían de 1 a 25 l/s.

### **Subcuenca de la Laguna Blanca**

La Subcuenca de la Laguna Blanca se localiza al Suroeste del río Uchusuma entre las cadenas montañosas y nevados a 5569m.s.n.m. y su entrega al río Uchusuma a 4250m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Uchusuma, es producto de la precipitación, el deshielo de los nevados Huancune y El Fraile y el almacenamiento de la Laguna Blanca mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Queñuta, Ancuyo.

- **Microcuenca quebrada Queñuta.**

Tiene su origen en el cerro Queñuta, fluye agua por manantial través de la quebrada Queñuta, abarca los niveles desde los 4300 a 5100 msnm, sus aguas irrigan los bofedales de pampa venada, de la estancia de Queñuta.

En esta microcuenca, existen 20 manantiales entre permanentes y temporales. Estos manantiales fluyen tanto de las fracturas así como de los contactos del volcánico Barroso y también de las acumulaciones detríticas fluvio-glaciares. En esta quebrada las filtraciones provienen tanto de las precipitaciones así como de los deshielos de los nevados la Monja y Huancune. Sus caudales varían de 0,1 a 14 l/s.

### **Subcuenca Media**

Entre las microcuencas que destacan en la subcuenca media del río Uchusuma tenemos:

- **Microcuenca de Ojos de Copapuquio.**

Tiene su origen en el cerro Achacirca, en si son dos manantiales que fluyen de las faldas del cerro, producto de filtraciones, y fluyen en forma permanente, irrigando los bofedales de la estancia de Calaparque un total de 60 ha. Sus características son C.E. 0,94, Sólidos: 0,47 gol, PH 6,87, agua cristalina poco contenido de sólidos. Los pobladores dedicados a la ganadería de camélidos sudamericanos y ovino.

- **Microcuenca de la Quebrada de Vilapuraca.**

En esta zona existe el mayor número de manantiales. Su geomorfología es suave teniendo en su extremo inferior un estrangulamiento. Manantiales de cauce permanente la mayor parte emanan de los depósitos no consolidados fluvio-glaciares y también hacia el borde derecho fluyen de los estratos Maure, los caudales fluctúan entre 0,1 a 21 l/s.

- **Microcuenca de la quebrada Ancochaullane.**

Tiene su origen en el cerro Ancochaullane, fluyendo a través de la quebrada del mismo nombre, y la quebrada de Churevira, es alimentado en época de estiaje por manantiales, cuyas aguas irrigan la pampa de Huillana de mediana extensión, alimenta al río Uchusuma con una descarga de 108 l/s, presenta agua cristalina, sin presencia de sales; en

su trayecto se encuentra ubicado la estancia de Ancochaullane y San Pedro de Calacollo, dedicados a la crianza de ganado andino.

#### 4.1.4 Cuenca del río Caño

La cuenca de río Caño, se localiza en el margen derecho del Maure, esta ubicada en los niveles de 4100 a 5000 m.s.n.m.

El cauce principal del río Caño, afluente del río Uchusuma en territorio boliviano, se desplaza predominantemente en dirección Noroeste-Sureste hasta las fronteras con Bolivia.

Las nacientes del río Caño se producen en las lagunas de Latacota y Parincuta y Tiapujo ubicados en Chiluyo Chico, recibiendo en su recorrido los aportes de las quebradas Pacahuauache, Tolapata, Huayllaputo y Challipina, esta última que nace en territorio peruano entrega sus aguas al río Caño en territorio Boliviano.

La pampa presenta cobertura vegetal natural de Tola, Paja Brava en mayor proporción y en menor escala el ichu.

La principal actividad de las estancias es la ganadería extensiva constituida por camélidos sudamericanos y ovino en menor escala, que son alimentados con pastizales de los bofedales y vegetación natural de las pampas.

La población de la zona consume agua de manantiales, el cual es extraído en forma directa a través de recipientes; mientras que el ganado consume directamente de las aguas de riego del bofedal (alpacas, llamas, y ovino), donde es un poco o difícil su cuantificación debido a que estos animales toman agua en todo el recorrido de la fuente.

Los tipos de cobertura no varían mucho ya que debido a sus características climatológicas de la zona de frío seco en invierno, y en verano lluvias variables y húmedo, presentan dos tipos vegetaciones bien diferenciadas uno ubicado en los bofedales constituidos por pastos de tallo corto (gramíneas), áreas que requieren un riego permanente, exclusivo para el pastoreo de alpacas y el otro es la vegetación de las pampas del altiplano constituidos por Paja brava, Tola, Ichu, las cuales no presentan una dotación de agua permanente, solo son beneficiados con agua de lluvia en los meses del verano de la subcuenca, vegetación exclusivo para el ganado como es la llama.

Presenta dos microcuencas:

- **Microcuenca del Río Caño en sus nacientes**

Esta microcuenca tiene su origen en las lagunas de Latacota y Parincota y Tiapujo, las cuales se alimentan del cerro Jomimiña y los manantiales producto de deshielos y filtraciones, también recibe aportaciones de las quebradas Pacahuamache y Paravira por donde fluye el agua producto de manantiales de la cordillera. Debemos indicar que en esta microcuenca en un gran trecho del cauce no se encuentra bofedales esto debido a la textura del suelo arenosa y fuerte viento factores que no favorecen el desarrollo de los pastizales, esto se observa al sur cerca del

CPM Río Caño, pero si se observa una buena vegetación de Tola alcanzando alturas de hasta 1,50 m. En la estación del río Caño se ha registrado un caudal de 200 l/s. Asimismo se puede decir que en esta microcuenca se encuentra la mayor cantidad de estancias y bofedales. En esta zona se encuentran las estancias de Chiluyo Chico, Piapujo, Añapaca, Curipiña, Pacahuauache, Jachahuyo, Siquine y el CPM de Río Caño, todos dedicados a la crianza de ganado andino.

- **Microcuenca de la quebrada Tolapata, Huyllaputo y Challipina.**

Esta microcuenca tiene su origen en las quebradas de Huañacahua y Sencca, por donde escurre poca cantidad de agua producto de manantiales provenientes de los nevados; debido al escaso volumen solo satisfacen a los pequeños bofedales ubicados en su cauce, y registra ningún aporte al río Caño en época de estiaje. Solo se registran 30 l/s. , al sur de esta microcuenca se encuentra una amplia meseta donde se observa las quebradas secas y las pampas con cobertura vegetal de tola, paja brava e ichu, alimentados con agua de lluvia en verano. Al sur de esta microcuenca se encuentra una amplia meseta donde se observa las quebradas secas y las pampas con cobertura vegetal de tola, paja brava e ichu, alimentados con agua de lluvia en verano. En esta zona se encuentran las estancias de Queoñaputo, Challaypina, Tolapata, Zenica, Chilihuaní y más al sur Ancomarca, dedicados crianza de camélidos y ovino.

#### 4.1.5 Cuenca del río Maure

El cauce principal del río Maure se desplaza predominantemente en dirección Noroeste-Sureste hasta el límite internacional con Bolivia.

Las nacientes del río Maure se producen en el río Quilvire que entrega sus aguas a la Laguna Vilacota y este a su vez al río Pamputa para finalmente y luego de conformar la Laguna Taccata entregar sus aguas al río Maure.

El río Maure recibe su nombre cerca de la quebrada Cauchilla, antes de la cual se llama río Pamputa. Antes de llegar a la frontera con Bolivia el río Maure recibe los aportes del río Chiliculco, la Quebrada Mamuta, el río Kaño, el río Kallapuma, el río Ancomarca y el río Huañamaure.

En su recorrido el río Maure atraviesa las formaciones Volcánico Capilluni-Barroso, en donde se localiza el túnel Kovire, avanza por pampas con depósitos aluviales: Pampa de Chilicolpa (donde se ubican las fuentes termales de baratos y arsénico), Pampas Samuta, Llaitire, Titire, y Maure. Luego el río cruza territorio boliviano para desembocar en el río Desaguadero en un lugar denominado Calacoto.

En su trayecto se ubican los baños de Calachaca que elevan la temperatura del agua del río a 23,0 °C, esta debido al aporte de aguas termales.

En la margen derecha del río Maure se ubican el anexo de Challapalca, y las estancias de Kallapuma, Tarepiña, Chiluyo; mientras que en su margen izquierdo tenemos a las estancias de Conchachiri, Colpa, Ovejuyo y Cueva.

La población de la zona consume agua de manantiales, el cual es extraído

en forma directa a través de recipientes; mientras que el ganado consume directamente de las aguas de riego del bofedal (alpacas, llamas, y ovino), donde es un poco o difícil su cuantificación debido a que estos animales toman agua en todo el recorrido de la fuente.

Los tipos de cobertura no varían mucho en la subcuenca ya que debido a sus características climatológicas de la zona de frío seco en invierno, y en verano lluvias variables y húmedo, presentan dos tipos vegetaciones bien diferenciadas uno ubicado en los bofedales constituidos por pastos de tallo corto (gramíneas), áreas que requieren un riego permanente, exclusivo para el pastoreo de alpacas y el otro es la vegetación de las pampas del altiplano constituidos por Paja brava, Tola, Ichu, las cuales no presentan una dotación de agua permanente, solo son beneficiados con agua de lluvia en los meses del verano de la subcuenca, vegetación para el pastoreo de la llama.

La principal actividad de las estancias de esta cuenca es la ganadería extensiva constituida por camélidos sudamericanos y ovino en menor escala, que son alimentados con pastizales de los bofedales y vegetación natural de las pampas.

### **Subcuenca río Pamputa**

La Subcuenca del río Pamputa se localiza al Noroeste del río Maure entre las cadenas montañosas y nevados a 6300m.s.n.m. y su entrega al río Maure a 4400m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Maure, es producto de la precipitación, el deshielo de los nevados Iscailarjanco, Larjanco y el almacenamiento de las Lagunas Vilacota, Ancocota, Taccata mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Amojtala, Pacja, Pallasirca, Suriyave y el río Quilvire.

Existe la presencia de vegetación arbórea en menor escala, ubicados en los cerros, como es la Queñua, cuyos tallos son usados como combustible para la preparación de sus alimentos.

Existen tomas naturales destinadas al riego de los bofedales, constituido por gramas de tallo corto, destinadas como alimento para el ganado de la zona.

Esta conformado por dos microcuencas cada una de las cuales con su respectivo sistema de lagunas producto de deshielos y manantiales.

- **Microcuenca del Río Quilvire**

Esta micro cuenca tiene su origen en la quebrada de Tanjave ubicado al norte y la quebrada de Surtjave al este y los Cerros San Francisco, Achataje, Jancoarmanis, y Pallaila, las cuales dan origen al río Quilvire registrando un caudal de 289 l/s., de periodo permanente, cuyas aguas luego de regar las pampa de Vilacota, dan origen a la laguna Vilacota.

De igual forma en periodos de lluvia la laguna es alimentada por las quebradas ubicadas al oeste y sur de la laguna.

- **Microcuenca del Pamputa**

Originado por los desbordes de las aguas de la laguna de Vilacota hacía el Oeste y Sur-oeste, originando las lagunas de Ancocota y Tacjata unidos por el río Pamputa, asimismo recibe aportaciones de deshielos provenientes de los cerros Haurire, Ancocollo ubicadas al sur y manantiales de la zona.

### **Subcuenca río Ancoaque**

La Subcuenca del río Ancoaque se localiza al Noroeste del río Maure entre las cadenas montañosas a 5200m.s.n.m. y su entrega al río Maure a 4400m.s.n.m. ubicado en el distrito de Susapaya en donde encuentra el tueln Kovire.

El recurso hídrico en esta subcuenca, donde nace el río Maure, es producto de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Colpajahuira, Chaullani, Vilantani, Chinchillane, Suricahua, Jarumani, Chiuchuhumaña y el río Vizcachune.

Los recursos hídricos de ésta subcuenca son derivados para el regadío de los bofedales de las estancias ubicadas en esta zona. Esto debido a que se controla la dotación de agua exclusiva para el riego de los bofedales ubicados a los largo del cauce y la llanura en la Bocatoma de Kovire. Mientras que las aguas termales de Chilicollpa son derivadas al río Maure.

Se observa una zona contaminada, en la margen derecha, esto debido a las aguas termales contaminadas, con ausencia de vegetación, y con formación de sales de Borato y Arseniato, área que viene en incremento.

La subcuenca del río Ancoaque esta conformado por tres microcuencas cada una de las cuales con su respectivo sistema de lagunas producto de deshielo y manantiales.

- **Microcuenca del Río Vizcachune.**

Esta micro cuenca tiene su origen en las quebradas de Chaullani, Collpajahuira y Villantani, y manantiales producto de los deshielos de la cordillera, registrando un caudal de 236 l/s, cuyas aguas concluyen hacia el río Ancoaque.

- **Microcuenca de Ancoaque.**

Esta microcuenca tiene su origen en las quebradas de Suricahua y Chinchillane y los manantiales ubicados en el trayecto del cauce del río, producto de las filtraciones y deshielos de la cordillera, especialmente de los cerros Surichico y Sallaincho. En tiempo de estiaje se registra un caudal de 0,256 m<sup>3</sup>/s.

- **Microcuenca de Chilicollpa.**

Esta microcuenca está constituido por manantiales de terraza, de agua cálida, alcanzando temperaturas de hasta 100°C, con alto contenido de Boro y Arsénico, constituyendo un recurso hídrico no apto para cultivos y ganado, cuyas aguas son derivadas al río Maure, se ha registrado un afloramiento que alcanza los 590 l/s.

### **Subcuenca río Chiliculco**

La Subcuenca del río Chiliculco se localiza al Norte del río Maure entre las cadenas montañosas a 5200m.s.n.m. y su entrega a la margen izquierda del río Maure a 4250m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto de la precipitación y el almacenamiento de la Laguna Jancahama mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Jancahama, Pilloco, Huanacamañe, Japo, Tanca, Canchani y el río Jihuaña.

Esta conformado por dos microcuencas:

- **Micro cuenca del Río Jihuaña**

Esta microcuenca es alimentado por las quebradas de Cancahany, Quilca, Japo; alimentado por precipitaciones en épocas de lluvia en verano, mientras que en invierno de deshielos y manantiales. En el río Jihuaña se ha registrado un caudal de 90 l/s., en época de estiaje. Las aguas de este río se usan para irrigar los bofedales de la pampa de Jihuaña.

- **Microcuenca del Río Chiliculco**

Es alimentado por el río Jihuaña por el margen derecho, mientras que por el margen izquierdo es alimentado por las quebrada Huanacamane y las pampas de Capazo. En el cruce de la carretera hacia conchachiri se ha registrado un caudal de 126 l/s, en época de estiaje, agua cristalina de buena calidad.

Las aguas de este río sirven para irrigar la pampa de Capazo ubicado hacia el norte del cruce, mientras hacia el sur irrigan la pampa de Challapalca, los excedentes son derivados al río Maure.

### **Subcuenca río Ancomarca**

La Subcuenca del río Ancomarca se localiza al Noreste del río Maure entre las cadenas montañosas a 5000m.s.n.m. y su entrega a la margen izquierda del río Maure a 4150m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto de la precipitación y el almacenamiento de la Lagunas Parinacota, Yumpa, Altarani mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas Chinchillane, Nakjata, Puscullane, Achacune, Chaullane, Pumuta, Vizcachune, Lequehuta y los ríos Parinacota, Calnahuyo.

En su trayecto se encuentran diversas estancias y poblados. Presenta un caudal de 0,161 l/s, en tiempos de estiaje, el cual fluye hacia el Maure.

Las aguas de esta cuenca sirven para irrigar los diversos bofedales ubicados en el trayecto del río como ser Lancatuyo, Ccosapa, Huañuccoto, Ancome,

Puscallana, San José de Ancomarca, Hacienda y otros los cuales están ubicados junto a los bofedales.

### **Subcuenca Quebrada Mamuta**

La Subcuenca de la quebrada Mamuta se localiza al Sur-oeste del río Maure entre las cadenas montañosas y nevados a 5370m.s.n.m. y su entrega a la margen derecha del río Maure a 4250m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto de la precipitación y el deshielo del nevado Antajave mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas como Negrote y el río Mumuntana.

### **Subcuenca río Kaño**

La Subcuenca el río Kaño se localiza al Sur del río Maure entre las cadenas montañosas y nevados a 5370m.s.n.m. y su entrega a la margen derecha del río Maure a 4250m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto de la precipitación y el deshielo de los nevados Chontacolla mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas.

### **Subcuenca río Kallapuma**

La Subcuenca el río Kallapuma se localiza al Sur del río Maure entre las cadenas montañosas y nevados a 5600m.s.n.m. y su entrega a la margen derecha del río Maure a 4200m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto de la precipitación, deshielo de los nevados Casiri, Iñuma y el almacenamiento en las Lagunas Casiri, Iñuma mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas como Chungara, Iñuma, Casillaco, Pumaña y el río Quiane.

- **Microcuenca de la quebrada Casillaco**

Esta microcuenca tiene como principal aporte a las quebradas tributarias del Casillaco, el cual tiene como nacimiento en el nevado de Llacocollo con un aporte de 120 l/s., por la quebrada de Iñuma con un aporte de 90 l/s, y como aporte principal es la laguna Casiri cuyas aguas fluyen al río por la quebrada de Chungara con un aporte de 110 l/s. Más al sur se encuentra la quebrada de Quiane ubicado en el margen izquierdo aguas abajo con un aporte de 120 l/s. . Se ha registrado un caudal del río Kallapuma antes de su confluencia al Maure de 640 l/s, estas aguas son los excesos del riego de los bofedales de esta subcuenca; Asimismo debemos manifestar que las aguas de estas quebradas afloran a la superficie a través de manantiales, en forma permanente, manteniendo los pastizales verdes en épocas de invierno sin presencia de lluvia. Mientras que en verano reciben aportaciones de las precipitaciones, favoreciendo a la vegetación e produciéndose el incremento de las aguas de las diferentes quebradas.

- **Microcuenca del Río Chungara**

Las aguas de esta subcuenca son destinadas al riego de los bofedales ubicados en el trayecto del río hasta su confluencia con el Maure, lugar donde se encuentran instalados diferentes estancias y centros poblados,

así tenemos a Coracorani, Challacucho, Lipitaca, Aricollo, Alchuta Chico, Tocollanasa, Kallapuma, Pampa Collota y Soruraya.

### **Subcuenca río Huañamaure**

La Subcuenca el río Kallapuma se localiza al Sur del río Maure Noroeste entre las cadenas montañosas a 4400m.s.n.m. y su entrega a la margen izquierda del río Maure a 4100m.s.n.m.

El recurso hídrico en esta subcuenca es producto de la precipitación mientras que el drenaje natural se produce a través de sus quebradas como Mojoñane. De igual forma, es alimentado por aguas de manantiales ubicados en las laderas del cauce del río. Las aguas de este río confluyen en el Maure muy cercano a la frontera con Bolivia.

En épocas de estiaje las aguas son muy deficitarias ya que solo se observó un caudal de 10 l/s., en época de estiaje en la confluencia con el Maure, se observa que todos los recursos son destinados al riego de los bofedales ubicados en el trayecto del río.

Las aguas de esta cuenca sirven para irrigar los diversos bofedales ubicados en el trayecto del río como ser Collpa, Huañamaure, Pampuyane, Ovejuyo.

### **Subcuenca Media**

Existe la quebrada de Cueva muy cercana a los límites de frontera con Bolivia, donde se encuentra el pueblo de cueva de escasa población y ubicado en la margen derecha del río, el cual tiene un recorrido amplio desde su nacimiento en la quebrada Chinchillane, hasta su confluencia con el Maure en territorio Boliviano.

## **4.2 Sistema Hidráulico**

Se han considerado en el ámbito del estudio los sistemas de entrada y salida que se ven involucrados en el abastecimiento de agua para el valle y la Ciudad de Tacna, existiendo dos sistemas de entrada y un subsistema de salida:

- Sistema Caplina
- Sistema Uchusuma
- Subsistema Kovire

Los Sistemas Hidráulicos Caplina y Uchusuma tienen por finalidad garantizar el agua de uso agrícola y poblacional al valle y Ciudad de Tacna, mientras que el Subsistema Hidráulico Kovire afianza al Sistema Hidráulico de la Laguna Aricota reduciendo los aportes en la cuenca del río Maure que pueden servir a futuro al Sistema Uchusuma.

### **4.2.1 Sistema Caplina**

El Sistema Caplina permite captar las aguas del río Caplina incluido las nacientes del río Sama para el uso poblacional de la ciudad de Tacna y el uso agrícola del valle de Tacna en lo que corresponde a la Comisión Bajo Caplina.

Este sistema, ubicado en la cuenca del río Caplina y partes altas de la cuenca del río Sama, está conformado principalmente por la derivación de

las nacientes del río Sama, la captación de Challata, la captación de Calientes y el encauzamiento Caplina-Arunta.

### **Derivación de las nacientes del río Sama.**

La difícil situación del valle de Tacna, debido a los serios problemas de abastecimiento agrícola principalmente, motivó la construcción de obras de derivación de la cuenca alta del río Sama a la del Caplina aprovechando para ello las buenas características topográficas y geológicas que presentaban la zona.

La cuenca total derivada de 35.9km<sup>2</sup> esta situada a una altura de 4200m.s.n.m. y se estima que llegaron hace mas de cien años a través de un canal de 7km de longitud que nace con el nombre de *Barroso Chico* en la *Bocatoma rústica* de la quebrada Picutane, recibiendo luego de las *Bocatomas Rústicas* sobre las quebradas Churavira, Peñavira y la *Bocatoma de concreto* Choquellusta. El canal Barroso Chico se une con el canal Barroso Grande y cruza la divisoria de aguas en el lugar denominado Paso de Ancoma para desembocar en la quebrada Umalata (Ancoma), afluente del río Caplina. El Canal Barroso Grande recibe el aporte de la Bocatoma Rustica del mismo nombre ubicado sobre la Quebrada Ajada

### **Captación de Challata**

La conforman la *Bocatoma rústica Challata* y el *Canal* del mismo nombre. La Bocatoma de Challata esta ubicada a 1450m.s.n.m. en la margen izquierda del río Caplina en la localidad de Challata a 5km aguas arriba de la bocatoma Calientes. El agua captada es conducida por el canal derivador en mampostería de sección trapezoidal denominado Challata cuya capacidad máxima de conducción es de 1.0m<sup>3</sup>/s.

Esta captación abastece para uso agrícola las partes altas de la Comisión Bajo Caplina del Distrito de Riego Tacna.

### **Captación de Calientes**

La conforman la *Bocatoma Calientes* y el *Canal Caplina*. La bocatoma Calientes es una estructura de concreto armado ubicada a 1300m.s.n.m. en la margen izquierda del río Caplina en la localidad de Calientes. El agua captada es conducida por el canal derivador en mampostería de sección trapezoidal denominado Caplina cuya capacidad máxima de conducción es de 1.45m<sup>3</sup>/s.

El canal Caplina, que fue construido en 1958, abastece de agua de uso agrícola a la comisión Bajo Caplina del Distrito de Riego Tacna (85%) y de uso poblacional a la ciudad de Tacna (15%).

### **Encauzamiento Caplina-Arunta.**

En los periodos de lluvia las aguas no captadas en la bocatoma Calientes son conducidas por su cauce natural hasta el *Encauzamiento Caplina - Arunta* que desvía el río Caplina hacia la Quebrada Arunta por donde desfoga al Océano Pacífico.

Este encauzamiento se ubica a la altura de la carretera Pocollay – Calana y esta compuesto por dos diques longitudinales que desvían el río hacia su margen izquierda, el dique de la margen derecha cuenta en sus inicios (zona

de curva) con una defensa tipo enrocado llamada *Defensa Calana*, y el de la otra margen esta construido en concreto armado. Luego ambos diques son de muros de piedra emboquillada conformando una sección trapezoidal hasta el puente de la Carretera a Pachía. Este Puente es el final de los diques longitudinales luego de los cuales el encauzamiento es en terreno natural hasta su entrega a la Quebrada Arunta. La sección del encauzamiento antes del puente tiene una base menor de 8.85m mientras que en el puente se estrecha hasta 5.10m. lo que provoca un alto riesgo de falla por obstrucción y contracción de la sección hidráulica en el puente.

#### 4.2.2 Sistema Uchusuma

El Sistema Uchusuma permite captar las aguas del río Yungane incluido las derivaciones del río Maure y del río Uchusuma para el uso poblacional de la ciudad de Tacna y el uso agrícola del valle de Tacna en lo que corresponde a las Comisiones de Uchusuma y Magollo.

Este sistema, ubicado en las cuencas del río Uchusuma, Uchusuma o Yungane y Maure (jurisdicción del distrito de riego Tacna), esta conformado principalmente por la derivación de la cuenca del río Maure, la captación de quebrada Queñuta, la derivación de la cuenca del río Uchusuma, la captación de Chuschuco, los Reservorios de regulación en Cerro Blanco.

Las pérdidas y recuperaciones del canal Uchusuma se dan de acuerdo a la siguiente descripción: en la confluencia de El Ayro, recibe las aportaciones de dos tributarios principales en la estación de Patapujo ingresa un caudal de 91 l/s, y por la estación Bocatoma Uchusuma una descarga de 1830 l/s, más abajo en la estación Puente Uchusuma registra un caudal de 1921 l/s., aguas abajo en el límite con Chile se registran un caudal de 1818 l/s., continuando su cauce cruza territorio chileno bordeando el volcán Tacora y retorna a territorio peruano por el túnel de Huaylillas Sur, desemboca en la quebrada de Vilavilani, recorriendo las campos agrícolas de Vilavilani, Palcota, Higuera, hasta la Bocatoma de Chuschuco (1400 m), lugar donde se recupera el caudal de 1580 l/s., el mismo es conducido por un canal hasta el partidador de Cerro Blanco, donde se registra un caudal de 1250 l/s, aquí se encuentra las pozos de agua potable de EPS-Tacna, de aquí se continúa hacia la irrigación de Magollo.

#### Derivación de la cuenca del río Maure

Las aguas en la subcuenca del río Kallapuma son captadas por las *Bocatomas Chungara, Iñuma y Casillaco* y conducidas por el *Canal Patapujo* para derivarlas a la cuenca del río Uchusuma en donde desemboca al canal Uchusuma Alto. La cuenca total derivada es de 89.82km<sup>2</sup>.

La Bocatoma Chungará capta las aguas provenientes de la quebrada Chungará en cuyas nacientes a 4876m.s.n.m. se encuentra el pequeño *Represamiento de la Laguna Casiri* de 5.0Hm<sup>3</sup> de volumen útil. Es una estructura de concreto, con barraje, estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de 0.150m<sup>3</sup>/s.

Las Bocatoma Iñuma captan las aguas de la quebrada del mismo nombre. Es una estructura de concreto, fija, con estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de  $0.113\text{m}^3/\text{s}$ .

Las Bocatoma Casillaco captan las aguas de la quebrada del mismo nombre. Es una estructura de concreto, fija, con estructuras de aducción, regulación y limpia que capta un promedio de  $0.212\text{m}^3/\text{s}$ .

El canal Patapujo se divide en tres tramos: Patapujo II, graderías Patapujo y Patapujo I.

Canal Patapujo II tiene una longitud de  $42\text{km}$  y una capacidad máxima de conducción de  $0.800\text{m}^3/\text{s}$ . El canal revestido de concreto tiene las características geométricas: base mayor:  $1.45\text{m}$ , base menor:  $0.90\text{m}$  y altura  $0.80$ .

Canal Graderías Patapujo tiene su origen al concluir el canal Patapujo II; también se le denomina canal colector Patapujo su capacidad máxima de conducción es de  $0.800\text{m}^3/\text{s}$ , y tiene una longitud de  $2.5\text{km}$ , totalmente revestido con las características geométricas siguientes: base mayor:  $1.82\text{m}$ , base menor:  $1.77\text{m}$  y una altura:  $1.00\text{m}$ . Este canal se encarga de amortiguar la diferencia de niveles entre canal Patapujo II y I.

Canal Patapujo I tiene su origen al concluir las graderías en los bofedales de Patapujo, captando agua de los pozos de aguas subterráneas y receptor de las aguas que vienen del canal Patapujo II con una capacidad máxima de conducción de  $0.800\text{m}^3/\text{s}$  y tiene una longitud de  $5.0\text{km}$  de canal de mampostería de piedra revestida de sección trapezoidal con las características geométricas siguientes: base mayor:  $2.20$ , base menor:  $1.00\text{m}$  y altura:  $1.10\text{m}$ . Finalmente este tramo del canal Patapujo entrega sus aguas al canal Uchusuma aguas abajo y muy cerca de la bocatoma Uchusuma.

### **Captación de Quebrada Queñuta**

El agua de la quebrada Queñuta es captada por la *Bocatoma Queñuta* y conducidos por el *Canal del mismo nombre* para derivarlo al cauce del río Uchusuma aguas arriba de la Bocatoma Uchusuma. La cuenca total derivada es de  $39.10\text{km}^2$ .

La bocatoma rústica Queñuta evita que las aguas sean conducidas por su cauce natural hasta Laguna Blanca y luego desembocar en el río Uchusuma aguas abajo de la bocatoma Uchusuma, logrando aumentar el recurso hídrico que capta esta bocatoma.

El canal revestido de concreto tiene una longitud de  $2.5\text{km}$  y ha sido construido para una capacidad máxima de conducción de  $0.200\text{m}^3/\text{s}$ . Su sección es trapezoidal con las características geométricas siguientes: base mayor:  $1.10\text{m}$ , base menor:  $0.60\text{m}$  y altura :  $0.60\text{m}$ .

### **Derivación de la cuenca del río Uchusuma**

Las aguas controladas por el *Represamiento de la Laguna Condorpico* y el *Represamiento de Paucarani* junto con los aportes de la Captación en

Queñuta son captadas por la *Bocatoma Uchusuma* ubicada en el río del mismo nombre y conducidas por el *Canal Uchusuma Alto* hasta su derivación a la quebrada Vilavilani en la cuenca del río Yungane. Esta derivación incluye además los aportes del canal Patapujo. La cuenca total derivada incluido la quebrada Queñuta es de 260.5km<sup>2</sup>.

El represamiento de la Laguna Condorpico ubicado a 4700m.s.n.m en las partes altas de la quebrada Uncalluta fue construido en 1932 con un dique de tierra e impermeabilizado en 1967 con una capa de concreto aportando de 80 a 100 l/s durante 20 a 30 días entre los meses de noviembre a diciembre según requerimiento en el valle, haciendo un volumen útil de 0.80Hm<sup>3</sup>.

El represamiento Paucarani a 4550m.s.n.m. en la subcuenca de la quebrada Carini regula y almacena las aguas de las quebradas Carpate, Achuco, Auquitape y Curimani, contando con un volumen útil de 8.5Hm<sup>3</sup> en si es el principal abastecedor de este recurso para la ciudad de Tacna.

La Bocatoma Uchusuma es una estructura de concreto que capta las aguas hacia la margen derecha del río Uchusuma y se encuentra ubicado a 4250m.s.n.m. inmediatamente aguas arriba del canal Patapujo en la localidad denominada el Ayro Nuevo. Esta estructura consta de un muro de concreto de 50m. de longitud, en el cual se ubican dos compuertas de fierro que tienen por objeto efectuar la limpia del material sedimentado y controlar el ingreso de agua al canal de derivación, cuando las descargas del río son mayores a la máxima capacidad de conducción. Capta un volumen de 1.5Hm<sup>3</sup>.

El Canal Uchusuma Alto conduce las aguas captadas del río Uchusuma y las recibidas del canal Patapujo una distancia de 47.49km. hasta derivarla al cauce natural de la quebrada Vilavilani de la cuenca del río Yungane en el lugar denominado Paso Huaylillas Sur. El recorrido de esta canal es internacional debido a que 35km de su longitud se encuentran en territorio chileno; su entrada a territorio chileno se realiza en el túnel general lagos, luego del cual rodea el volcán Tacora y finalmente retorna a territorio peruano atravesando la divisoria de aguas mediante el túnel Huaylillas Sur, lugar donde se derivan las aguas a la quebrada Vilavilani. Inicialmente este canal fue construido para conducir una capacidad máxima de 1m<sup>3</sup>/s, sin embargo debido a las demandas de agua su capacidad máxima ha venido siendo incrementada hasta alcanzar los 2.0m<sup>3</sup>/s. La sección del canal es trapezoidal en tajo abierto y rectangular en los túneles es de forma de arco. Se debe hacer referencia a los 9 pozos localizados en el Ayro que abastecen mediante bombeo al canal Uchusuma en épocas de sequía con una disponibilidad promedio de 0.350m<sup>3</sup>/s y una capacidad máxima de 0.700m<sup>3</sup>/s sin afectar las reservas permanentes.

### **Captación de Chuscuco**

El agua derivada de las cuencas del río Maure y Uchusuma recorren primero el cauce natural de la Quebrada Vilavilani y luego del río Yungane

hasta la *Bocatoma Chuschuco*, donde el agua es captada y conducida por el *Canal Uchusuma Bajo* hasta el partidor de Piedras Blancas.

La bocatoma Chuschuco es una estructura de concreto armado ubicada a 1420m.s.n.m. en la margen derecha del río Yungane en la localidad de Chuschuco.

El canal derivador en mampostería de sección trapezoidal denominado Uchusuma Bajo tiene una longitud de 17km. hasta el partidor de Piedras Blancas, donde se distribuye para la planta de tratamiento de agua potable (50%) y el riego de las comisiones de Uchusuma y Magollo del Distrito de Riego Tacna (50%). El canal tiene una capacidad máxima de 1.5m<sup>3</sup>/s.

### **Reservorios de regulación en Cerro Blanco**

El sistema Uchusuma cuenta con tres Reservorios de regulación poco antes del partidor de Piedras Blancas que permiten evitar el corte de agua a la ciudad y valle de Tacna durante los trabajos de remodelación del canal Uchusuma bajo( en ejecución) y en el futuro regulará el volumen ahí almacenado, permitiendo controlar eficientemente la distribución de agua en forma uniforme durante los periodos de mayores requerimientos o escasez de agua en la ciudad de Tacna. Cada uno de estos reservorios está compuestos por una nave cuya capacidad de almacenamiento es de 1.141Hm<sup>3</sup>

#### **4.2.3 Subsistema Kovire**

El Subsistema Kovire permite captar las aguas de las partes altas del río Maure y derivarlo hacia la cuenca del río Sama para que sirva de afianzamiento al Sistema de laguna Aricota. Esto permite evitar el inminente agotamiento de la Laguna Aricota al contribuir significativamente con un aporte adicional de 80Hm<sup>3</sup> de agua recuperando el volumen de la laguna de 42.28Hm<sup>3</sup> (Septiembre de 1992) a 51.07Hm<sup>3</sup> (Abril de 1998) con una recuperación de altura de agua de 2.73m.

Actualmente hay dificultades con las comunidades altiplánicas que por el momento dificultan la derivación de los recursos hídricos proyectados porque consideran que este subsistema a producido la desaparición de sus bofedales destinados al pastoreo.

Este sistema, ubicado en las partes altas de la cuenca del río Maure (jurisdicción del distrito de riego Locumba – Sama), esta conformado principalmente por la derivación de la cuenca del río Maure.

### **Derivación de la cuenca del río Maure**

Las aguas del río Ancoaque en la cabecera del río Maure son captadas por la *Bocatoma Ancoaque* y conducidas por un canal hasta el *Túnel Kovire* que asegura el transvase de las aguas hacia un afluente del Río Cano en donde existe la infraestructura propia del Sistema Aricota. La cuenca total derivada es de 352.2km<sup>2</sup>.

La bocatoma Ancoaque, construida de concreto armado sobre el río del mismo nombre con su captación en la margen derecha del río y muy cerca

de la boca de entrada del túnel Kovire, fue puesta en operación en 1996 para una capacidad máxima de captación de  $5\text{m}^3/\text{s}$ .

El Túnel Kovire, que se concluyó de construir en 1995, tiene una longitud de 8.43km y su capacidad de conducción es de  $13.21\text{m}^3/\text{s}$ . Durante el proceso de construcción el túnel aportó al afianzamiento de la Laguna Aricota con  $50\text{Hm}^3$ , producto de filtraciones que se presentaron en esta etapa.

## 5. CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA CUENCA

Las características fisiográficas calculadas para las cuencas de los ríos Caplina, Uchusuma o Yungane, Uchusuma y Maure son:

- Clasificación Ordinal
- Frecuencia de los ríos (ríos/km<sup>2</sup>)
- Longitud del cauce principal (Km)
- Rectángulo equivalente (Km)
- Altitud Media de la Cuenca (m)
- Curva Hipsométrica, Distribución de frecuencias
- Pendiente media de la cuenca (m/m ó %)
- Pendiente media del cauce principal (m/m ó %)
- Pendiente Equivalente y constante (m/m ó %)
- Densidad de drenaje (km/km<sup>2</sup>)
- Coeficiente de compacidad
- Factor de forma
- Extensión media de escurrimiento superficial (m)
- Coeficiente de torrencialidad (ríos/km<sup>2</sup>)
- Coeficiente de masividad (m/km<sup>2</sup>)

En los **MAPAS N°10 Y 11** se pueden apreciar la clasificación ordinal y los cauces principales de las cuencas estudiadas.

### 5.1 Cuenca del río Caplina

#### Clasificación Ordinal de los ríos

El orden de la cuenca se define en la cuenca media 01 donde alcanza el orden de 5.

#### Frecuencia de los ríos

Se han contabilizado 256cauces naturales en una cuenca colectora de 1095.75km<sup>2</sup> por lo que la Frecuencia de ríos es de 0.23 ríos/km<sup>2</sup>.

#### Longitud del Cauce Principal

El cauce del río principal nace en la subcuenca de la quebrada Piscullane y atraviesa las subcuencas medias 01 y 02 sumando una longitud de 118.39km.

**CUADRO N°12. CAUCE PRINCIPAL - CAPLINA**

SUBCUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (km)
SUBCUENCA MEDIA 02	63.41
SUBCUENCA MEDIA 01	39.71
SUBCUENCA QUEB. PALCA	37.22
SUBCUENCA QUEB. COTANAÑE	20.39
SUBCUENCA QUEB. PISCULLANE	15.27
<b>CUENCA (MEDIA 02 + MEDIA 01 + QUEB. PISCULLANE)</b>	<b>118.39</b>

### Rectángulo Equivalente

La cuenca forma un rectángulo de lado mayor  $L = 118.13\text{km}$  y lado menor  $l = 9.28\text{km}$ , siendo la manera como se distribuye de acuerdo a la altitud tal como se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°13. RECTÁNGULO EQUIVALENTE – CAPLINA**

Perímetro de la Cuenca (km):

254.81

RANGO	AREA (km <sup>2</sup> )	LADO MENOR (Km)	LADO MAYOR (Km)
0 - 200	170.84	9.28	18.42
200 - 400	31.40	9.28	3.38
400 - 600	38.24	9.28	4.12
600 - 800	36.83	9.28	3.97
800 - 1000	34.87	9.28	3.76
1000 - 1200	38.94	9.28	4.20
1200 - 1400	44.59	9.28	4.81
1400 - 1600	28.43	9.28	3.06
1600 - 1800	29.79	9.28	3.21
1800 - 2000	29.72	9.28	3.20
2000 - 2200	33.78	9.28	3.64
2200 - 2400	33.82	9.28	3.65
2400 - 2600	38.53	9.28	4.15
2600 - 2800	38.08	9.28	4.10
2800 - 3000	34.96	9.28	3.77
3000 - 3200	33.73	9.28	3.64
3200 - 3400	38.92	9.28	4.20
3400 - 3600	43.89	9.28	4.73
3600 - 3800	45.96	9.28	4.95
3800 - 4000	43.35	9.28	4.67
4000 - 4200	36.09	9.28	3.89
4200 - 4400	36.37	9.28	3.92
4400 - 4600	39.92	9.28	4.30
4600 - 4800	53.36	9.28	5.75
4800 - 5000	34.03	9.28	3.67
5000 - 5200	15.47	9.28	1.67
5200 - 5400	8.63	9.28	0.93
5400 - 5600	2.79	9.28	0.30
5600 - 5800	0.41	9.28	0.04
CUENCA	1095.75	9.28	118.13

### Altitud Media de la Cuenca

La altitud media de la cuenca considerando desde los 0m.s.n.m hasta un aproximado de 5800m.s.n.m. es de  $H = 2347.43\text{m}$

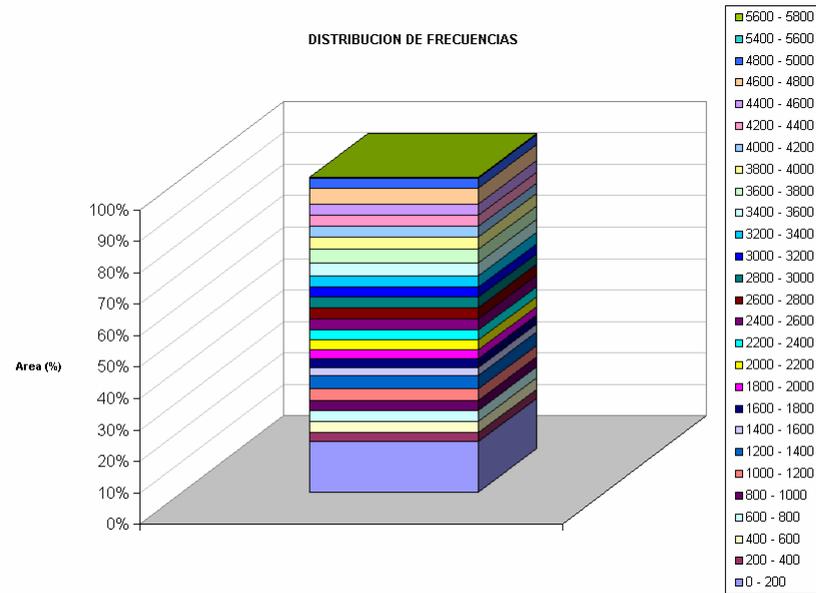
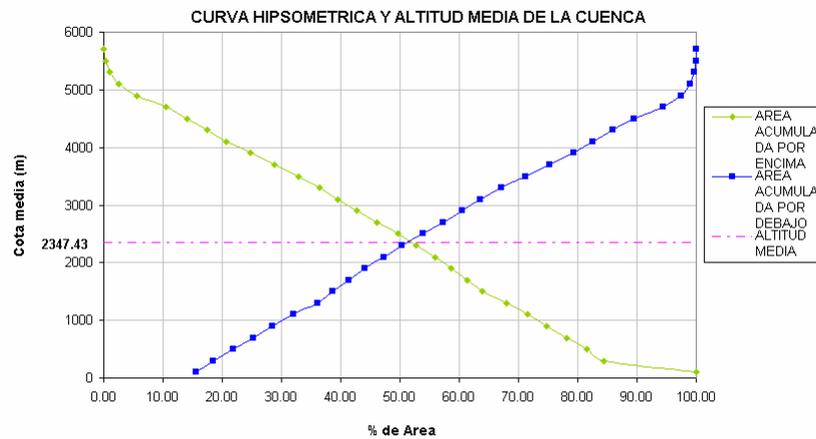
### Curva Hipsométrica y de Distribución de Frecuencias

En el **CUADRO N°14** se muestran los resultados.

**CUADRO N°14. CURVA HIPSONOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA - CAPLINA**

RANGO	COTA MEDIA DEL INTERVALO (m)	AREA		COTA MEDIA X AREA (%)	AREA ACUMULADA POR DEBAJO		AREA ACUMULADA POR ENCIMA	
		km²	%		km²	%	km²	%
0 - 200	100	170.84	15.59	15.59	170.84	15.59	1095.75	100.00
200 - 400	300	31.40	2.87	8.60	202.24	18.46	924.91	84.41
400 - 600	500	38.24	3.49	17.45	240.48	21.95	893.52	81.54
600 - 800	700	36.83	3.36	23.53	277.32	25.31	855.27	78.05
800 - 1000	900	34.87	3.18	28.64	312.19	28.49	818.44	74.69
1000 - 1200	1100	38.94	3.55	39.09	351.13	32.04	783.56	71.51
1200 - 1400	1300	44.59	4.07	52.90	395.72	36.11	744.52	67.96
1400 - 1600	1500	28.43	2.59	38.91	424.15	38.71	700.03	63.89
1600 - 1800	1700	29.79	2.72	46.22	453.94	41.43	671.60	61.29
1800 - 2000	1900	29.72	2.71	51.54	483.66	44.14	641.81	58.57
2000 - 2200	2100	33.78	3.08	64.74	517.44	47.22	612.09	55.86
2200 - 2400	2300	33.82	3.09	70.98	551.26	50.31	578.31	52.78
2400 - 2600	2500	38.53	3.52	87.91	589.79	53.83	544.49	49.69
2600 - 2800	2700	38.08	3.47	93.82	627.87	57.30	505.96	46.17
2800 - 3000	2900	34.96	3.19	92.53	662.83	60.49	467.88	42.70
3000 - 3200	3100	33.73	3.08	95.42	696.56	63.57	432.92	39.51
3200 - 3400	3300	38.92	3.55	117.21	735.48	67.12	399.19	36.43
3400 - 3600	3500	43.89	4.01	140.19	779.37	71.13	360.27	32.88
3600 - 3800	3700	45.96	4.19	165.19	825.33	75.32	316.39	28.87
3800 - 4000	3900	43.35	3.96	154.31	868.68	79.28	270.43	24.68
4000 - 4200	4100	36.09	3.29	135.05	904.77	82.57	227.07	20.72
4200 - 4400	4300	36.37	3.32	142.73	941.14	85.89	190.96	17.43
4400 - 4600	4500	39.92	3.64	163.96	981.07	89.53	154.61	14.11
4600 - 4800	4700	53.36	4.87	228.86	1034.42	94.40	114.68	10.47
4800 - 5000	4900	34.03	3.11	152.17	1068.45	97.51	61.33	5.60
5000 - 5200	5100	15.47	1.41	72.01	1083.93	98.92	27.30	2.49
5200 - 5400	5300	8.63	0.79	41.73	1092.55	99.71	11.83	1.08
5400 - 5600	5500	2.79	0.25	14.00	1095.34	99.96	3.20	0.29
5600 - 5800	5700	0.41	0.04	2.13	1095.75	100.00	0.41	0.04
TOTAL		1095.75	100.00	2347.43				

ALTITUD MEDIA (m) = **2347.43**



**Pendiente media de la cuenca**

La Pendiente Media de la Cuenca alcanza los 31.62%

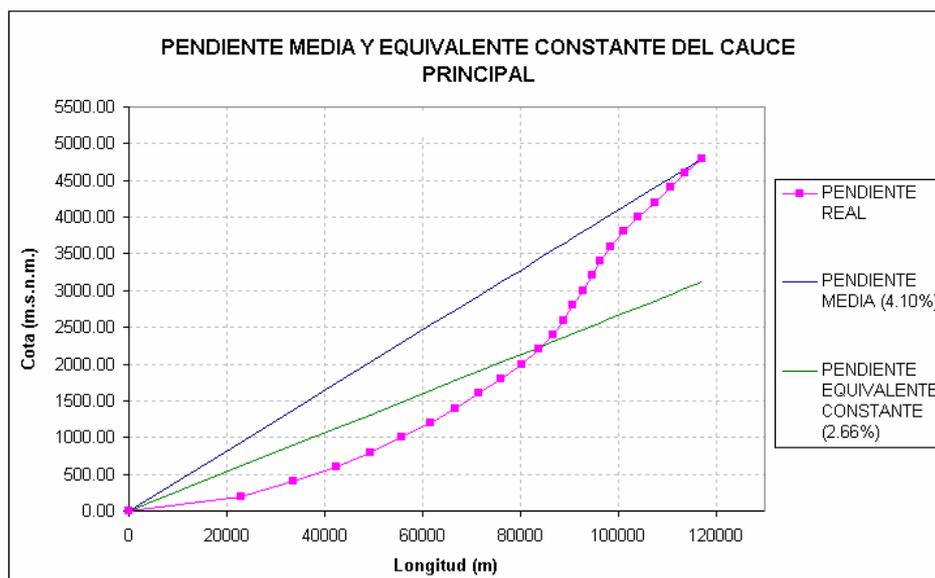
**Pendiente Media del cauce principal**

$P_m = 4.10\%$  . (FIGURA N°02)

**Pendiente Equivalente Constante**

$S = 2.66\%$  (FIGURA N°02)

**FIGURA N°01. PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE PRINCIPAL - CAPLINA**

**Densidad de Drenaje**

En 1095.75km<sup>2</sup> de cuenca existen 682.01km. de ríos haciendo una densidad de drenaje de  $D_d = 0.62 \text{ km/km}^2$ .

**Coefficiente de Compacidad o Índice de Gravelius**

En una cuenca de 1095.75km<sup>2</sup> y 254.81km. de perímetro el coeficiente de compacidad es de  $K_c = 2.17$ .

**Factor de Forma**

El cauce principal recorre 118.39km. en una cuenca de 1095.75km<sup>2</sup> conformando un factor de forma de  $F_f = 0.078$ .

**Extensión media del escurrimiento**

En 1095.75km<sup>2</sup> de cuenca existen 682.01km. de ríos conformando una extensión media de escurrimiento de  $d = 401.66 \text{ m}$ .

**Coefficiente de Torrencialidad.**

Existen 129 ríos de primer orden en una cuenca de 1095.75km<sup>2</sup> por lo que el coeficiente de torrencialidad es de  $C_t = 0.12 \text{ ríos/km}^2$ .

**Coefficiente de Masividad.**

En una cuenca de 1095.75km<sup>2</sup> y una Altitud media de 2347.43m existe un coeficiente de Masividad de  $C_m = 2.142 \text{ m/km}^2$ .

## 5.2 Cuenca del río Uchusuma o Yungane

### Clasificación Ordinal de los ríos

El orden de la cuenca se define en la subcuenca Yungane en donde se alcanza el orden de 5.

### Frecuencia de los ríos

Se han contabilizado 702 cauces naturales en una cuenca colectora de 1954.99km<sup>2</sup> por lo que la frecuencia de ríos es de 0.36 ríos/km<sup>2</sup>.

### Longitud del Cauce Principal

El cauce del río principal nace en la subcuenca de la quebrada Yungane y atraviesa las subcuencas medias 01 y 02 sumando una longitud de 102.69km.

**CUADRO N°15. CAUCE PRINCIPAL - YUNGANE**

SUBCUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (km)
SUBCUENCA MEDIA 02	69.35
SUBCUENCA MEDIA 01	8.56
SUBCUENCA QUEB. CAUÑANI	79.57
SUBCUENCA QUEB. VIÑANI	60.40
SUBCUENCA QUEB. COBANI	41.23
SUBCUENCA QUEB. VILAVILANI	23.64
SUBCUENCA QUEB. YUNGANE	24.78
<b>CUENCA (MEDIA 02 + MEDIA 01 + QUEB. YUNGANE )</b>	<b>102.69</b>

### Rectángulo Equivalente

La cuenca forma un rectángulo de lado mayor  $L = 103.96\text{km}$  y lado menor  $l = 18.81\text{km}$ , siendo la manera como se distribuye de acuerdo a la altitud tal como se muestra en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°16. RECTÁNGULO EQUIVALENTE – YUNGANE**

Perimetro de la Cuenca (km):		245.53	
RANGO	AREA (km <sup>2</sup> )	LADO MENOR (Km)	LADO MAYOR (Km)
0 - 200	127.96	18.81	6.80
200 - 400	107.62	18.81	5.72
400 - 600	157.39	18.81	8.37
600 - 800	119.82	18.81	6.37
800 - 1000	142.92	18.81	7.60
1000 - 1200	124.94	18.81	6.64
1200 - 1400	106.20	18.81	5.65
1400 - 1600	97.90	18.81	5.21
1600 - 1800	64.90	18.81	3.45
1800 - 2000	56.69	18.81	3.01
2000 - 2200	63.13	18.81	3.36
2200 - 2400	50.21	18.81	2.67
2400 - 2600	41.92	18.81	2.23
2600 - 2800	38.51	18.81	2.05
2800 - 3000	34.78	18.81	1.85
3000 - 3200	48.72	18.81	2.59
3200 - 3400	74.91	18.81	3.98
3400 - 3600	93.12	18.81	4.95
3600 - 3800	97.03	18.81	5.16
3800 - 4000	114.05	18.81	6.06
4000 - 4200	94.30	18.81	5.01
4200 - 4400	64.15	18.81	3.41
4400 - 4600	28.01	18.81	1.49
4600 - 4800	5.26	18.81	0.28
4800 - 5000	0.54	18.81	0.03
CUENCA	1954.99	18.81	103.96

**Altitud Media de la Cuenca**

La altitud media de la cuenca considerando desde los 0 m.s.n.m. hasta un aproximado de 5000 m.s.n.m. es de  $H = 1983.80\text{m}$

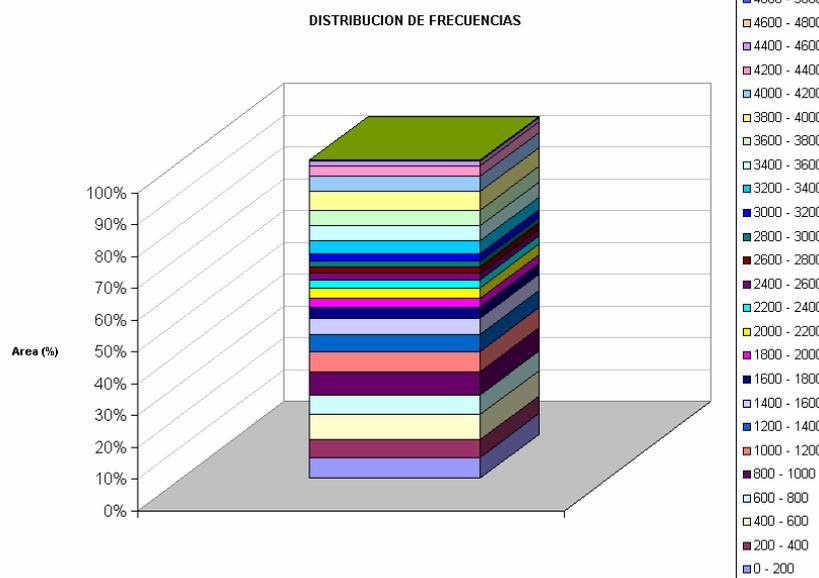
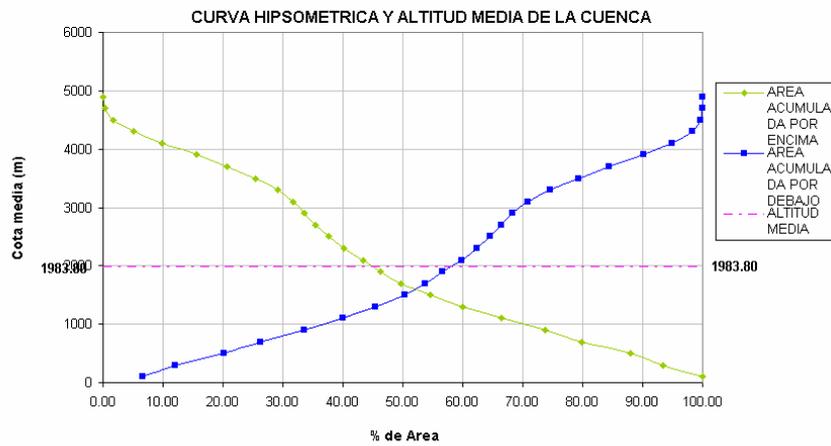
**Curva Hipsométrica y de Distribución de Frecuencias**

En el **CUADRO N°17** se muestran los resultados.

**CUADRO N°17. CURVA HIPSONOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA - YUNGANE**

RANGO	COTA MEDIA DEL INTERVALO (m)	AREA		COTA MEDIA X AREA (%)	AREA ACUMULADA POR DEBAJO		AREA ACUMULADA POR ENCIMA	
		km²	%		km²	%	km²	%
0 - 200	100	127.96	6.55	6.55	127.96	6.55	1954.99	100.00
200 - 400	300	107.62	5.60	16.51	235.57	12.05	1827.04	93.45
400 - 600	500	157.39	8.05	40.25	392.96	20.10	1719.42	87.95
600 - 800	700	119.82	6.13	42.90	512.79	26.23	1562.03	79.90
800 - 1000	900	142.92	7.31	65.79	655.70	33.54	1442.21	73.77
1000 - 1200	1100	124.94	6.39	70.30	780.64	39.93	1299.29	66.46
1200 - 1400	1300	106.20	5.43	70.62	886.84	45.36	1174.36	60.07
1400 - 1600	1500	97.90	5.01	75.11	984.73	50.37	1068.16	54.64
1600 - 1800	1700	64.90	3.32	56.44	1049.64	53.69	970.26	49.63
1800 - 2000	1900	56.69	2.90	55.10	1106.33	56.59	905.36	46.31
2000 - 2200	2100	63.13	3.23	67.81	1169.45	59.82	848.67	43.41
2200 - 2400	2300	50.21	2.57	59.07	1219.66	62.39	785.54	40.18
2400 - 2600	2500	41.92	2.14	53.61	1261.58	64.53	735.33	37.61
2600 - 2800	2700	38.51	1.97	53.19	1300.09	66.50	693.41	35.47
2800 - 3000	2900	34.78	1.78	51.60	1334.88	68.28	654.90	33.50
3000 - 3200	3100	48.72	2.49	77.26	1383.60	70.77	620.12	31.72
3200 - 3400	3300	74.91	3.83	126.45	1458.51	74.60	571.39	29.23
3400 - 3600	3500	93.12	4.76	166.72	1551.63	79.37	496.48	25.40
3600 - 3800	3700	97.03	4.96	183.65	1648.67	84.33	403.36	20.63
3800 - 4000	3900	114.05	5.83	227.52	1762.72	90.17	306.32	15.67
4000 - 4200	4100	94.30	4.82	197.77	1857.02	94.99	192.27	9.83
4200 - 4400	4300	64.15	3.28	141.10	1921.17	98.27	97.97	5.01
4400 - 4600	4500	28.01	1.43	64.48	1949.19	99.70	33.82	1.73
4600 - 4800	4700	5.26	0.27	12.65	1954.45	99.97	5.81	0.30
4800 - 5000	4900	0.54	0.03	1.36	1954.99	100.00	0.54	0.03
TOTAL		1954.99	100.00	1983.80				

ALTIUD MEDIA (m) = **1983.80**



**Pendiente media de la cuenca**

La Pendiente Media de la Cuenca alcanza los 29.04%

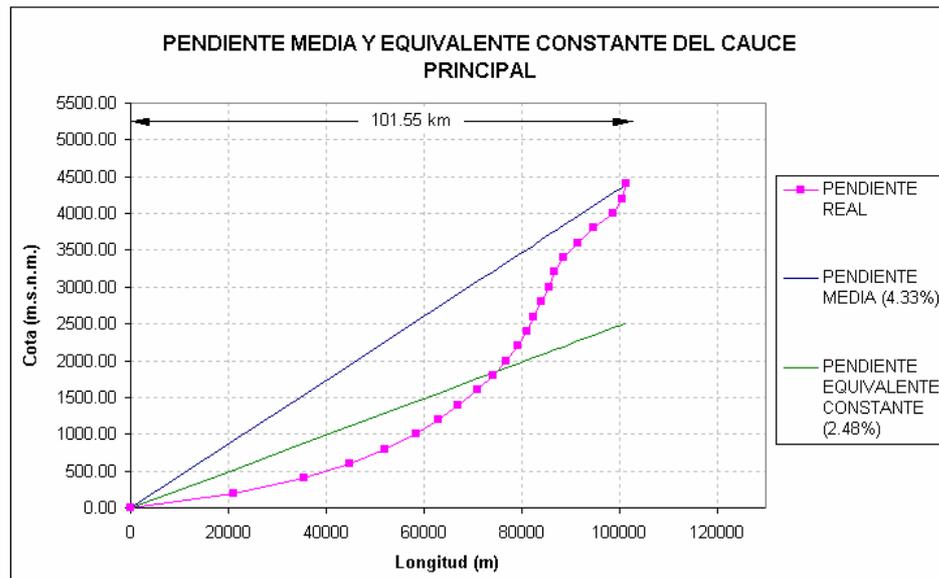
**Pendiente Media del cauce principal**

$P_m = 4.33\%$  . (FIGURA N°03)

**Pendiente Equivalente Constante**

$S = 2.48\%$  (FIGURA N°03)

**FIGURA N°02. PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE PRINCIPAL – YUNGANE**

**Densidad de Drenaje**

En 1954.99km<sup>2</sup> de cuenca existen 1431.10km de ríos haciendo una densidad de drenaje de  $D_d = 0.73$  km/km<sup>2</sup>

**Coefficiente de Compacidad o Índice de Gravelius**

En una cuenca de 1954.99km<sup>2</sup> y 245.53km de perímetro el coeficiente de compacidad es de  $K_c = 1.57$ .

**Factor de Forma**

El cauce principal recorre 102.69km en una cuenca de 1954.99km<sup>2</sup> conformando un factor de forma de  $F_f = 0.185$ .

**Extensión media del escurrimiento**

En 1954.99km<sup>2</sup> de cuenca existen 1431.10km de ríos conformando una extensión media de escurrimiento de  $d = 341.52$  m.

**Coefficiente de Torrencialidad.**

Existen 365 ríos de primer orden en una cuenca de 1954.99km<sup>2</sup> por lo que el coeficiente de torrencialidad es de  $C_t = 0.19$  ríos/km<sup>2</sup>.

**Coefficiente de Masividad.**

En una cuenca de 1954.99km<sup>2</sup> y una altitud media de 1983.80m existe un coeficiente de masividad de  $C_m = 1.015$  m/km<sup>2</sup>.

### 5.3 Cuenca del río Uchusuma

#### Clasificación Ordinal de los ríos

El orden de la cuenca se define en la cuenca media 01 donde alcanza el orden de 4.

#### Frecuencia de los ríos

Se han contabilizado 178 cauces naturales en una cuenca colectora de 479.12km<sup>2</sup> por lo que la frecuencia de ríos es de 0.37 ríos/km<sup>2</sup>.

#### Longitud del Cauce Principal

El cauce principal del río principal nace en la subcuenca de la quebrada Carini y atraviesa las subcuencas medias sumando una longitud de 44.70km.

**CUADRO N°18. CAUCE PRINCIPAL - UCHUSUMA**

SUBCUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (km)
SUBCUENCA MEDIA 02	15.01
SUBCUENCA MEDIA 01	14.21
SUBCUENCA LAG. BLANCA	29.16
SUBCUENCA QUEB. UNCALLUTA	13.46
SUBCUENCA QUEB. CARINI	15.48
<b>CUENCA (MEDIA 02 + MEDIA 01 + QUEB. CARINI)</b>	<b>44.70</b>

#### Rectángulo Equivalente

La cuenca forma un rectángulo de lado mayor  $L = 45.97\text{km}$  y lado menor  $l = 10.42\text{km}$ , siendo la manera como se distribuye de acuerdo a la altitud tal como se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°19. RECTÁNGULO EQUIVALENTE - UCHUSUMA**

Perimetro de la Cuenca (km):		112.78	
RANGO	AREA (km <sup>2</sup> )	LADO MENOR (Km)	LADO MAYOR (Km)
4000 - 4200	9.03	10.42	0.87
4200 - 4400	130.50	10.42	12.52
4400 - 4600	80.60	10.42	7.73
4600 - 4800	97.37	10.42	9.34
4800 - 5000	89.33	10.42	8.57
5000 - 5200	42.66	10.42	4.09
5200 - 5400	21.41	10.42	2.05
5400 - 5600	7.24	10.42	0.69
5600 - 5800	0.98	10.42	0.09
CUENCA	479.12	10.42	45.97

#### Altitud Media de la Cuenca

La altitud media de la cuenca considerando desde los 4000 m.s.n.m hasta un aproximado de 5800 m.s.n.m es de  $H = 4659.94\text{m}$

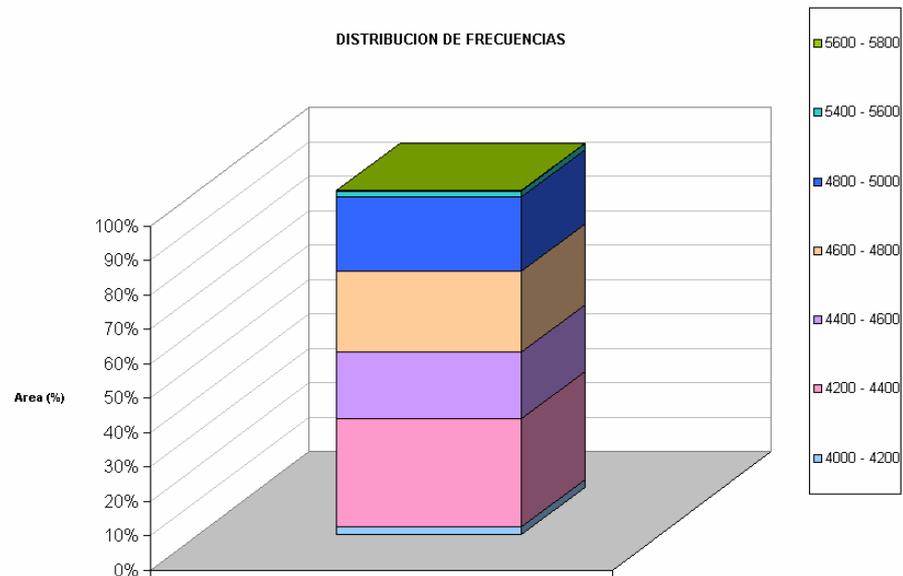
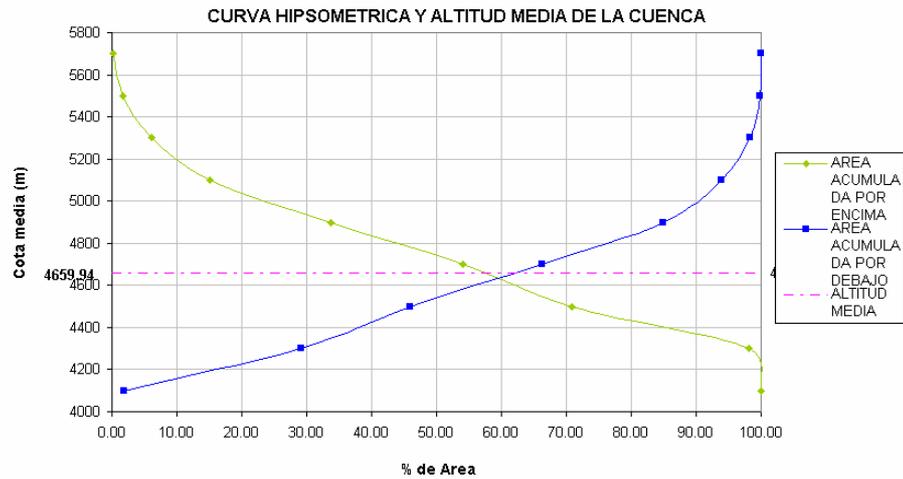
#### Curva Hipsométrica y de Distribución de Frecuencias

En el **CUADRO N°20** se muestran los resultados.

**CUADRO N°20. CURVA HIPSONOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA - UCHUSUMA**

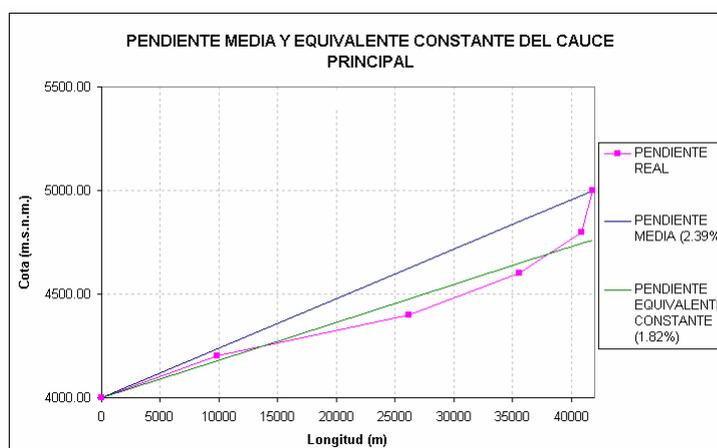
RANGO	COTA MEDIA DEL INTERVALO (m)	AREA		COTA MEDIA X AREA (%)	AREA ACUMULADA POR DEBAJO		AREA ACUMULADA POR ENCIMA	
		km <sup>2</sup>	%		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
4000 - 4200	4100	9.03	1.88	77.28	9.03	1.88	479.12	100.00
4200 - 4400	4300	130.50	27.24	1171.21	139.53	29.12	470.09	98.12
4400 - 4600	4500	80.60	16.82	757.05	220.14	45.95	339.59	70.88
4600 - 4800	4700	97.37	20.32	955.20	317.51	66.27	258.99	54.05
4800 - 5000	4900	89.33	18.64	913.53	406.83	84.91	161.61	33.73
5000 - 5200	5100	42.66	8.90	454.13	449.50	93.82	72.29	15.09
5200 - 5400	5300	21.41	4.47	236.79	470.90	98.28	29.62	6.18
5400 - 5600	5500	7.24	1.51	83.06	478.14	99.79	8.22	1.72
5600 - 5800	5700	0.98	0.21	11.70	479.12	100.00	0.98	0.21
TOTAL		479.12	100.00	4659.94				

ALTITUD MEDIA (m) =

**4659.94****Pendiente media de la cuenca**

La Pendiente Media de la Cuenca alcanza los 19.12%

**Pendiente Media del cauce principal** $P_m = 2.39\%$  . (FIGURA N°04)**Pendiente Equivalente Constante** $S = 1.82\%$  (FIGURA N°04)

**FIGURA N°03. PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE - UCHUSUMA****Densidad de Drenaje**

En 479.12km<sup>2</sup> de cuenca existen 393.46km de ríos haciendo una densidad de drenaje de  $Dd = 0.82 \text{ km/km}^2$ .

**Coefficiente de Compacidad o Índice de Gravelius**

En una cuenca de 479.12km<sup>2</sup> y 112.78km de perímetro el coeficiente de compacidad es de  $Kc = 1.45$ .

**Factor de Forma**

El cauce principal recorre 44.70km en una cuenca de 479.12km<sup>2</sup> conformando un factor de forma de  $Ff = 0.240$ .

**Extensión media del escurrimiento**

En 479.12km<sup>2</sup> de cuenca existen 393.46km de ríos conformando una extensión media de escurrimiento de  $d = 304.43 \text{ m}$ .

**Coefficiente de Torrencialidad.**

Existen 96 ríos de primer orden en una cuenca de 479.12km<sup>2</sup> por lo que el coeficiente de torrencialidad es de  $Ct = 0.20 \text{ ríos/km}^2$ .

**Coefficiente de Masividad.**

En una cuenca de 479.12km<sup>2</sup> y una altitud media de 4659.94m existe un coeficiente de masividad de  $Cm = 9.726 \text{ m/km}^2$ .

**5.4 Cuenca del río Maure****Clasificación Ordinal de los ríos**

El orden de la cuenca se define en la cuenca media 02 donde alcanza el orden de 5.

**Frecuencia de los ríos**

Se han contabilizado 457 cauces naturales en una cuenca colectora de 1714.63km<sup>2</sup> por lo que la frecuencia de ríos es de  $0.27 \text{ ríos/km}^2$ .

**Longitud del Cauce Principal**

El cauce principal del río principal nace en la subcuenca del río Pamputa y atraviesa las subcuencas medias 01, 02, 03 y 04 sumando una longitud de 115.69km.

**CUADRO N°21. CAUCE PRINCIPAL - MAURE**

SUBCUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (km)
SUBCUENCA RIO HUAÑAMAURE	18.86
SUBCUENCA MEDIA 04	35.41
SUBCUENCA MEDIA 03	23.50
SUBCUENCA RIO KALLAPUMA	23.81
SUBCUENCA RIO KAÑO	22.85
SUBCUENCA QUEB. MAMUTA	16.38
SUBCUENCA RIO ANCOMARCA	31.19
SUBCUENCA RIO CHILICULCO	28.16
SUBCUENCA MEDIA 02	20.86
SUBCUENCA MEDIA 01	4.53
SUBCUENCA RIO ANCOAQUE	14.93
SUBCUENCA RIO PAMPUTA	31.39
<b>CUENCA (MEDIA 01 + 02 + 03 + 04 + RIO PAMPUTA)</b>	<b>115.69</b>

**Rectángulo Equivalente**

La cuenca forma un rectángulo de lado mayor  $L = 118.13\text{km}$  y lado menor  $l = 14.52\text{km}$ , siendo la manera como se distribuye de acuerdo a la altitud tal como se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°22. RECTÁNGULO EQUIVALENTE - MAURE**

Perímetro de la Cuenca (km): 265.29

RANGO	AREA (km <sup>2</sup> )	LADO MENOR (Km)	LADO MAYOR (Km)
4000 - 4200	173.28	14.52	11.94
4200 - 4400	525.57	14.52	36.21
4400 - 4600	426.58	14.52	29.39
4600 - 4800	351.53	14.52	24.22
4800 - 5000	163.40	14.52	11.26
5000 - 5200	55.38	14.52	3.82
5200 - 5400	16.40	14.52	1.13
5400 - 5600	2.47	14.52	0.17
5600 - 5800	0.02	14.52	0.00
CUENCA	1714.63	14.52	118.13

**Altitud Media de la Cuenca**

La altitud media de la cuenca considerando desde los 4000m.s.n.m hasta un aproximado de 5800m.s.n.m es de  $H = 4505.88\text{m}$

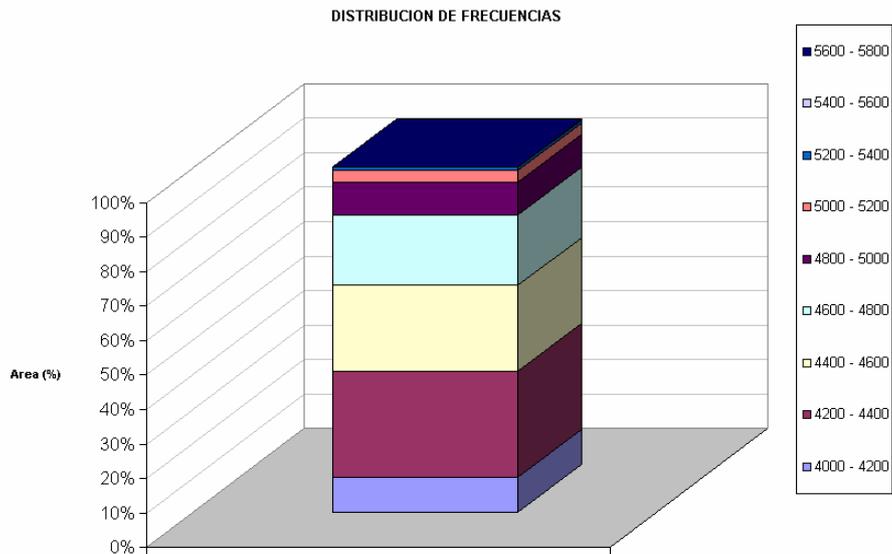
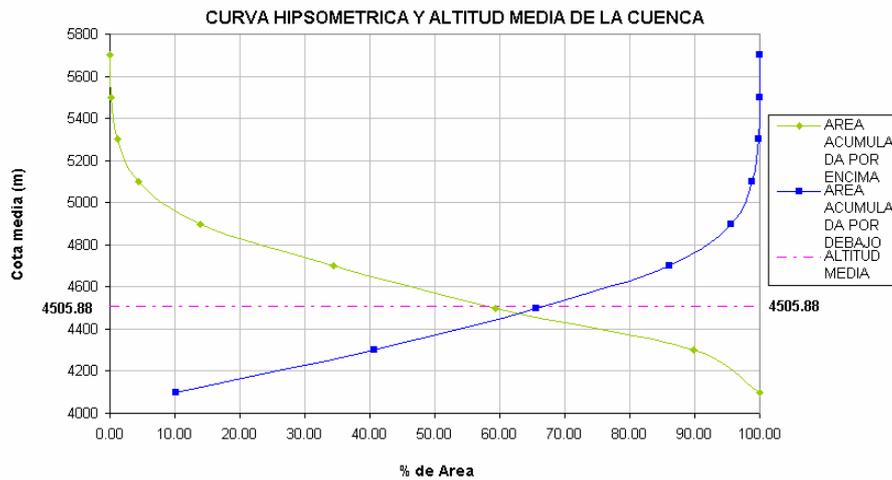
**Curva Hipsométrica y de Distribución de Frecuencias**

En el **CUADRO N°23** se muestran los resultados.

**CUADRO N°23. CURVA HIPSONOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA - MAURE**

RANGO	COTA MEDIA DEL INTERVALO (m)	AREA		COTA MEDIA X AREA (%)	AREA ACUMULADA POR DEBAJO		AREA ACUMULADA POR ENCIMA	
		km <sup>2</sup>	%		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
4000 - 4200	4100	173.28	10.11	414.35	173.28	10.11	1714.63	100.00
4200 - 4400	4300	525.57	30.65	1318.03	698.85	40.76	1541.35	89.89
4400 - 4600	4500	426.58	24.88	1119.55	1125.43	65.64	1015.79	59.24
4600 - 4800	4700	351.53	20.50	963.58	1476.96	86.14	589.21	34.36
4800 - 5000	4900	163.40	9.53	466.95	1640.36	95.67	237.68	13.86
5000 - 5200	5100	55.38	3.23	164.72	1695.74	98.90	74.28	4.33
5200 - 5400	5300	16.40	0.96	50.71	1712.14	99.85	18.90	1.10
5400 - 5600	5500	2.47	0.14	7.94	1714.61	100.00	2.49	0.15
5600 - 5800	5700	0.02	0.00	0.06	1714.63	100.00	0.02	0.00
TOTAL		1714.63	100.00	4505.88				

ALTITUD MEDIA (m) = **4505.88**



### Pendiente media de la cuenca

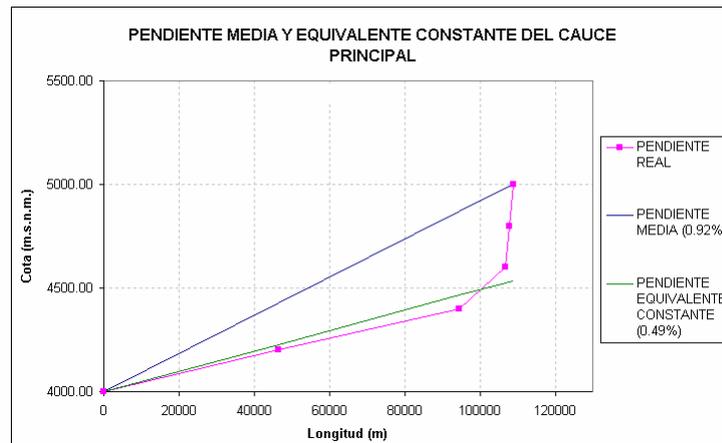
La Pendiente Media de la Cuenca alcanza los 17.60%

### Pendiente Media del cauce principal

$P_m = 0.92\%$  . (FIGURA N°05)

### Pendiente Equivalente Constante

$S = 0.49\%$  (FIGURA N°05)

**FIGURA N°04. PENDIENTE MEDIA Y EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE PRINCIPAL - MAURE****Densidad de Drenaje**

En 1714.63km<sup>2</sup> de cuenca existen 1245.01km de ríos haciendo una densidad de drenaje de  $Dd = 0.73\text{km}/\text{km}^2$ .

**Coefficiente de Compacidad o Índice de Gravelius**

En una cuenca de 1714.63km<sup>2</sup> y 265.29km de perímetro el coeficiente de compacidad es de  $Kc = 1.81$ .

**Factor de Forma**

El cauce principal recorre 115.69km en una cuenca de 1714.63km<sup>2</sup> conformando un factor de forma de  $Ff = 0.128$ .

**Extensión media del escurrimiento**

En 1714.63km<sup>2</sup> de cuenca existen 1245.01km de ríos conformando una extensión media de escurrimiento de  $d = 344.30\text{ m}$ .

**Coefficiente de Torrencialidad.**

Existen 239 ríos de primer orden en una cuenca de 1714.63km<sup>2</sup> por lo que el coeficiente de torrencialidad es de  $Ct = 0.14\text{ ríos}/\text{km}^2$ .

**Coefficiente de Masividad.**

En una cuenca de 1714.63km<sup>2</sup> y una altitud media de 4505.88m existe un coeficiente de masividad de  $Cm = 2.628\text{ m}/\text{km}^2$ .

## 6. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA

### 6.1 Variables Climáticas

#### 6.1.1 Temperatura

La temperatura en las cuencas del ámbito del estudio obedece a un gradiente inverso, es decir que a mayor altitud menor temperatura. La información de temperatura presenta poca variabilidad interanual. La recolección de esta información se realiza a través termómetros y termógrafos de las estaciones meteorológicas.

La temperatura media anual para las pampas de la Yarada y Hospicio es de 20°C con máximas que pueden alcanzar los 29°C en los meses de verano y mínimas que alcanzan los 13°C en los meses de invierno, mientras que para el valle de Tacna la temperatura media anual se encuentra en el orden de los 18°C con máximas que pueden alcanzar los 28°C en los meses de verano y mínimas que alcanzan los 7°C en los meses de invierno.

Las temperaturas media anual que se presentan en el valle va disminuyendo con la altitud siendo de 12.0°C a 3000m.s.n.m con máximas de 22°C en verano y mínimas de 4°C en invierno, mientras que para altitudes mayores a 4000m.s.n.m. la temperatura media anual alcanza los 3°C con máximas de 20°C en verano y mínimas de -15°C en invierno.

Los valores de Temperatura media mensual, Temperatura máxima y mínima media mensual del registro histórico de las estaciones de la cuenca son los que se muestran en el **VOLUMEN II – REGISTROS HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS**.

#### 6.1.2 Humedad Relativa

La humedad relativa es mas alta en la zona baja debido a su proximidad al Océano Pacifico. Esta información es registrada mediante los higrógrafos.

La humedad relativa media anual en las pampas de la Yarada y Hospicio y en el valle de Tacna es de 75% con máximas mensuales que alcanzan el 90% en los meses de invierno y una mínima mensual que llega a 55% en los meses de verano.

La información de humedad relativa esta contenida en el **VOLUMEN II – REGISTROS HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS**.

#### 6.1.3 Horas de Sol

Este parámetro describe el número de horas de sol durante un día o un mes, el mismo que es medido a través de los heliógrafos.

Las horas de sol media anual en las Pampas de la Yarada y Hospicio es de 5.5hr/día con medias mensuales máximas de 7.6hr/día en los meses de verano y medias mensuales mínimas en invierno de 3.0hr/día, mientras que en el valle de Tacna es de 7.8hr/día con medias mensuales máximas de 8.5hr/día en los meses de verano y medias mensuales mínimas en invierno de 7.2hr/día.

La información correspondiente a este parámetro se encuentra contenido en el **VOLUMEN II – REGISTROS HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS**.

#### **6.1.4 Velocidad del Viento**

Medido mediante el anemómetro, este parámetro suele estar expresado en km/día o m/s.

La velocidad del viento media anual en las Pampas de la Yarada y Hospicio es de 2.6m/s con medias mensuales máximas de 2.8m/s en los meses de verano y medias mensuales mínimas en invierno de 2.3m/s, mientras que en el valle de Tacna es de 1.0m/s con medias mensuales máximas de 1.3m/s en los meses de verano y medias mensuales mínimas en invierno de 0.6m/s.

La información correspondiente a este parámetro se encuentra contenido en el **VOLUMEN II – REGISTROS HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS**.

#### **6.1.5 Evaporación**

La evaporación suele ser medida por evaporímetros de Tanque Clase A. La determinación de este parámetro es importante, en el calculo de la evaporación de embalses así como en el calculo de la Evapotranspiración en la cuenca.

La información de evaporación utilizada esta contenida en el **VOLUMEN II – REGISTROS HISTÓRICOS METEOROLÓGICOS**.

### **6.2 Evapotranspiración Potencial**

La Evapotranspiración a la suma del agua que evapora directamente del suelo y de la cubierta vegetal (evaporación) y del volumen utilizado por la vegetación (transpiración).

La Evapotranspiración Potencial se ha definido como la evapotranspiración de un cultivo que cubre completamente el suelo y que dispone de suficiente agua.

Se han determinado para el presente estudio la Evapotranspiración a nivel de valle orientada a determinar las demandas de agua de los cultivos y la Evapotranspiración a nivel de la cuenca orientada a determinar mediante modelos de precipitación escorrentía la disponibilidad en la cuenca.

#### **6.2.1 Evapotranspiración a nivel del valle**

La determinación de la Evapotranspiración potencial que se emplea en el cálculo de la demanda hídrica a nivel del valle de Tacna fue procesada en el Sistema de Información de Riego (SIR) para las estaciones de La Yarada, Calana, Magollo y Calientes. La información climática requerida se muestra en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°24. INFORMACION CLIMÁTICA REQUERIDA**

	LA YARADA	MAGOLLO	CALANA	CALIENTES
Temperatura Máxima (°C)	X	X	X	X
Temperatura Media (°C)	X	Promedio Tmax y Tmin	Promedio Tmax y Tmin	Promedio Tmax y Tmin
Temperatura Mínima (°C)	X	X	X	X
Humedad Relativa Máxima (%)	X	X	X	X
Humedad Relativa Media (%)	X	X	X	X
Humedad Relativa Mínima (%)	X	X	X	X
Velocidad del viento (m/s)	X	La Yarada	X	Calana
Evaporación Tanque tipo A	X	X	X	Calana
Heliofania media (hr/día)	X	La Yarada	X	Calana

X = indica la existencia de registro histórico

Se plantearon los métodos de Blanney – Criddle, Radiación, Penman Modificado, Penman Moteith, Evaporímetro y Hargreaves; de los cuales se ha optado por utilizar los resultados del método de Hargreaves para el cálculo de la demanda en el valle por presentar un mejor ajuste de acuerdo a la zona del estudio.

**CUADRO N°25. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN EL VALLE DE TACNA**

MES	LA YARADA		MAGOLLO		CALANA		CALIENTES	
	Mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes	mm/día	mm/mes
Enero	5.940	184.140	5.975	185.225	5.716	177.196	5.002	155.062
Febrero	5.640	157.920	5.373	150.444	5.411	151.508	4.936	138.208
Marzo	4.815	149.265	4.787	148.397	4.592	142.352	4.161	128.991
Abril	3.748	112.440	3.605	108.150	3.398	101.940	3.334	100.020
Mayo	2.871	89.001	2.572	79.732	2.557	79.267	2.984	92.504
Junio	2.345	70.350	2.014	60.420	2.115	63.450	2.898	86.940
Julio	2.342	72.602	1.990	61.690	2.142	66.402	2.994	92.814
Agosto	2.848	88.288	2.526	78.306	2.566	79.546	3.362	104.222
Septiembre	3.546	106.380	3.225	96.750	3.212	96.360	3.475	104.250
Octubre	4.494	139.314	4.377	135.687	4.096	126.976	4.599	142.569
Noviembre	5.430	162.900	5.113	153.390	4.858	145.740	4.929	147.870
Diciembre	5.907	183.117	5.498	170.438	5.467	169.477	5.169	160.239
Anual		<b>1515.717</b>		<b>1428.629</b>		<b>1400.214</b>		<b>1453.689</b>

Con la Evapotranspiración en cada estación se determinó la zona de influencia de estas sobre el Distrito de Riego Tacna, en donde se han determinado grupos de riego agrupados en comisiones y estas a su vez en dos Juntas de Usuarios tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

**CUADRO N°26. ZONA DE INFLUENCIA DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS**

Junta de Usuarios	Comisión	Grupo de Riego	Estación
Tacna	Bajo Caplina	Grupo I	Calana
		Grupo II	Calana
		Grupo III	Calana
		Grupo IV	Magollo
	Copare	Arunta	Magollo
		Copare Aeopuerto	Magollo
		Leguia	Magollo
		Para	Magollo
		Yarada	Magollo
	Uchusuma	Uchusuma	Calana
	Magollo	Sector A	Magollo
		Sector B	Magollo
La Yarada	28 de Agosto	28 de Agosto	La Yarada
	Asentamiento 04	Asentamiento 04	La Yarada
	Asentamiento 5 y 6	Asentamiento 5 y 6	La Yarada
	Cooperativa 60	Cooperativa 60	La Yarada
	Juan Velasco	Juan Velasco	La Yarada
	La Esperanza	La Esperanza	La Yarada
	Las Palmeras	Las Palmeras	La Yarada
	Los Olivos	Los Olivos	La Yarada
	Los Palos	Los Palos	La Yarada

FUENTE: EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS CAPLINA Y UCHUSUMA – PLAN DE CULTIVO Y RIEGO (2002)

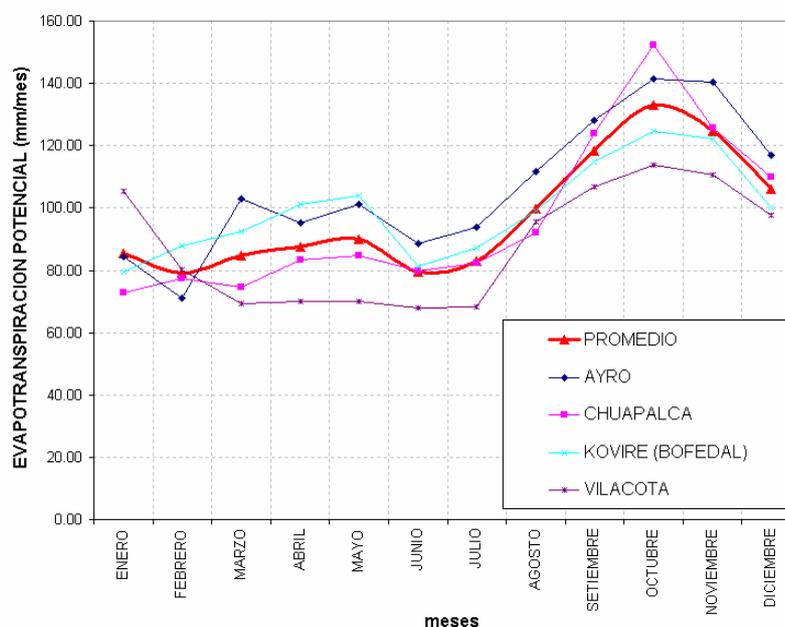
### 6.2.2 Evapotranspiración Potencial media de la cuenca

La determinación de la Evapotranspiración potencial media mensual se realizó para cada cuenca por el método del evaporímetro.

Para las Cuencas de los ríos Maure y Uchusuma se ha determinado una Evapotranspiración potencial media mensual sobre la base de 3 estaciones del Maure y 1 estación del Uchusuma. En el **CUADRO N°27** se presentan los resultados de cada estación considerada en mm/mes y el promedio adoptado para estas cuencas.

**CUADRO N°27. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS MAURE Y UCHUSUMA**

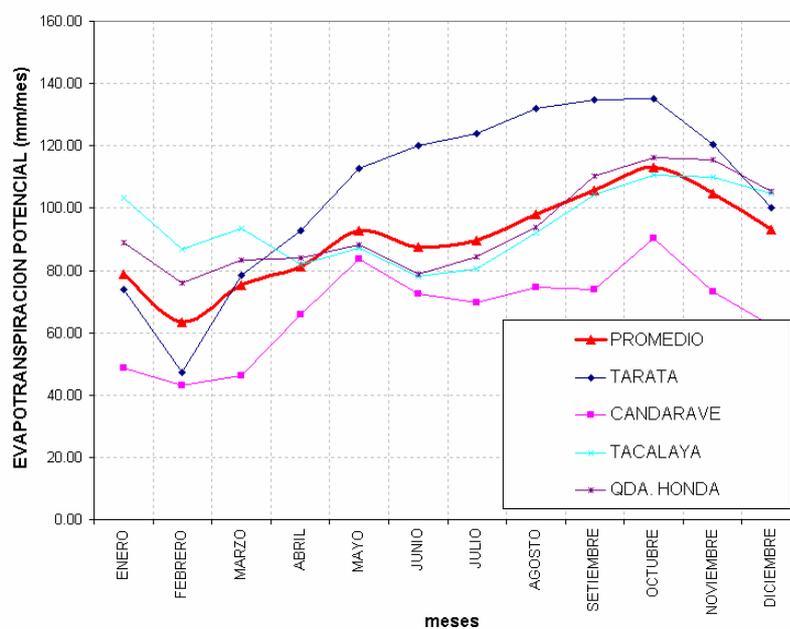
MES	AYRO (4250)	CHUAPALCA (4250)	KOVIRE (4369)	VILACOTA (4400)	PROMEDIO
ENERO	84.38	72.82	79.52	105.52	85.56
FEBRERO	71.09	77.28	87.86	80.06	79.07
MARZO	103.01	74.50	92.49	69.28	84.82
ABRIL	95.30	83.21	101.30	70.00	87.45
MAYO	101.24	84.66	104.09	69.90	89.97
JUNIO	88.70	79.74	81.40	68.06	79.48
JULIO	93.76	82.20	87.16	68.16	82.82
AGOSTO	111.72	91.91	99.16	95.69	99.62
SEPTIEMBRE	128.15	123.86	114.82	106.65	118.37
OCTUBRE	141.47	152.33	124.74	113.89	133.11
NOVIEMBRE	140.32	125.78	122.33	110.78	124.80
DICIEMBRE	116.85	109.88	100.12	97.58	106.10
TOTAL	1275.98	1158.15	1194.97	1055.56	1171.17



Para las Cuencas de los ríos Caplina y Uchusuma o Yungane se ha determinado una Evapotranspiración potencial media mensual para la cuenca húmeda sobre la base de información de 3 estaciones en la cuenca del río Locumba y 1 estación en la cuenca del río Sama. En el **CUADRO N°28** se presentan los resultados de cada estación considerada en mm/mes y el promedio adoptado.

**CUADRO N°28. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN LA CUENCA DE LOS RIOS CAPLINA Y YUNGANE**

MES	TARATA (3068)	CANDARAVE (3415)	TACALAYA (4400)	QDA. HONDA (4200)	PROMEDIO
ENERO	73.90	48.82	103.38	88.86	78.74
FEBRERO	47.13	42.98	86.92	75.94	63.24
MARZO	78.48	46.12	93.55	83.28	75.36
ABRIL	92.75	65.88	81.99	83.90	81.13
MAYO	112.57	83.60	87.32	88.22	92.92
JUNIO	120.17	72.63	78.03	78.62	87.36
JULIO	124.09	69.74	80.69	84.41	89.73
AGOSTO	131.97	74.43	92.00	93.70	98.02
SEPTIEMBRE	134.83	73.74	104.26	110.17	105.75
OCTUBRE	135.06	90.34	110.55	116.18	113.03
NOVIEMBRE	120.38	73.33	110.09	115.53	104.83
DICIEMBRE	100.15	62.34	104.60	105.31	93.10
TOTAL	1271.47	803.93	1133.37	1124.10	1083.22



## 7. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

### 7.1 Registros Históricos

Los registros históricos de información Hidrometeorológica referidas en el ítem 2.2 fueron procesados en el SIH (Sistema de Información Hidrológica), software elaborado por la Dirección General de Aguas (DGAS) para el análisis de la Información Hidrológica.

Las estaciones seleccionadas para realizar el análisis y tratamiento de la información fueron Calana, La Yarada, Magollo, Calientes, Palca, Toquela, Paucarani, Ayro, Chuapalca, Vilacota, Kovire, Sama, Tarata, Jarumas, Hda. Puquio, Talabaya, Sitajara, Susapaya, Coypa Coypa, Chichillapi, Locumba, Mirave, Candarave, Suches, Tacalaya, Qda. Honda, Curibaya, Cairani, Aricota, Vizcachas, Ichicollo.

### 7.2 Análisis de Consistencia

#### 7.2.1 Análisis de Histogramas y Saltos

Con los hidrogramas se detectaron los posibles errores sistemáticos que existieran en los registros históricos, luego del cual se determinaron con el diagrama de doble masa y el análisis estadístico la existencia de saltos.

Las estaciones seleccionadas fueron agrupadas en tres grupos tomando en consideración su cercanía y altitud.

#### Grupo de Análisis 1

Se seleccionaron las estaciones de 0m.s.n.m hasta los 1500m.s.n.m pertenecientes a la vertiente del Pacífico (cuencas del río Caplina y Sama) considerando un periodo común de 1964 – 2000. Las estaciones seleccionadas son Magollo, Sama, Calana, Calientes, Hda. Puquio.

En este grupo se detectaron saltos significativos en las estaciones de Sama, Calientes y Hda. Puquio, los cuales fueron corregidos de acuerdo a la ecuación que se muestra en el siguiente cuadro. Los registros corregidos se presentan en los anexos.

**CUADRO N°29. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SALTOS – GRUPO 1**

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Std.	
MAGOLLO	1964	1982	222	0.6532	2.9168	1.25061	1.965	1.012	1.249	NO	NO	
	1983	2001	219	0.995	2.8994							
SAMA	1964	1982	222	3.341	5.879	0.204	1.965	1.7176	1.249	NO	SI	<b>1.311X-1.170</b>
	1983	2001	219	3.208	7.705							0.763X+0.893
CALANA	1967	1983	239	1.756	3.833	0.725	1.965	1.2033	1.247	NO	NO	
	1984	2001	207	1.503	3.494							
CALIENTES	1964	1982	224	0.828	2.916	2.509	1.965	3.3829	1.248	SI	SI	<b>1.839X+0.331</b>
	1983	2001	220	1.853	5.363							0.544X-0.180
HDA. PUQUIO	1964	1983	240	1.258	3.665	0.623	1.966	1.5338	1.262	NO	SI	0.807X+0.029
	1984	1997	166	1.044	2.959							<b>1.238X-0.035</b>

### Grupo de Análisis 2

Se seleccionaron las estaciones mayores a una altitud de 1500m.s.n.m pertenecientes a la vertiente del Pacífico (cuencas del río Caplina, Sama y Locumba) considerando un periodo común de 1965 – 2000. Las estaciones seleccionadas son Tarata, Sitajara, Palca, Susapaya, Talabaya, Toquela, Candarave, Suches, Tacalaya, Qda. Honda, Curibaya, Cairani.

En este grupo se detectaron saltos significativos en las estaciones de Susapaya, Toquela, Candarave y Suches, los cuales fueron corregidos de acuerdo a la ecuación que se muestra en el siguiente cuadro. Los registros corregidos se presentan en los anexos.

**CUADRO N°30. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS – GRUPO 2**

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Std.	
TARATA	1964	1982	228	14.8759	33.8461	0.06861	1.965	1.1566	1.247	NO	NO	
	1983	2001	218	15.1041	36.4001							
SITAJARA	1964	1974	126	9.6992	20.8149	0.02112	1.965	1.2501	1.290	NO	NO	
	1975	2001	315	9.7495	23.2725							
PALCA	1965	1974	35	5.4314	13.517	0.27758	1.967	1.1607	1.595	NO	NO	
	1975	2001	306	6.1477	14.5628							
SUSAPAYA	1964	1980	203	15.4069	32.935	1.01121	1.965	2.4302	1.250	NO	SI	<b>1.559X-4.389</b>
	1981	2001	244	19.6291	51.3425							0.641X+2.815
TALABAYA	1965	1981	203	15.3527	31.7808	0.18269	1.965	1.2207	1.253	NO	NO	
	1982	2001	232	15.9427	35.113							
TOQUELA	1964	1973	113	20.2611	54.6765	2.03328	1.965	3.1187	1.304	SI	SI	<b>0.566X+0.217</b>
	1974	2001	321	11.69	30.9611							1.766X-0.383
CANDARAVE	1964	1981	216	14.2245	28.6481	0.17513	1.965	1.3319	1.248	NO	SI	<b>1.154X-1.677</b>
	1982	2001	231	14.7385	33.0616							0.867X+1.454
SUCHES	1965	1976	143	32.7357	46.9495	0.28616	1.966	1.3885	1.283	NO	SI	<b>1.178X-4.271</b>
	1977	2001	257	34.3027	55.3227							0.849X+3.625
TACALAYA	1965	1979	180	39.8167	58.7592	0.78116	1.966	1.1525	1.263	NO	NO	
	1980	2001	236	35.4483	54.7341							
QDA. HONDA	1966	1982	203	22.7182	40.9155	0.0689	1.966	1.1742	1.263	NO	NO	
	1983	2001	198	22.4247	44.3372							
CURIBAYA	1964	1977	128	3.2367	9.0911	0.10832	1.966	1.1421	1.292	NO	NO	
	1978	2001	281	3.1267	9.7155							
CAIRANI	1964	1975	144	9.0535	18.8019	0.24696	1.965	1.2676	1.274	NO	NO	
	1976	2001	304	9.5641	21.169							

### Grupo de Análisis 3

Se seleccionaron las estaciones pertenecientes a la vertiente del Atlántico ubicadas en las cuencas de los ríos Maure y Uchusuma considerando un periodo común de 1964 - 2000. las estaciones seleccionadas son Paucarani, Challapalca, Chuapalca, Coypa Coypa, Chichillapi para un periodo común de 1964 – 2000

En este grupo se detectaron saltos significativos en la estacione de Coypa Coypa, el cual fue corregido de acuerdo a la ecuación siguiente.

**CUADRO N°31. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS – GRUPO3**

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Std.	
PAUCARANI	1946	1989	517	31.5116	46.3225	0.27066	1.964	1.2133	1.242	NO	NO	
	1990	2001	136	32.7463	51.0234							
CHALLAPALCA	1964	1988	296	32.0307	53.7972	0.22804	1.965	1.0527	1.261	NO	NO	
	1989	2001	144	30.7736	55.1967							
CHUAPALCA	1964	1981	211	33.0592	53.9789	0.27797	1.965	1.0211	1.251	NO	NO	
	1982	2001	226	31.6305	53.4172							
COYPA COYPA	1964	1992	348	34.8207	54.1046	2.02594	1.966	1.8687	1.388	SI	SI	1.367X+4.532
	1993	1997	51	52.1316	73.9308							<b>0.732X-3.315</b>
CHICHILLAPI	1964	1979	192	35.3438	49.8424	0.17714	1.966	1.0107	1.268	NO	NO	
	1980	1996	198	36.2405	50.1077							

### 7.3 Completación de Registros

Una vez corregida la información se procedió a la completación de la precipitación total mensual de las estaciones para la que se considero un periodo común de 1964 – 2000.

Esta Completación y extensión ha sido desarrollada por correlación múltiple usando para ello el programa desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos denominado HEC4. El criterio de agrupación fue el mismo que el realizado para el análisis de consistencia.

#### Grupo de Análisis 1

Conformada por las estaciones Magollo, Sama, Calana, Calientes, Hda. Puquio, La Yarada, Locumba, Mirave.

#### Grupo de Análisis 2.1

Se realizo la correlación múltiple de las estaciones de Tarata, Palca, Talabaya y Toquela para completar los registros de las estaciones de Palca y Toquela.

#### Grupo de Análisis 2.2

Se realizo la correlación múltiple de las estaciones de Tarata, Sitajara, Susapaya, Talabaya, Jarumas e Ichicollo para completar los registros de todas estas estaciones.

#### Grupo de Análisis 2.3

Se realizo la correlación múltiple de las estaciones de Candarave, Suches, Tacalaya, Qda. Honda, Curibaya, Cairani, Aricota y Vizcachas para completar los registros de todas estas estaciones.

#### Grupo de Análisis 3.1

Se realizo la correlación múltiple de las estaciones de Paucarani, Chuapalca e Ayro para completar los registros de las estaciones de Paucarani e Ayro.

#### Grupo de Análisis 3.2

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones de Challapalca, Chuapalca, Coypa Coypa, Chichillapi, Vilacota y Kovire para completar los registros de las estaciones de Coypa Coypa y Chichillapi.

**Grupo de Análisis 3.3**

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones de Challapalca, Chuapalca, Vilacota y Kovire para completar los registros de todas estas estaciones.

## 8. ANÁLISIS PLUVIOMETRICO

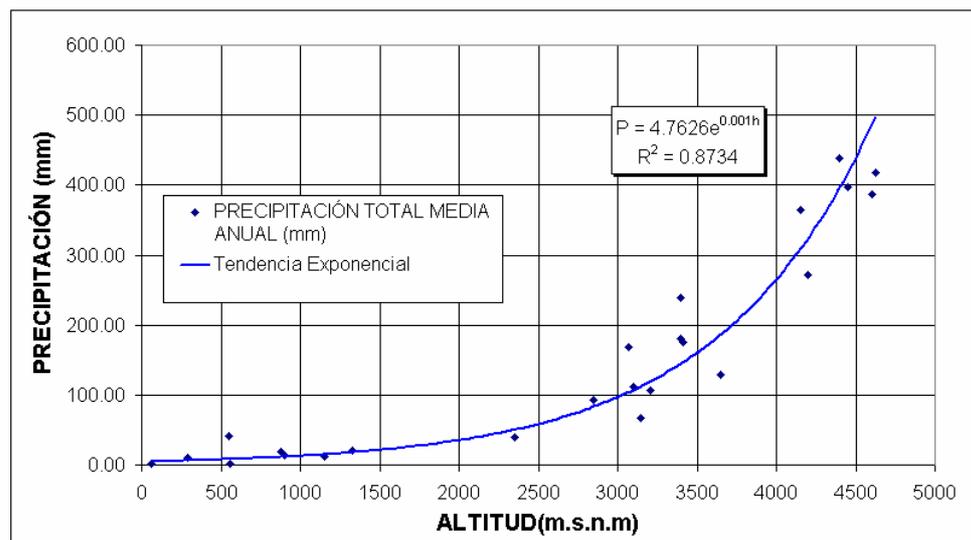
### 8.1 Ecuación Regional de Precipitación

Se han establecido tres ecuaciones regionales considerando la existencia de una gradiente de precipitación.

La primera ecuación regional es de las estaciones ubicadas en la vertiente del Pacífico correspondientes a las cuencas de los ríos Locumba, Sama, Caplina y Yungane encontrándose una correlación de  $R^2 = 0.87$  y de tendencia exponencial.

**CUADRO N°32. ECUACIÓN REGIONAL CUENCAS DE VERTIENTE DEL PACÍFICO**

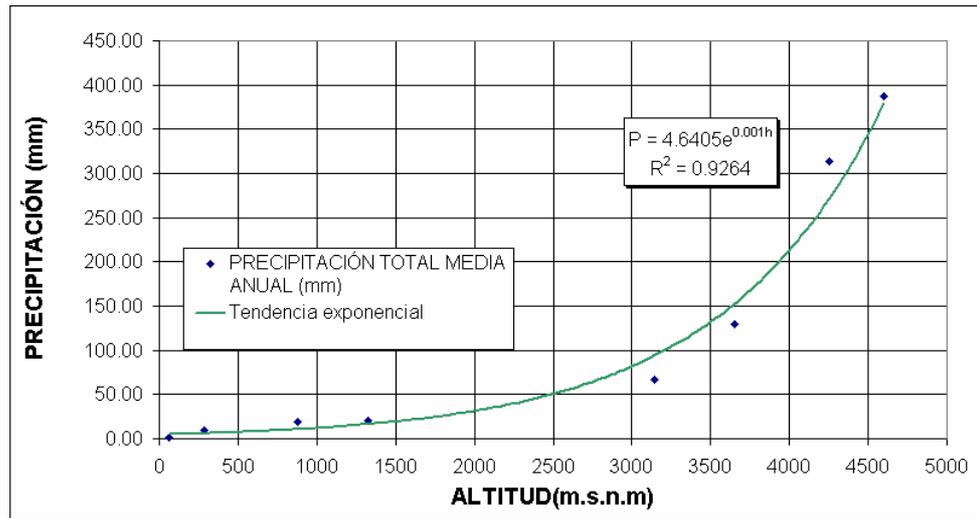
			ALTITUD (m.s.n.m)	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)
1	MAGOLLO	159101	288	9.62
2	SAMA	158337	552	42.08
3	CALANA	158338	875	19.57
4	CALIENTES	158319	1325	20.97
5	HDA. PUQUIO	158312	900	14.35
6	LA YARADA	158353	58	1.86
7	LOCUMBA	158335	559	1.76
8	MIRAVE	158332	1150	11.19
9	TOQUELA	158355	3650	129.05
10	PALCA	158321	3142	67.24
11	SITAJARA	158318	3100	111.46
12	SUSAPAYA	158317	3399	238.51
13	ICHICOLLO	158368	4150	365.11
14	TARATA	158333	3068	169.11
15	TALABAYA	158361	3400	180.05
16	CANDARAVE	158331	3415	174.68
17	SUCHES	158364	4452	396.97
18	TACALAYA	158327	4400	438.89
19	QUEB. HONDA	158365	4200	270.92
20	CURIBAYA	158315	2350	39.65
21	CAIRANI	158313	3205	106.97
22	ARICOTA	158366	2850	92.95
23	VIZCACHAS	158367	4625	417.16
24	PAUCARANI	158328	4600	387.51



La segunda ecuación regional involucra a las cuencas de los ríos Caplina, Yungane de la vertiente del Pacífico y Uchusuma de la vertiente del Atlántico encontrándose una correlación de  $R^2 = 0.93$  y de tendencia exponencial.

**CUADRO N°33. ECUACIÓN REGIONAL DE LA CUENCA DE LOS RIOS CAPLINA, YUNGANE Y UCHUSUMA**

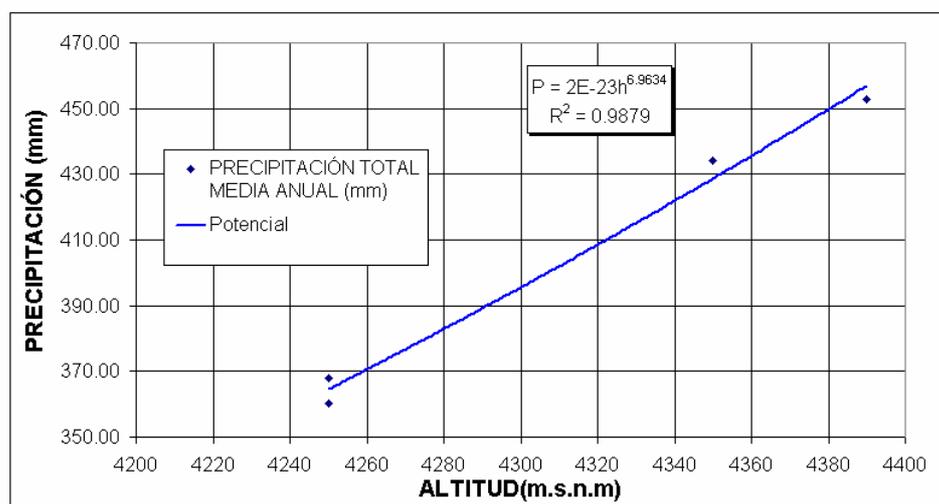
		ALTITUD (m.s.n.m)	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)
1	LA YARADA	158353	58
2	MAGOLLO	159101	288
3	CALANA	158338	875
4	CALIENTES	158319	1325
5	PALCA	158321	3142
6	TOQUELA	158355	3650
7	AYRO	158356	4250
8	PAUCARANI	158328	4600



La tercera ecuación regional es de las estaciones de la cuenca del río Maure encontrándose una correlación de  $R^2 = 0,99$  y de tendencia potencial.

**CUADRO N°34. ECUACIÓN REGIONAL DEL RIO MAURE**

		ALTITUD (m.s.n.m)	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)
1	CHALLAPALCA	158357	4250
2	CHUAPALCA	158330	4250
3	KOVIRE	158358	4350
4	VILACOTA	158320	4390



## 8.2 Precipitación Media Anual y Mensual

Existen 12 estaciones meteorológicas que se han considerado dentro de las cuencas del ámbito del estudio en las que se puede observar que las precipitaciones más intensas ocurren en los meses de enero, febrero y marzo para las estaciones pertenecientes a la cuenca del lago Titicaca (Paucarani, Ayro, Chuapalca, Challapalca, Kovire y Vilacota) llegando a acumular en un año medio de 314 a 452mm. Por otro lado en las estaciones pertenecientes a la vertiente del Pacífico las precipitaciones son moderadas de comportamiento orográfico dándose mayores intensidades medias en Palca y Toquela alcanzando hasta 129.05mm en un año mientras que es mínima en La Yarada, Magollo, Calana y Calientes con precipitaciones medias que no sobrepasan los 20.97mm anuales. Ver [MAPA N°12](#)

**CUADRO N°35. PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL (mm)**

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
LA YARADA	0.19	0.00	0.05	0.00	0.11	0.27	0.81	0.19	0.24	0.00	0.00	0.00	1.86
MAGOLLO	2.03	0.43	0.08	0.00	0.03	1.51	1.11	2.89	0.95	0.24	0.19	0.16	9.62
CALANA	2.43	1.89	0.62	0.24	0.86	1.62	2.08	3.11	2.95	1.00	1.24	1.51	19.57
CALIENTES	6.73	8.92	1.68	0.46	0.03	0.19	0.11	0.38	0.27	0.14	0.14	1.95	20.97
PALCA	27.43	19.16	12.22	0.05	0.00	0.49	0.16	0.76	0.84	0.73	0.51	4.89	67.24
TOQUELA	44.86	42.30	22.73	0.81	0.11	0.62	0.05	0.95	1.05	1.16	2.95	11.46	129.05
PAUCARANI	112.68	94.65	70.70	11.32	3.03	4.92	2.65	4.57	5.32	7.16	20.19	50.32	387.51
AYRO	100.78	86.78	58.14	18.95	0.81	0.95	0.00	1.92	0.89	2.78	11.32	30.78	314.11
CHUAPALCA	110.70	88.73	64.92	11.11	2.43	1.08	0.11	2.95	3.43	6.92	22.84	52.59	367.81
CHALLAPALCA	97.22	82.86	67.16	9.86	2.43	1.30	0.27	3.70	2.27	6.97	23.35	62.68	360.08
KOVIRE	124.14	113.16	98.03	7.89	0.68	1.41	0.00	0.49	0.81	10.65	21.78	55.24	434.27
VILACOTA	131.62	124.73	89.16	9.59	3.00	1.89	0.22	4.95	4.08	13.73	12.05	57.65	452.68

## 8.3 Precipitación Media Anual de la Cuenca

La precipitación media anual de la cuenca se ha desarrollado para las cuencas de los ríos Caplina, Yungane, Uchusuma y Maure mediante las metodologías de Thiessen e isoyetas. Ver [MAPA N°13](#)

### 8.3.1 Método de Thiessen

Los polígonos de Thiessen se formaron con las estaciones La Yarada, Magollo, Calana, Calientes, Palca, Toquela, Paucarani, Ayro, Chuapalca, Challapalca, Kovire, Vilacota, Ichicollo y Coypa Coypa.

#### Cuenca del río Caplina

La precipitación areal media anual es de 119.09mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Calientes

#### Cuenca del río Yungane

La precipitación areal media anual es de 60.52mm para la cuenca receptora hasta la Bocatoma Chuschuco

#### Cuenca del río Uchusuma

La precipitación areal media anual es de 375.25mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Bocatoma Uchusuma

**Cuenca del río Maure**

La precipitación areal media anual es de 436.96mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Kovire

La precipitación areal media anual es de 412.34mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Challapalca

La precipitación areal media anual es de 389.39mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Chuapalca

La precipitación areal media anual es de 388.54mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica La Frontera

**8.3.2 Método de Isoyetas**

Este método, basado en la variación de la precipitación con la altitud, ha determinado la precipitación areal de la cuenca sobre la base de las isoyetas cada 20m., usando para ello todas las estaciones seleccionadas para el análisis de consistencia.

**Cuenca del río Caplina**

La precipitación areal media anual es de 124.79mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Calientes

**Cuenca del río Yungane**

La precipitación areal media anual es de 68.75mm para la cuenca receptora hasta la Bocatoma Chuschuco

**Cuenca del río Uchusuma**

La precipitación areal media anual es de 361.18mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Bocatoma Uchusuma

**Cuenca del río Maure**

La precipitación areal media anual es de 440.04mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Kovire

La precipitación areal media anual es de 413.35mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Challapalca

La precipitación areal media anual es de 391.94mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica Chuapalca

La precipitación areal media anual es de 390.00mm para la cuenca receptora hasta la estación hidrométrica La Frontera.

**8.4 Precipitación Media Mensual de la Cuenca**

La precipitación areal media mensual se ha desarrollado para las cuencas de los ríos Caplina, Yungane, Uchusuma y Maure mediante la metodología de Thiessen, isoyetas y Thiessen modificado, usando para ello los mismos polígonos que en la

precipitación areal media anual.

En los siguientes cuadros se resumen los resultado por cuenca.

**CUADRO N°36. PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL – CUENCA DEL RIO CAPLINA**

MESES	THIESEN (mm)	ISOYETAS (mm)	THIESEN MODIFICADO (mm)
ENE	40.79	42.38	42.38
FEB	36.10	37.41	37.41
MAR	21.02	22.48	22.48
ABR	1.35	2.50	2.50
MAY	0.29	0.65	0.52
JUN	0.85	1.07	1.07
JUL	0.29	0.47	0.47
AGO	1.10	1.15	1.15
SEP	1.22	1.24	1.24
OCT	1.37	1.47	1.47
NOV	3.25	3.75	3.75
DIC	11.48	12.42	12.42
ANUAL	119.11	126.99	126.86

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA ESTACION CALIENTES

**CUADRO N°37. PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL – CUENCA DEL RIO YUNGANE**

MESES	THIESEN (mm)	ISOYETAS (mm)	THIESEN MODIFICADO (mm)
ENE	24.42	27.60	27.60
FEB	17.67	20.17	20.17
MAR	10.68	11.72	11.72
ABR	0.11	2.22	2.22
MAY	0.00	0.50	0.07
JUN	0.44	0.52	0.52
JUL	0.15	0.25	0.25
AGO	0.70	0.72	0.72
SEP	0.76	0.55	0.55
OCT	0.64	0.61	0.61
NOV	0.46	1.24	1.24
DIC	4.46	4.15	4.15
ANUAL	60.50	70.25	69.82

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA BOCATOMA CHUSCHUCO

**CUADRO N°38. PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL – CUENCA DEL RIO UCHUSUMA**

MESES	THIESEN (mm)	ISOYETAS (mm)	THIESEN MODIFICADO (mm)
ENE	110.69	107.45	107.45
FEB	93.34	90.46	90.46
MAR	68.60	66.59	66.59
ABR	12.60	12.29	12.29
MAY	2.66	2.43	2.43
JUN	4.26	3.87	3.87
JUL	2.21	1.96	1.80
AGO	4.13	3.87	3.87
SEP	4.58	4.24	4.24
OCT	6.43	6.02	6.02
NOV	18.71	17.66	17.66
DIC	47.06	44.80	44.80
ANUAL	375.26	361.64	361.48

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA BOCATOMA UCHUSUMA

**CUADRO N°39. PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL – CUENCA DEL RIO MAURE**

MESES	THIESEN (mm)	ISOYETAS (mm)	THIESEN MODIFICADO (mm)
ENE	111.85	112.88	112.88
FEB	95.69	96.23	96.23
MAR	74.79	75.32	75.32
ABR	9.93	10.83	10.83
MAY	2.20	2.18	2.16
JUN	1.63	1.63	1.59
JUL	0.37	0.48	0.44
AGO	3.11	3.08	3.05
SEP	2.87	2.75	2.73
OCT	8.30	8.49	8.39
NOV	21.14	21.51	21.51
DIC	56.66	56.58	56.58
ANUAL	388.54	391.96	391.71

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA ESTACION LA FRONTERA

Es el método de isoyetas el que nos brinda mejores resultados para las cuencas estudiadas y se considera al método de thiesen modificado un método práctico de isoyetas que nos ayudará en la determinación de la precipitación mensual histórica de la cuenca que se desarrolla en el siguiente ítem.

### 8.5 Precipitación Mensual Histórica de la cuenca

La precipitación areal mensual se ha desarrollado para las cuencas de los ríos Caplina, Yungane, Uchusuma y Maure mediante la metodología de thiesen modificado utilizando para ello los coeficientes obtenidos en el ítem anterior.

**CUADRO N°40. PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO CAPLINA**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	18.70	7.35	9.33	5.59	0.04	0.00	0.00	1.79	0.05	1.07	2.59	17.25
1965	5.82	14.87	3.10	0.58	0.12	4.29	0.18	1.22	8.62	0.00	0.14	2.28
1966	1.34	8.19	2.94	0.11	1.26	0.05	1.65	0.00	0.00	8.91	3.90	6.40
1967	28.93	44.33	89.11	24.93	0.00	0.43	1.36	0.36	1.57	0.62	0.18	14.14
1968	46.28	34.61	24.43	1.11	12.95	0.15	0.04	3.05	0.14	2.76	11.83	10.24
1969	31.76	29.05	4.51	0.32	0.00	0.38	0.00	0.10	2.04	0.05	6.00	9.12
1970	8.93	24.82	2.35	0.53	0.53	3.35	0.09	0.20	0.05	0.24	3.27	7.82
1971	18.76	19.72	2.83	0.16	0.00	0.05	0.00	0.15	0.00	0.00	5.88	13.56
1972	90.69	134.01	84.01	1.32	0.00	0.00	0.27	0.15	0.43	0.82	0.37	15.71
1973	107.08	122.44	21.35	2.79	0.00	1.17	0.27	0.36	0.19	5.44	0.64	0.66
1974	106.12	88.12	21.01	0.00	0.00	0.15	0.31	3.44	0.10	0.48	0.00	6.72
1975	54.02	66.72	61.67	0.68	0.12	0.10	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	22.41
1976	59.21	31.22	20.14	0.05	0.04	0.00	9.65	3.97	11.61	1.86	0.00	7.62
1977	39.12	87.97	13.53	0.42	0.24	0.00	0.40	0.00	0.29	0.33	1.79	15.43
1978	22.05	3.68	9.85	0.94	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.61	4.05	4.62
1979	22.85	3.84	8.72	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.66	0.23	27.11
1980	6.57	1.97	21.97	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	2.60	0.00	3.46
1981	51.06	46.66	20.53	1.85	0.00	0.00	0.00	0.30	2.50	0.09	3.65	16.30
1982	20.24	10.15	14.33	2.11	0.04	0.19	0.00	0.00	1.01	5.80	8.65	2.28
1983	5.08	4.47	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	1.57	0.00	0.00	2.16
1984	53.97	40.10	49.61	0.21	0.00	6.23	0.00	3.05	0.00	12.54	7.93	0.63
1985	8.48	90.78	24.51	3.28	0.00	0.78	0.00	0.05	0.10	0.00	43.42	16.98
1986	29.18	23.36	9.74	1.27	0.16	0.00	0.09	2.93	0.00	0.00	0.64	24.03
1987	18.39	1.97	0.00	0.00	2.36	0.44	2.91	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00
1988	69.28	0.84	32.40	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	2.67
1989	20.49	60.52	16.35	22.60	0.00	0.28	0.13	0.19	0.91	4.37	14.46	9.39
1990	8.55	14.70	15.09	0.42	0.53	11.48	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	52.02
1991	27.73	2.90	16.83	0.58	0.00	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.48
1992	7.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.61	0.00	0.00	2.24	41.64
1993	78.21	3.50	20.91	0.00	0.00	1.31	0.00	9.22	0.00	0.47	0.73	19.57
1994	15.46	61.97	7.90	13.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	1.15	18.65
1995	26.96	1.97	58.76	5.52	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.46	4.47
1996	38.67	20.78	1.87	0.63	0.20	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	4.95	4.37
1997	89.40	93.87	24.98	0.32	0.45	0.00	0.00	9.70	13.89	0.91	5.00	7.58
1998	78.10	9.77	1.44	0.21	0.00	4.35	0.00	0.31	0.00	0.09	1.19	19.54
1999	19.87	123.41	74.84	0.58	0.00	1.33	0.00	0.00	0.38	2.38	0.00	14.88
2000	107.90	49.52	38.09	0.00	0.00	1.33	0.04	0.00	0.00	0.47	0.00	16.58
MEDIA	39.00	37.41	22.48	2.50	0.52	1.07	0.47	1.15	1.24	1.47	3.75	12.43

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA ESTACION CALIENTES

**CUADRO N°41. PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO YUNGANE**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	36.51	2.27	14.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.58	0.00	0.00	2.13	4.72
1965	0.00	14.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	8.04	0.00	0.00	0.00
1966	1.86	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	5.27	0.00	0.00	0.00	4.27	0.77
1967	12.99	9.94	77.38	38.39	0.00	0.91	2.97	0.19	0.27	0.54	0.00	0.96
1968	8.06	14.48	6.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77
1969	48.00	20.68	0.43	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77
1970	6.55	42.02	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1971	1.60	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	6.40	12.38
1972	54.75	60.52	12.47	0.00	0.00	0.00	0.34	0.19	0.00	0.73	0.00	3.87
1973	91.73	23.25	4.50	1.90	0.00	2.60	0.34	0.19	0.00	1.27	0.00	1.55
1974	69.60	7.16	2.70	0.00	0.00	0.00	0.34	0.19	0.00	0.54	0.00	3.28
1975	26.74	11.37	12.60	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
1976	28.33	7.64	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.17	6.59	0.00	6.94
1977	37.76	64.01	17.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.24
1978	25.40	1.13	9.90	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.27	1.55
1979	31.90	0.00	16.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.24
1980	1.86	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	5.42
1981	53.62	35.32	13.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.53	6.19
1982	19.34	20.53	8.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1983	6.70	3.07	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	3.44	0.00	0.00	0.00
1984	51.62	25.87	34.96	0.00	0.00	7.31	0.00	3.44	0.00	5.86	8.53	0.00
1985	1.25	61.85	9.24	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.09
1986	36.83	10.72	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00	0.00	0.00	0.96
1987	21.08	1.45	0.00	0.00	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00
1988	22.27	0.32	31.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1989	2.78	43.98	0.90	0.00	0.00	0.91	0.00	0.86	0.57	1.46	2.13	3.87
1990	0.93	14.66	4.50	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13	34.98
1991	20.16	0.00	23.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93
1992	3.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	72.15	5.86	1.80	0.00	0.00	1.15	0.00	11.19	0.00	0.00	0.00	3.84
1994	27.64	42.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.61
1995	20.42	0.00	33.47	38.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	12.99	7.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	2.13	0.00
1997	68.41	62.38	15.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	2.99	1.08	5.38	2.45
1998	38.72	2.60	0.00	0.00	0.00	2.74	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	4.24
1999	5.28	96.92	31.46	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.87
2000	51.82	29.81	24.26	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.79
MEDIA	27.60	20.17	11.72	2.22	0.07	0.52	0.25	0.72	0.55	0.61	1.24	4.15

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA BOCATOMA CHUSCHUCO

**CUADRO N°42. PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO UCHUSUMA**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	72.15	60.59	48.46	0.72	0.71	0.00	0.00	10.80	3.15	5.49	20.66	31.56
1965	56.85	81.41	48.53	9.44	4.52	2.80	2.72	4.69	14.78	0.00	4.65	40.87
1966	14.76	73.43	45.07	6.42	22.09	1.15	0.00	0.00	0.00	15.75	27.85	37.46
1967	62.60	125.46	124.91	25.03	0.00	3.89	4.07	2.95	9.78	2.95	4.32	70.52
1968	86.69	94.20	83.54	19.04	8.55	2.10	0.68	0.00	4.09	29.89	60.80	23.15
1969	88.73	69.26	72.35	5.65	0.00	1.40	0.00	1.48	9.55	0.74	19.37	81.74
1970	109.05	49.35	36.89	8.46	9.27	0.00	1.36	2.95	0.71	3.69	0.00	46.09
1971	99.89	120.44	53.79	5.97	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	24.96	47.60
1972	165.59	111.89	119.32	26.44	0.00	0.00	0.00	0.00	6.43	9.85	6.24	68.39
1973	191.93	88.50	105.96	20.86	0.00	0.00	0.00	10.48	3.35	0.74	10.54	3.48
1974	226.11	105.44	5.79	0.14	0.00	2.10	0.68	47.98	1.92	0.74	0.00	17.29
1975	127.23	130.54	120.61	8.91	2.14	1.85	0.00	0.00	3.64	2.13	0.00	115.14
1976	154.64	98.93	20.36	1.13	0.71	0.00	0.68	2.47	8.12	0.00	0.00	26.53
1977	89.45	164.90	93.14	7.62	4.28	0.00	6.11	0.00	4.29	5.16	29.57	59.65
1978	158.55	38.23	44.30	11.56	0.00	0.00	0.00	3.95	0.00	9.85	51.12	32.55
1979	82.16	13.46	66.51	2.43	0.00	0.00	1.36	0.00	0.00	10.32	4.20	33.90
1980	29.96	30.24	90.94	41.80	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	30.96	1.96	21.64
1981	81.52	151.14	47.21	29.59	0.00	0.00	0.00	4.43	37.16	1.47	21.83	71.76
1982	139.65	55.00	36.33	34.11	1.05	2.80	0.00	0.00	15.49	29.02	48.17	36.77
1983	6.88	14.66	0.00	0.14	0.34	0.00	0.00	2.95	7.15	0.00	0.00	24.38
1984	151.26	311.51	134.05	8.68	0.00	14.64	0.00	0.00	0.00	34.18	51.44	21.00
1985	62.84	230.14	44.65	16.64	0.00	11.20	0.00	0.74	1.92	0.53	85.19	88.51
1986	136.72	124.84	94.62	20.29	8.96	0.00	1.36	6.64	0.00	0.00	15.98	144.25
1987	127.03	5.19	0.72	0.00	3.56	6.30	44.14	0.00	0.00	6.13	5.44	0.00
1988	111.97	7.59	60.82	5.66	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	51.70
1989	96.65	120.68	162.77	40.69	0.00	0.00	2.04	0.00	0.00	0.00	0.22	0.61
1990	108.19	14.60	49.35	6.91	9.27	43.39	0.00	0.00	0.00	0.27	6.69	92.61
1991	97.11	37.43	47.91	11.16	0.00	19.34	0.00	0.00	0.00	0.00	26.56	5.53
1992	64.57	0.17	0.36	0.72	0.00	6.75	0.00	8.86	0.00	0.27	28.12	70.12
1993	216.72	22.66	101.38	2.43	0.00	11.42	0.00	10.63	0.00	7.37	12.48	43.49
1994	111.71	192.34	79.13	33.45	0.00	0.90	0.00	0.00	2.14	0.00	21.65	42.61
1995	49.25	28.87	79.24	8.05	2.48	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	9.27	30.51
1996	109.48	64.53	34.63	12.01	3.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.11	29.39
1997	146.55	166.26	51.55	5.65	7.84	0.00	0.00	21.17	14.10	0.74	12.81	16.58
1998	142.20	33.09	21.96	3.67	0.00	10.33	0.00	0.00	0.00	1.47	20.22	36.99
1999	79.46	205.80	172.83	11.31	0.68	0.00	0.00	0.00	6.69	1.07	0.00	29.23
2000	119.59	104.30	63.88	1.86	0.00	0.00	0.68	0.00	0.97	10.30	0.00	63.99
MEDIA	107.45	90.5	66.59	12.29	2.43	3.87	1.80	3.87	4.24	6.02	17.66	44.80

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA LA BOCATOMA UCHUSUMA

**CUADRO N°43. PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO MAURE**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1964	29.87	97.09	73.81	8.75	0.69	0.01	0.00	9.65	6.71	3.53	44.23	57.99
1965	107.58	142.45	28.55	4.04	0.21	0.89	0.24	2.03	10.55	0.02	7.10	39.64
1966	25.50	83.00	32.29	0.50	20.32	0.06	0.00	0.01	0.04	18.57	39.22	44.15
1967	69.80	133.30	125.54	18.93	1.04	0.19	3.05	0.30	12.28	3.91	1.23	60.42
1968	90.19	109.95	55.59	17.49	16.18	12.86	0.06	0.01	1.95	34.06	79.68	47.72
1969	119.99	84.52	42.13	2.83	0.00	0.13	0.00	0.14	4.27	5.30	12.66	80.92
1970	127.31	69.33	93.27	9.83	2.33	0.00	0.53	1.88	0.08	4.44	0.03	56.36
1971	115.35	174.52	30.47	5.01	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	1.12	27.27	58.72
1972	194.55	106.87	177.69	26.97	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	17.24	5.54	90.08
1973	209.01	146.83	128.95	16.65	0.00	0.01	0.00	11.37	0.73	1.37	1.42	28.69
1974	208.92	99.94	37.50	26.69	0.00	0.82	0.07	15.99	0.46	0.23	3.33	37.86
1975	165.28	173.75	117.64	3.50	3.12	0.14	0.00	0.02	1.79	2.77	0.03	127.84
1976	219.53	92.93	60.04	11.94	3.26	0.19	0.07	5.99	12.59	0.00	0.03	34.59
1977	79.64	194.59	125.75	0.71	1.48	0.00	0.53	0.00	1.36	1.26	27.58	51.83
1978	166.45	20.67	28.33	12.13	0.00	0.00	0.03	0.36	0.00	4.71	47.72	37.18
1979	86.40	21.41	120.25	0.00	0.21	0.00	0.12	0.04	0.00	9.82	4.42	46.82
1980	62.32	28.12	131.97	0.32	0.00	0.00	0.07	1.83	1.82	20.68	5.49	34.27
1981	97.03	175.48	64.76	5.81	0.00	0.00	0.00	3.70	3.64	0.33	22.82	42.65
1982	114.80	36.40	10.41	7.66	0.29	0.25	0.00	0.51	2.44	16.67	12.58	34.70
1983	26.01	22.70	5.41	0.21	0.21	0.00	0.00	0.28	1.93	0.02	0.02	31.67
1984	149.03	153.69	166.99	2.20	0.91	3.40	0.41	0.84	0.20	42.50	97.39	48.56
1985	87.05	179.87	68.59	47.14	1.72	9.61	0.28	0.18	1.05	0.54	163.01	116.68
1986	159.70	180.82	164.53	42.24	0.56	0.19	1.94	1.32	0.58	0.45	6.17	94.76
1987	162.78	34.60	27.81	0.72	0.57	0.57	7.14	0.01	0.30	30.48	12.12	25.20
1988	168.45	29.42	52.71	20.45	0.72	0.00	0.00	0.00	0.21	6.45	0.51	49.94
1989	101.73	79.60	137.79	12.28	0.71	0.00	0.19	0.00	2.23	3.08	21.62	68.22
1990	55.46	25.23	44.30	4.06	5.84	7.34	0.00	1.19	0.56	5.48	8.96	143.65
1991	200.12	55.17	70.92	4.79	0.54	8.82	0.00	0.00	0.01	4.07	9.44	46.81
1992	62.76	37.27	2.03	1.71	0.00	1.19	0.00	4.35	0.00	9.61	24.57	67.59
1993	175.88	20.16	76.25	3.16	0.00	3.97	0.14	27.59	0.00	22.36	8.29	65.47
1994	64.20	122.24	71.63	8.46	4.62	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	17.33	51.67
1995	67.81	30.25	77.52	12.33	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36	25.99	42.76
1996	101.22	100.19	40.37	14.24	3.35	0.00	0.00	0.90	0.00	0.11	13.95	51.71
1997	143.26	151.33	49.39	12.64	7.02	0.00	0.00	22.29	23.77	2.16	25.93	41.30
1998	137.44	59.09	13.79	3.38	0.09	7.67	0.00	0.02	0.00	4.49	17.50	37.96
1999	66.34	176.92	142.82	30.72	0.09	0.13	1.28	0.00	5.04	18.41	0.24	40.58
2000	141.92	111.03	88.64	0.00	3.35	0.13	0.06	0.05	0.29	12.83	0.36	56.20
MEDIA	117.86	96.24	75.31	10.82	2.16	1.58	0.44	3.05	2.73	8.39	21.51	56.57

NOTA: SE REALIZO LA PRECIPITACION AREAL CONSIDERANDO SOLO HASTA ESTACION LA FRONTERA

## 9. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

### 9.1 Red de Estaciones de Registros Históricos

Los registros históricos de información Hidrométrica referidas en el ítem 2.2 fueron procesados en el SIH (Sistema de Información Hidrológica), software elaborado por la Dirección General de Aguas (DGAS) para el análisis de la Información Hidrológica. Estos registros históricos se presentan en los anexos.

#### 9.1.1 Estación Calientes

En sus inicios la estación registraba las descargas medias diarias mediante mediciones en el canal Caplina 250m. aguas abajo de la bocatoma. Las mediciones que se efectuaban a las 06 y 18 horas, consistían en determinar el tirante de agua mediante una regla graduada que llevado a la relación nivel – caudal permitía obtener las descargas correspondientes a las alturas de aguas medidas luego la semisuma de estos valores se registraba como la descarga media diaria del río cuando la totalidad de sus aguas escurrían por el canal, cuando parte del caudal del río escurría aguas abajo de la bocatoma se estimaba y se le sumaba el obtenido en el canal registrándose así la descarga media diaria del río.

Desde diciembre de 1971 el subproyecto “Construcción y Equipamiento de Estaciones Hidrométricas y Control de Calidad de Aguas en los valles de la costa” construyó una estación hidrométrica ubicado a 500m aguas abajo de la bocatoma que reemplazó a la estación anterior y que actualmente es operada por la Administración Técnica del Distrito de Riego Tacna. Esta estación de aforos es de tipo limnigráfica, dispone de un limnógrafo con bandas mensuales. El equipo se halla colocado en una caseta de albañilería de ladrillo y cemento, situada en la margen izquierda del canal; registra las variaciones de nivel del agua en la mira de un aforador Parshall de concreto de 5pies de garganta, instalada en la estación de aforos. La mira es de fierro enlosado, tiene 1m de altura y esta colocado en la margen derecha del Parshall. Las descargas se obtienen en función al tirante de agua con suficiente exactitud durante el periodo de estiaje y hasta un caudal máximo de 1.45m<sup>3</sup>/s; durante el periodo de avenidas son estimadas ya que los excesos que siguen por el cauce del río son determinados por simple observación, al no existir en la toma ninguna estructura de medición.

La estación hidrométrica de Calientes mide los aportes propios de la cuenca colectora, mas los provenientes de la derivación de la parte alta de la cuenca del río Sama.

La estación tiene un periodo de registros de 1939 hasta la fecha.

#### 9.1.2 Estación Piedras Blancas

En sus inicios la estación, sobre el canal Uchusuma en el Km 16+700 de la bocatoma Chuschuco; registraba con una regla graduada el tirante de agua que llevado a la relación nivel – caudal permitía obtener la descarga. Las mediciones se efectuaban a las 06 y 18horas y la semisuma daba la descarga

media diaria cuando el caudal era igual o menor a  $1.220\text{m}^3/\text{s}$ , que era la capacidad del canal; en caso contrario, a lo aforado en el canal, se le sumaba la descarga de agua que no era captada por la bocatoma Chuschuco y que continuaba por la quebrada Vilavilani. Esta consideración hay que tenerla muy en cuenta porque en los registros que existen se menciona Piedra Blanca como el lugar de aforos pero en realidad corresponden a descargas controladas en Chuschuco. Sin embargo actualmente la estación de Piedras Blancas solo reporta lo que se afora en el canal mas no los excedentes que no son captados en Chuschuco en época de avenidas.

Desde diciembre de 1971, dicha estación fue reemplazada por una estación hidrométrica a la que se denomina estación km 16+700 sobre el canal Uchusuma y que fue construida e implementada por el subproyecto “Construcción y Equipamiento de Estaciones Hidrométricas y Control de Calidad de Aguas en los valles de la costa” ubicado en el mismo lugar que reemplazó a la estación anterior y que actualmente es operada por la Administración Técnica del Distrito de Riego Tacna. Esta estación de aforos es de tipo limnigráfica, dispone de un limnógrafo con bandas mensuales. El equipo se halla colocado en una caseta de albañilería de ladrillo y cemento, situada en la margen derecha del canal; registra las variaciones de nivel del agua en la mira de un aforador Parshall de concreto de 6pies de garganta, instalada en la estación de aforos. La mira en mención es de fierro enlosado, tiene un metro de altura y esta colocado en la margen izquierda del Parshall.

La estación hidrométrica de Piedras Blancas mide los aportes propios de la cuenca colectora, mas los provenientes de la derivación del río Uchusuma y Maure, que son captados en la bocatoma de Chuschuco, la cual dispone de un aforador tipo Parshall que permite medir el caudal con suficiente exactitud. No sucede lo mismo con el caudal sobrante en la bocatoma, donde no se cuenta con el más elemental equipo para medirlo.

La estación tiene un periodo de registros de 1936 hasta la fecha, sin embargo el periodo considerado para los análisis son desde 1954 - 2001.

### **9.1.3 Estación Huaylillas Sur**

La estación Huaylillas Sur esta ubicado sobre el canal Uchusuma Alto a 50m. aguas abajo del túnel Huaylillas Sur.

La estación de aforos es limnigráfica, dispone de un limnógrafo con bandas mensuales, colocado en una caseta de albañilería de ladrillo y cemento, situado en la margen izquierda del canal; registra las variaciones de nivel de agua en la mira de un aforador Parshall de concreto de 7 pies de garganta, instalada en la estación de aforos. La mira en mención es de fierro enlosado, tiene un metro de altura y esta colocado en la margen derecha del Parshall.

Las descargas se obtienen sobre la base de las lecturas de la mira.

La estación de aforo mide en su totalidad las aguas de derivación del río Uchusuma.

Esta estación actualmente deshabilitada contó con un registro desde 1975 hasta 1984.

#### 9.1.4 Estación Bocatoma Uchusuma

La estación hidrométrica Bocatoma Uchusuma estuvo ubicado sobre el río Uchusuma en sus inicios, pero desde 1980 se encuentra ubicada sobre el canal Uchusuma Alto antes de la entrega del canal Patapujo. Fue instalada por el Servicio de Agrometeorología e Hidrología y operada inicialmente por la Corporación de Fomento y Desarrollo Económico de Tacna; en la actualidad es operada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Esta estación de aforos es de tipo limnigráfica, dispone de un limnógrafo con bandas mensuales.

La estación de aforos no permitió medir íntegramente la cuenca colectora del río Uchusuma cuando se encontraba en funcionamiento el canal Antiguo Uchusuma que derivaba sus aguas por la quebrada Yungane.

Esta estación cuenta con registros desde 1963 hasta la fecha.

#### 9.1.5 Estación Challapalca

La estación hidrométrica Challapalca, se encuentra ubicado sobre el río Maure a 100m aguas abajo del puente del mismo nombre, de la carretera Tarata-Mazocruz. Fue instalada por el Servicio de Agrometeorología y operada por la Corporación de Fomento y Desarrollo Económico del Departamento de Tacna, posteriormente por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

La sección de aforos esta ubicado en un tramo recto del río de 4% de pendiente, de 11.50m de ancho y un lecho de material arenoso con abundante vegetación hidrofítica. Dispone de una mira de fierro enlosado de 1.20m. de altura. Las descargas se obtienen mediante la curva de calibración (caudal vs tirante); realizándose los ajustes de la misma mediante aforos bimensuales efectuados por vadeo, con un correntómetro.

Los registros históricos con que se cuenta son de 1964 hasta 1973, luego del cual fue desactivada.

#### 9.1.6 Estación Chuapalca

La estación hidrométrica Chuapalca esta ubicado sobre el río Maure a 1km aguas abajo de la confluencia del río Ancomarca con el Maure y a 1.5km aguas arriba del caserío Titijahuani. Fue instalada por el Servicio de Agrometeorología y operada inicialmente por la Corporación de Fomento y Desarrollo Económico del Departamento de Tacna, y últimamente por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

La sección de aforos esta localizada en un tramo recto del río, el cual tiene una pendiente aproximada de 4%, un ancho de 18.5m, y un lecho arenoso con cantos rodados y vegetación hidrofítica. La estación dispone de un limnógrafo con bandas para 45 días, una mira de fierro enlosado de 2m de altura y un huaro para realizar aforos por suspensión, utilizándose en este caso un correntómetro.

Los registros hidrológicos presentan un periodo de observaciones comprendidos entre 1963 hasta la fecha.

### 9.1.7 Estación Vilacota

La estación hidrométrica de Vilacota se encuentra ubicada sobre el río Quilvire a 5.5km aguas arriba de la laguna Vilacota. Fue instalada por el Servicio de Agrometeorología y operada inicialmente por la Corporación de Fomento y Desarrollo Económico del Departamento de Tacna, y últimamente por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

La sección de aforos esta ubicado en un tramo recto del río de 1% de pendiente, de 4.5 m de ancho, y un lecho de material arcillo-arenoso, con vegetación hidrofítica. Inicialmente, las descargas eran registradas por un limnígrafo que se malogro por lo que solo se realizan las lecturas de mira dos veces al día, obteniéndose las descargas mediante la curva de calibración.

Los registros hidrológicos presentan un periodo de observaciones comprendidos entre 1964 hasta 1998.

## 9.2 Análisis de Consistencias

### 9.2.1 Análisis de Histogramas y Saltos

Con los hidrogramas se detectaron los posible errores sistemáticos que existieran en los registros históricos, luego del cual se determinaron con el diagrama de doble masa y el análisis estadísticos la existencia de saltos.

Para el presente estudio el análisis de doble masa para caudales medios mensuales se realizó agrupando a las estaciones en 2 grupos.

#### Grupo de Análisis 1

Conformada por las estaciones de Calientes y Piedras Blancas para un periodo común de 1939 – 2000. Sin embargo al revisar la consistencia de la información se decidió replantear el periodo de análisis al de 1954 – 2000.

En este grupo se detectaron saltos significativos en ambas estaciones, los cuales fueron corregidos de acuerdo a la ecuación que se muestra en el siguiente cuadro. Los registros corregidos se presentan en los anexos.

**CUADRO N°44. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS – GRUPO 1**

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Std.	
CALIENTES	1954	1977	288	0.8683	0.5754	2.98434	1.964	1.0328	1.217	SI	NO	<b>1.016X-0.160</b>
	1978	2000	275	0.7223	0.5848							0.984X+0.158
PIEDRAS BLANCAS	1954	1977	288	0.5467	0.1725	11.9885	1.964	1.7605	1.217	SI	SI	<b>1.327X+0.025</b>
	1978	2000	276	0.7508	0.2289							0.754X-0.019

**Grupo de Análisis 2**

Conformada por las estaciones de Bocatoma Uchusuma y Chuapalca para un periodo común de 1963 – 2000.

En este grupo no se detectaron saltos significativos en ninguna de las estaciones tal como se muestra en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°45. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS – GRUPO 2**

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Std.	
CHUAPALCA	1963	1980	212	3.551	3.281	1.9155	1.967	1.2233	1.282	NO	NO	
	1986	2001	145	2.8993	2.9664							
BOCATOMA UCHUSUMA	1963	1978	176	0.7308	0.3239	1.8967	1.966	1.2063	1.270	NO	NO	
	1979	2000	217	0.7966	0.3557							

**9.3 Completación y extensión de la Información Hidrométrica****Grupo de Análisis 1**

La información corregida de las estaciones Calientes y Piedras Blancas no presentan registros faltantes significativos y fueron completados basados en los registros medios diarios para un periodo de 1954 - 2000.

**Grupo de Análisis 2**

La información corregida de las estaciones Chuapalca y Bocatoma Uchusuma con la estación La Frontera fueron completada con ayuda del software HEC – 4 para un periodo común de 1960 – 2000.

## 10. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE MÁXIMAS AVENIDAS

Se ha procedido al cálculo de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno a partir de los Caudales Máximos Diarios Anuales registrados en las estaciones de Calientes y Piedras Blancas.

### 10.1 Determinación de frecuencia para diferentes distribuciones estadísticas

El análisis de la frecuencia ha sido realizado con el Programa Sistema de Información Hidrológica (SIH) para las distribuciones Normal, Gumbel, LogNormal, LogPearson III de las estaciones Calientes (1950 – 2001) y Piedras Blancas (1954 –2001)

### 10.2 Prueba de bondad de ajuste y selección de mejor ajuste

Luego mediante la prueba de Smirnov - Kolmogorov se determinó que la distribución LogNormal es de mejor ajuste para la frecuencia de máximas de la estación Calientes y la distribución LogPearson III es la que mejor se ajusta para la estación de Piedras Blancas.

Finalmente la frecuencia de máximas para estas dos estaciones son:

**CUADRO N°46. PERIODO DE RETORNO ADOPTADOS**

Tr (años)	Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /s)	
	CALIENTES	PIEDRAS BLANCAS
2	5.00	2.00
5	11.00	3.00
10	17.00	4.00
25	26.00	6.00
50	35.00	7.00
100	45.00	8.00
200	57.00	9.00
500	76.00	11.00
1000	93.00	12.00

## 11. DISPONIBILIDAD HÍDRICA

### 11.1 Cuenca del río Caplina

La disponibilidad corresponde a la cuenca del río Caplina en la estación Calientes y la derivación de parte de las nacientes del río Sama.

#### 11.1.1 Modelo Estocástico

Para que sea posible la aplicación de un modelo estocástico es necesario que en las entradas y salidas del sistema hidrológico no haya intervenido el hombre produciendo cambios en las características de éste y en las interrelaciones entre sus entradas y salidas. Es por ello que el presente estudio ha desarrollado el modelo estocástico para la Cuenca del río Caplina por presentar una serie histórica con pequeñas alteraciones realizadas por el transvase de las nacientes del río Sama, desestimando el uso de este modelo para la cuenca del río Yungane cuyo recurso hídrico proviene principalmente de las derivaciones de las cuencas del río Uchusuma y Maure.

La serie de caudales medios mensuales completada, liberada de errores sistemáticos evidentes y homogenizada de un periodo de 48 años, que se usa en el modelo, pertenece a la cuenca receptora desde las nacientes del río Caplina hasta la estación hidrométrica Calientes.

El modelo estocástico de mejor ajuste, obtenido con ayuda del software SAM2000, es el PARMA(1,0), con el que se procedió a simular 25 series sintéticas cada una de ellas de 50 años, las cuales se muestran en el **VOLUMEN IV – REGISTROS COMPLETADOS Y GENERADOS**.

#### A. Fundamento

Es una variante del modelo ARMA que permite hacer la modelación para series mensuales.

un modelo PARMA(p, q) presenta la siguiente formulación matemática general:

$$\phi_{\tau}(B) Y_{v,\tau} = \theta_{\tau}(B) e_{v,\tau}$$

Siendo los parámetros definidos por:

$$\phi_{\tau}(B) = 1 - \phi_{1,\tau} B^1 - \phi_{2,\tau} B^2 - \dots - \phi_{p,\tau} B^p$$

$$\theta_{\tau}(B) = 1 - \theta_{1,\tau} B^1 - \theta_{2,\tau} B^2 - \dots - \theta_{q,\tau} B^q$$

donde:

$p, q$ : represen tan el orden del modelo

$Y_{v,\tau}$  := representa el caudal para el año  $v$  y el mes  $\tau$

$e_{v,\tau}$  := representa componente estocástica para el año  $v$  y el mes  $\tau$

$B^c$ : operador  $B^c Y_{v,\tau} = Y_{v,\tau-1}$

$\phi_{p,\tau}$ : parámetro autoregresivo mensual hasta orden  $p$

$\theta_{q,\tau}$ : parámetro promedio de movimiento mensual hasta orden  $q$

En la determinación de los parámetros se hacen uso del método de Momentos o el de mínimos cuadrados siendo la complejidad del modelo mayor con el aumento de p y q.

## B. Transformación y Parámetro del Modelo

En e siguiente cuadro se muestra la transformación y los parámetros del modelo PARMA(1,0) adoptado que cumple con la bondad de ajuste de normalidad.

**CUADRO N°47. TRANSFORMACION Y PARAMETROS DEL MODELO PARMA (1,0)**

Stochastic Analysis, Modeling, and Simulation (SAMS)				
Version 98.1				
<b>Model:PARMA</b>				
Number_of_seasons:	12			
Number_of_sites:	1			
<b>Data Transformations:</b>				
Site_1:	LOG	LOG	LOG	LOG
	LOG	LOG	LOG	LOG
	LOG	LOG		
<b>a-coef=</b>	-0.250000	-0.100000	-0.200000	-0.210000
0.100000	1.000000	0.200000	0.800000	-0.200000
1.000000	-0.050000	-0.250000		
<b>b-coef=</b>	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000		
<b>Data Standardization: YES</b>				
<b>Mean_of_the_process:</b>				
-0.593718	0.150647	-0.199696	-0.869229	-0.405407
0.442737	-0.310854	0.267234	-1.298666	0.373536
-0.928672	-1.497003			
<b>Standard_deviation_of_the_process:</b>				
0.771395	0.783750	0.724823	0.525759	0.194354
0.069101	0.134005	0.065253	0.254419	0.045549
0.180391	0.433594			
<b>Model_order(p,q): 1 0</b>				
<b>phi_parameters:</b>				
Season_1	phi_1	0.182484		
Season_2	phi_1	0.501590		
Season_3	phi_1	0.592894		
Season_4	phi_1	0.696794		
Season_5	phi_1	0.795538		
Season_6	phi_1	0.882668		
Season_7	phi_1	0.939900		
Season_8	phi_1	0.851390		
Season_9	phi_1	0.823047		
Season_10	phi_1	0.902928		
Season_11	phi_1	0.871696		
Season_12	phi_1	0.727192		
<b>Variance_of_the_residuals:</b>				
Season_1		0.966700		
Season_2		0.748408		
Season_3		0.648477		
Season_4		0.514478		
Season_5		0.367120		
Season_6		0.220897		
Season_7		0.116589		
Season_8		0.275136		
Season_9		0.322594		
Season_10		0.184722		
Season_11		0.240146		
Season_12		0.471192		

### C. Generación sintética con el modelo aceptado

Con el modelo aceptado se procedió a generar 25 series de 50 años cada uno, encontrándose que las series generadas preservan los estadísticos básicos de la serie original.

De la generación sintética realizada con el SAM 2000 presentamos la comparación de estadísticos entre las series generadas y la serie histórica en la siguiente tabla.

**CUADRO N°48. COMPARACIÓN ENTRE SERIE HISTÓRICA Y GENERADOS**

Stochastic Analysis, Modeling, and Simulation (SAMS)		
Version 98.1		
Model: Univariate PARMA, (Statistical Analysis of Generated Data)		
Site Number: 1		
Season	Historical	Generated
Mean		
1	0.9833	0.9944
2	1.6591	1.6535
3	1.2577	1.2649
4	0.6918	0.6842
5	0.5794	0.5749
6	0.5607	0.5567
7	0.5394	0.5383
8	0.5091	0.5078
9	0.4817	0.4805
10	0.4544	0.4526
11	0.4515	0.4495
12	0.4952	0.4928
Standard Deviation		
1	0.5626	0.6196
2	1.1831	1.2883
3	0.7752	0.8774
4	0.2808	0.2517
5	0.1332	0.1305
6	0.1078	0.1072
7	0.0982	0.0997
8	0.0853	0.0843
9	0.0697	0.0730
10	0.0657	0.0649
11	0.0720	0.0728
12	0.1073	0.1116
Maximum		
1	3.0410	3.4832
2	4.7150	6.7712
3	3.7900	5.0516
4	2.0360	1.4764
5	0.8940	0.9124
6	0.7990	0.8080
7	0.7500	0.7932
8	0.6800	0.7008
9	0.6200	0.7088
10	0.5630	0.6164
11	0.6780	0.6476
12	0.8480	0.8752
Minimum		
1	0.3380	0.3424
2	0.3670	0.2956
3	0.3550	0.3632
4	0.3240	0.3424
5	0.3470	0.3312
6	0.3450	0.3252
7	0.3480	0.3424
8	0.3440	0.3312
9	0.3720	0.3552
10	0.2870	0.3116
11	0.2880	0.3132
12	0.3200	0.3348

## D. Análisis de Sequía y Capacidad de Almacenamiento

### Análisis de Sequía

Sequía, tomando en consideración su definición objetivo, se produce cuando la demanda de agua es mayor a la disponibilidad en un intervalo de tiempo.

El método empleado para determinar la sequía crítica es el RUN y para obtener un resultado estándar se desarrollo el análisis de sequía considerando que la demanda es la media de los datos de disponibilidad (en nuestro caso los caudales medios mensuales).

Los parámetros para un análisis de sequía son:

- Duración (Longest Drought): es la suma de intervalos de tiempo sucesivos en el que permanece la sequía.
- Magnitud (Maximum Déficit): Integración de los intervalos de tiempo sucesivos en el que permanece la sequía.

Siendo la sequía más crítica aquella cuya Duración y Magnitud son mayores.

### Análisis de Capacidad de Embalse

La capacidad de embalse determina la capacidad de almacenamiento necesaria a partir de una disponibilidad dada para que se pueda satisfacer la demanda en su totalidad ya sea considerando una Regulación total o parcial.

El método empleado es el Rango Ajustado y para obtener un resultado estándar se desarrollo el análisis considerando que la demanda es la media de los datos de disponibilidad (en nuestro caso los caudales medios mensuales) y que estamos en presencia de una Regulación Total..

El parámetro para una análisis de capacidad de embalse es:

- Rango Ajustado (Storage Capacity)

Finalmente con la series histórica y generadas se procedió a calcular los parámetros de análisis de sequía y capacidad de embalse usando para ello el software SAM 2000.

A continuación se muestran los análisis de sequía y capacidad de embalse para la serie histórica y generadas de los caudales del río Caplina en la estación Calientes identificándose que la sequía crítica ha tenido una duración de 33 meses con un déficit de 6.88m<sup>3</sup>/s/mes. Del mismo se ha identificado que el almacenamiento que haría posible satisfacer la demanda igual a la media seria de 23.62m<sup>3</sup>/s/mes.

**CUADRO N°49. ANÁLISIS DE SEQUIA Y DE CAPACIDAD DE EMBALSE**

Storage and Drought Statistics		
Demand Level =	1.0000 * sample mean	
	Historical	Generated
Longest Drought	33.0000	26.0800
Maximum Deficit	6.8809	6.6611
Storage Capacity	23.6203	22.6118

### 11.1.2 Modelo Precipitación – Escorrentía

Del mismo modo que el modelo anterior solo se ha desarrollado el modelo para la cuenca del río Caplina y se ha desestimado en la cuenca del río Yungane.

Se ha escogido el modelo de Transformación Precipitación – Escorrentía conocido como Modelo de Temez en la cuenca del río Caplina hasta la estación Calientes para determinar a partir de los datos de precipitación, Evapotranspiración y caudales, los valores de los parámetros del modelo.

Los parámetros de entrada al modelo son:

Área	= 572km <sup>2</sup>	(área de la cuenca receptora)
C	= 0.1	(coeficiente de excedente)
Hmax (mm)	= 20	(humedad máxima retenible)
Imax (mm)	= 80	(Infiltración máxima)
Alfa	= 0.0036	(coeficiente de agotamiento)

Los valores Iniciales son

Qo (m <sup>3</sup> /s)	= 0.5	(caudal subterráneo inicial)
Ho (mm)	= 15	(humedad inicial del suelo)

El periodo de análisis es 1963/64 – 1998/99.

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en el **VOLUMEN IV – REGISTROS COMPLETADOS Y GENERADOS**, del cual se desprende que el modelo a pesar de tener un error medio cuadrático bajo no es semejante estadísticamente a la serie histórica producto talvez de alguna característica particular de la cuenca donde existen fuertes infiltraciones y por tal motivo se tiene que desestimar el uso de este modelo en la cuenca del río Caplina.

### 11.1.3 Caudal al 75% de persistencia

Sobre la base de la metodología de Weibull disponible en el SIH se ha determinado los caudales para una persistencia del 75%, de la serie histórica completada y homogenizada y las series generadas por los modelos descritos en los capítulos anteriores. Ver registros completos en el **VOLUMEN V – TABLAS DE CÁLCULO**.

#### Serie histórica completa y homogénea

Del registro histórico homogenizado y completado en un periodo de 48 años, se ha obtenido los siguientes valores al 75% de persistencia.

**CUADRO N°50. CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE HISTÓRICA) – RIO CAPLINA**

MES	CAUDAL (m³/s)	VOLUMEN (MMC)
Enero	0.55	1.47
Febrero	0.69	1.68
Marzo	0.64	1.71
Abril	0.48	1.24
Mayo	0.46	1.23
Junio	0.46	1.19
Julio	0.45	1.21
Agosto	0.43	1.15
Septiembre	0.42	1.09
Octubre	0.39	1.04
Noviembre	0.39	1.01
Diciembre	0.41	1.10
Anual	0.48	15.14

**Serie generada por Modelo Estocástico**

Las 25 series generadas por el Modelo Estocástico cada una de ellas de longitud de 50 años el río Caplina hasta la estación Calientes nos dan los siguientes resultados al 75% de persistencia .

**CUADRO N°51. CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIES GENERADAS POR MODELO ESTOCÁSTICO) – RIO CAPLINA**

MES	MÍNIMO		MEDIA		MÁXIMO	
	CAUDAL (m³/s)	VOLUMEN (MMC)	CAUDAL (m³/s)	VOLUMEN (MMC)	CAUDAL (m³/s)	VOLUMEN (MMC)
Enero	0.50	1.34	0.56	1.48	0.65	1.74
Febrero	0.59	1.44	0.71	1.74	0.83	2.03
Marzo	0.55	1.47	0.65	1.73	0.74	1.98
Abril	0.44	1.14	0.48	1.25	0.51	1.32
Mayo	0.45	1.21	0.46	1.24	0.49	1.31
Junio	0.43	1.11	0.46	1.19	0.49	1.27
Julio	0.42	1.12	0.45	1.21	0.48	1.29
Agosto	0.40	1.07	0.43	1.16	0.46	1.23
Septiembre	0.41	1.06	0.42	1.08	0.45	1.17
Octubre	0.37	0.99	0.40	1.06	0.49	1.12
Noviembre	0.37	0.96	0.39	1.00	0.41	1.06
Diciembre	0.38	1.02	0.40	1.08	0.44	1.18
Anual	0.45	14.33	0.48	15.22	0.52	16.28

**Serie generada por Modelo de Temez**

La generación de caudales medios mensuales a partir del Modelo de Temez para un periodo de 35 años (1965 – 1999) en el río Caplina hasta la estación Calientes nos da el siguiente resultado al 75% de persistencia .

**CUADRO N°52. CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE GENERADA POR MODELO PRECIPITACION - ESCORRENTIA) – RIO CAPLINA**

MES	CAUDAL (m³/s)	VOLUMEN (MMC)
Enero	0.23	0.62.
Febrero	0.27	0.66
Marzo	0.27	0.72
Abril	0.25	0.65
Mayo	0.22	0.59
Junio	0.20	0.52
Julio	0.18	0.48
Agosto	0.16	0.43
Septiembre	0.15	0.39
Octubre	0.13	0.35
Noviembre	0.12	0.31
Diciembre	0.14	0.37
Anual	0.19	6.09

## 11.2 Cuenca del río Yungane

La disponibilidad corresponde a la cuenca del río Yungane en la bocatoma de Chuschuco y la derivación provenientes de las cuencas del río Maure y Uchusuma a través de los canales Uchusuma y Patapujo.

### 11.2.1 Caudal al 75% de persistencia

Sobre la base de la metodología de Weibull disponible en el SIH se ha determinado los caudales para una persistencia del 75%, de la serie histórica completada y homogenizada. Ver registros completos en el **VOLUMEN V – TABLAS DE CALCULO**.

Del registro histórico homogenizado y completado en un periodo de 48 años, se ha obtenido los siguientes valores al 75% de persistencia .

**CUADRO N°53. CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE HISTÓRICA) – RIO YUNGANE**

MES	CAUDAL (m³/s)	VOLUMEN (MMC)
Enero	0.59	1.58
Febrero	0.67	1.64
Marzo	0.62	1.66
Abril	0.51	1.32
Mayo	0.49	1.31
Junio	0.60	1.56
Julio	0.59	1.58
Agosto	0.62	1.66
Septiembre	0.55	1.43
Octubre	0.53	1.42
Noviembre	0.53	1.37
Diciembre	0.57	1.53
Anual	0.57	18.05

### 11.3 Cuenca del río Uchusuma

La disponibilidad corresponde a la cuenca del río Uchusuma en la bocatoma Uchusuma, considerando la derivación provenientes de las cuencas del río Maure a través del canal Patapujo.

#### 11.3.1 Caudal al 75% de persistencia

Sobre la base de la metodología de Weibull disponible en el SIH se ha determinado los caudales para una persistencia del 75%, de la serie histórica completada y homogenizada. Ver registros completos en el **VOLUMEN V – TABLAS DE CALCULO**.

Del registro histórico homogenizado y completado en un periodo de 38 años, se ha obtenido los siguientes valores al 75% de persistencia .

**CUADRO N°54. CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE HISTÓRICA) – RIO UCHUSUMA**

MES	CAUDAL (m³/s)	VOLUMEN (MMC)
Enero	0.56	1.50
Febrero	0.67	1.64
Marzo	0.77	2.06
Abril	0.60	1.56
Mayo	0.49	1.31
Junio	0.48	1.24
Julio	0.48	1.29
Agosto	0.47	1.26
Septiembre	0.46	1.19
Octubre	0.46	1.23
Noviembre	0.48	1.24
Diciembre	0.51	1.37
Anual	0.54	16.89

### 11.4 Cuenca del río Maure

La disponibilidad corresponde a la cuenca del río Maure en la estación Chuapalca sin considerar la derivación a la cuenca del río Uchusuma mediante el canal Patapujo.

#### 11.4.1 Caudal al 75% de persistencia

Sobre la base de la metodología de Weibull disponible en el SIH se ha determinado los caudales para una persistencia del 75%, de la serie histórica completada y homogenizada considerando la cuenca del río Maure hasta la estación Chuapalca. Ver registros completos en el **VOLUMEN V – TABLAS DE CALCULO**.

Del registro histórico homogenizado y completado en un periodo de 39 años, se ha obtenido los siguientes valores al 75% de persistencia .

**CUADRO N°55. CAUDALES MEDIOS MENSUALES AL 75% (SERIE HISTÓRICA) – RIO MAURE**

MES	CAUDAL (m³/s)	VOLUMEN (MMC)
Enero	2.61	6.99
Febrero	3.46	8.45
Marzo	2.84	7.61
Abril	2.07	5.37
Mayo	1.91	5.12
Junio	1.86	4.82
Julio	1.80	4.82
Agosto	1.77	4.74
Septiembre	1.66	4.30
Octubre	1.59	4.26
Noviembre	1.59	4.12
Diciembre	1.80	4.82
Anual	2.07	65.41

## 12. BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA

Se ha realizado el balance hídrico superficial en la cabecera de los valles de las cuencas de los ríos Caplina y Yungane en las bocatomas de Calientes y Chuschuco respectivamente.

Estas bocatomas coinciden con las entregas de los sistemas hidráulicos denominados Caplina y Uchusuma respectivamente los mismos que a su vez entregan a los sistemas de riego de la Administración técnica del Distrito de Riego Tacna correspondientes a la Comisión de Bajo Caplina en Caplina y las Comisiones de Uchusuma y Magollo en Uchusuma.

### 12.1 Sistema Caplina

#### 12.1.1 Demanda – situación actual

La demanda hídrica total en la cuenca esta constituida principalmente por la demanda hídrica agrícola y por la demanda hídrica poblacional.

La demanda agrícola - determinada con el programa Sistema de Información de Riego (SIR) por la componente de Sistema de Riego del proyecto y definida por los requerimientos de los cultivos en la comisión de Bajo Caplina con los datos de Evapotranspiración potencial de la estación Calana (Método Hargreave), información de los cultivos (PCR campaña 2002/2003) y para una eficiencia de conducción de 84%, de distribución de 89% y de aplicación de 50% - asciende a 9.33MMC anuales.

Por su parte la demanda poblacional de un sector de la ciudad de Tacna, de acuerdo al padrón general de usuarios de agua con fines no agrarios captados en el río Caplina es de 0.096m<sup>3</sup>/s mensuales que ascienden a 3.03MMC anuales.

**CUADRO N°56. PADRÓN GENERAL DE USUARIOS DE AGUA CON FINES NO AGRARIOS – RIO CAPLINA**

Distrito de Riego: Tacna

Datos de Usuario		Datos de la Unidad Operativa		Otorgamiento de Agua	
Código	Nombre Usuario / Razon Social	Código	Nombre Unidad Operativa	Caudal (l/s)	Uso
2200946	CENTRO POBLADO MENOR CAPLINA	220094601	Centro Caplina	1.00	Poblacional
2201269	CONSEJO DISTRITAL DE CALANA	220126901	Calana	10.00	Poblacional
2201328	CUARTEL MICULLA	220132801	Miculla	20.00	Poblacional
2201329	CUARTEL PALCA	220132901	Palca	2.00	Poblacional
2201343	DIRECCION REGIONAL DE EDUCACION TACNA	220134301	Calana	1.00	Poblacional
2201497	EPS - TACNA S.A.	220149701	Pachia	10.00	Poblacional
		220149702	Alto Lima	50.00	Poblacional
2201547	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO VIGIL	220154701	Peritos	2.00	Poblacional
				<b>96.00</b>	

#### 12.1.2 Disponibilidad media y al 75 de persistencia– situación actual

Se ha determinado la disponibilidad hídrica de la cuenca, para las condiciones actuales del sistema hidráulico, en el punto que encierra la cabecera del valle y donde se ubica la estación de registros hidrométricos Calientes.

La disponibilidad al 75% de persistencia corresponde a los obtenidos mediante la aplicación del modelo estocástico PARMA(1,0) para un periodo de 50 años y el promedio de 25 series generadas.

Los caudales históricos homogenizados y completados a nivel medio mensual cuya longitud es de 48 años nos determinan la disponibilidad media hídrica de la cuenca para las condiciones actuales del sistema hidráulico.

### 12.1.3 Balance con disponibilidad al 75% de persistencia – situación actual

La disponibilidad al 75% de persistencia en condiciones actuales versus la demanda actual determinan un déficit total de 1.043 MMC entre los meses de octubre a diciembre, mientras que se presenta un superávit de 3.906 MMC entre los meses de enero a setiembre.

Los niveles de confiabilidad que se encontró en este balance son de 91.6% en volumen ofertado y 75.0% en oportunidad o tiempo.

**CUADRO N°57. BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO CAPLINA – DISPONIBILIDAD AL 75% DE PERSISTENCIA ACTUAL VS DEMANDA ACTUAL**

DESCRIPCION	UNID.	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Caudal 75% Persistencia	(m <sup>3</sup> /s)	0.560	0.710	0.650	0.480	0.460	0.460	0.450	0.430	0.420	0.400	0.390	0.400	
Demanda Agrícola	(m <sup>3</sup> /s)	0.455	0.413	0.362	0.224	0.164	0.127	0.105	0.157	0.258	0.396	0.459	0.437	
Demanda Poblacional	(m <sup>3</sup> /s)	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	
Balance Hídrico	(m <sup>3</sup> /s)	<b>0.009</b>	<b>0.201</b>	<b>0.192</b>	<b>0.160</b>	<b>0.200</b>	<b>0.237</b>	<b>0.249</b>	<b>0.177</b>	<b>0.066</b>	<b>-0.092</b>	<b>-0.165</b>	<b>-0.133</b>	
Caudal 75% Persistencia	MMC	1.480	1.740	1.730	1.250	1.240	1.190	1.210	1.160	1.080	1.060	1.000	1.080	15.22
Demanda Agrícola	MMC	1.220	1.000	0.970	0.580	0.440	0.330	0.280	0.420	0.670	1.060	1.190	1.170	9.33
Demanda Poblacional	MMC	0.257	0.232	0.257	0.249	0.257	0.249	0.257	0.257	0.249	0.257	0.249	0.257	3.03
Balance Hídrico	MMC	<b>0.003</b>	<b>0.508</b>	<b>0.503</b>	<b>0.421</b>	<b>0.543</b>	<b>0.611</b>	<b>0.673</b>	<b>0.483</b>	<b>0.161</b>	<b>-0.257</b>	<b>-0.439</b>	<b>-0.347</b>	<b>2.863</b>
Confiabilidad en Volumen (%)							<b>91.6</b>	Confiabilidad en Tiempo (%)						<b>75.0</b>

Promedio de 25 series generadas por el modelo estocástico PARMA(1,0) al 75% de persistencia

( ) = Superavit

(-) = Deficit

### 12.1.4 Balance con disponibilidad media – situación actual

La disponibilidad media en condiciones actuales versus la demanda actual determinan un déficit total de 0.41 MMC entre los meses de octubre a diciembre, mientras que se presenta un superávit de 11.68 MMC entre los meses de enero a setiembre.

Los niveles de confiabilidad que se encontró en este balance son de 96.7% en volumen ofertado y 75.0% en oportunidad o tiempo.

**CUADRO N°58. BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO CAPLINA – DISPONIBILIDAD MEDIA ACTUAL VS DEMANDA ACTUAL**

DESCRIPCION	UNID.	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Caudal Medio Histórico	(m³/s)	1.010	1.820	1.370	0.710	0.590	0.570	0.550	0.520	0.490	0.460	0.460	0.500	
Demanda Agrícola	(m³/s)	0.455	0.413	0.362	0.224	0.164	0.127	0.105	0.157	0.258	0.396	0.459	0.437	
Demanda Poblacional	(m³/s)	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	
Balance Hídrico	(m³/s)	<b>0.459</b>	<b>1.311</b>	<b>0.912</b>	<b>0.390</b>	<b>0.330</b>	<b>0.347</b>	<b>0.349</b>	<b>0.267</b>	<b>0.136</b>	<b>-0.032</b>	<b>-0.095</b>	<b>-0.033</b>	
Caudal Medio Histórico	MMC	2.70	4.43	3.66	1.85	1.58	1.48	1.48	1.40	1.27	1.24	1.19	1.34	23.62
Demanda Agrícola	MMC	1.22	1.00	0.97	0.58	0.44	0.33	0.28	0.42	0.67	1.06	1.19	1.17	9.33
Demanda Poblacional	MMC	0.26	0.23	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26	3.03
Balance Hídrico	MMC	<b>1.22</b>	<b>3.20</b>	<b>2.43</b>	<b>1.02</b>	<b>0.88</b>	<b>0.90</b>	<b>0.94</b>	<b>0.72</b>	<b>0.35</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.25</b>	<b>-0.09</b>	<b>11.26</b>
Confiabilidad en Volumen (%)							<b>96.7</b>	Confiabilidad en Tiempo (%)					<b>75.0</b>	

Promedio de Caudales medio mensuales históricos homogenizados y completados

(-) = Superavit

(-) = Deficit

## 12.2 Sistema Uchusuma

### 12.2.1 Demanda – situación actual

La demanda hídrica total en la cuenca esta constituida principalmente por la demanda hídrica agrícola y por la demanda hídrica poblacional.

La demanda agrícola - determinada con el programa Sistema de Información de Riego (SIR) por la componente de Sistema de Riego del proyecto y definida por los requerimientos de los cultivos en las comisiones de Uchusuma y Magollo con los datos de Evapotranspiración potencial de la estación Calana (Método Hargreave), información de los cultivos (PCR campaña 2002/2003) y para una eficiencia de conducción de 95%, de distribución de 94% y de aplicación de 43% - asciende a 11.83MMC anuales para la comisión de Uchusuma y para una eficiencia de conducción de 80%, de distribución de 75% y de aplicación de 41% - asciende a 18.64MMC anuales para la comisión de Magollo.

Pos su parte la demanda poblacional de un sector de la ciudad de Tacna, de acuerdo al padrón general de usuarios de agua con fines no agrarios captados en el río Uchusuma o Yungane es de 0.250m<sup>3</sup>/s mensuales que ascienden a 7.88MMC anuales.

**CUADRO N°59. PADRÓN GENERAL DE USUARIOS DE AGUA CON FINES NO AGRARIOS – RÍO UCHUSUMA O YUNGANE**

Distrito de Riego: Tacna

Datos de Usuario		Datos de la Unidad Operativa		Otorgamiento de Agua	
Código	Nombre Usuario / Razon Social	Código	Nombre Unidad Operativa	Caudal (l/s)	Uso
2201497	EPS - TACNA S.A.	220149703	Cerro Blanco	250.00	Poblacional
				<b>250.00</b>	

### 12.2.2 Disponibilidad media y al 75% de persistencia– situación actual

Se ha determinado la disponibilidad hídrica de la cuenca, para las condiciones actuales del sistema hidráulico, en el punto que encierra la cabecera del valle y donde se ubica la estación de registros hidrométricos Piedras Blancas.

La disponibilidad al 75% de persistencia corresponde a los obtenidos a partir de la serie histórica homogenizada y completada de los caudales medios mensuales.

Los caudales históricos homogenizados y completados medio mensual cuya longitud es de 48 años nos determinan la disponibilidad media hídrica de la cuenca para las condiciones actuales del sistema hidráulico.

La situación actual del sistema hidráulico Uchusuma involucran la cuenca Yungane y los transvases actuales del río Uchusuma y Maure a través de los canales Uchusuma y Patapujo respectivamente.

### 12.2.3 Disponibilidad media y al 75% de persistencia– situación futura

Se ha determinado la disponibilidad hídrica de la cuenca, para las condiciones futuras del sistema hidráulico, en el punto que encierra la cabecera del valle y donde se ubica la estación de registros hidrométricos Piedras Blancas.

La disponibilidad al 75% de persistencia corresponde a los obtenidos a partir de los caudales medios mensuales en la condición actual del sistema

mas un 25% de disponibilidad de la cuenca del río Maure en la estación de Chuapalca .

Los caudales históricos medio mensual en condiciones actuales mas un 25% de disponibilidad de la cuenca del río Maure en la estación de Chuapalca determinan la disponibilidad media hídrica de la cuenca para las condiciones futuras del sistema hidráulico.

La situación futura del sistema Uchusuma involucra la situación actual del sistema más un aporte del 25% de la disponibilidad presente en la cuenca del río Maure hasta la estación de Chuapalca. Esto debido a que en la actualidad se viene ejecutando el proyecto Vilavilani con la finalidad de poder transvasar en un futuro cercano las aguas de esta cuenca del Maure para ser usadas en el sistema Uchusuma.

#### 12.2.4 Balance con disponibilidad al 75% de persistencia – situación actual

La disponibilidad al 75% de persistencia en condiciones actual versus la demanda actual determinan un déficit total de 2.742 MMC entre los meses de octubre a febrero, mientras que se presenta un superávit de 2.078MMC entre los meses de marzo a setiembre.

Los niveles de confiabilidad que se encontró en este balance son de 85.4% en volumen ofertado y 58.3% en oportunidad o tiempo.

**CUADRO N°60. BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO YUNGANE – DISPONIBILIDAD AL 75% DE PERSISTENCIA ACTUAL VS DEMANDA ACTUAL**

DESCRIPCION	UNID.	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Caudal 75% Persistencia	(m³/s)	0.590	0.670	0.620	0.510	0.490	0.600	0.590	0.620	0.550	0.530	0.530	0.570	
Demanda Agrícola Uchusuma	(m³/s)	0.194	0.136	0.078	0.066	0.060	0.054	0.049	0.049	0.089	0.149	0.197	0.205	
Demanda Agrícola Magollo	(m³/s)	0.422	0.293	0.209	0.166	0.119	0.096	0.078	0.142	0.193	0.299	0.386	0.399	
Demanda Poblacional	(m³/s)	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	
Balance Hídrico	(m³/s)	<b>-0.276</b>	<b>-0.010</b>	<b>0.083</b>	<b>0.029</b>	<b>0.061</b>	<b>0.200</b>	<b>0.213</b>	<b>0.180</b>	<b>0.018</b>	<b>-0.168</b>	<b>-0.303</b>	<b>-0.285</b>	
Caudal 75% Persistencia	MMC	1.58	1.64	1.66	1.32	1.31	1.56	1.58	1.66	1.43	1.42	1.37	1.53	18.06
Demanda Agrícola Uchusuma	MMC	0.52	0.33	0.21	0.17	0.16	0.14	0.13	0.13	0.23	0.40	0.51	0.55	3.48
Demanda Agrícola Magollo	MMC	1.13	0.71	0.56	0.43	0.32	0.25	0.21	0.38	0.50	0.80	1.00	1.07	7.36
Demanda Poblacional	MMC	0.67	0.60	0.67	0.65	0.67	0.65	0.67	0.67	0.65	0.67	0.65	0.67	7.88
Balance Hídrico	MMC	<b>-0.740</b>	<b>-0.005</b>	<b>0.220</b>	<b>0.072</b>	<b>0.160</b>	<b>0.522</b>	<b>0.570</b>	<b>0.480</b>	<b>0.052</b>	<b>-0.450</b>	<b>-0.788</b>	<b>-0.760</b>	<b>-0.664</b>
Confiabilidad en Volumen (%)							<b>85.4</b>	Confiabilidad en Tiempo (%)						<b>58.3</b>

Promedio de Caudales medio mensuales históricos homogenizados y completados al 75% de persistencia

( ) = Superavit

(-) = Deficit

### 12.2.5 Balance con disponibilidad media – situación actual

La disponibilidad media en condiciones actuales versus la demanda actual determinan un déficit total de 0.957 MMC entre los meses de octubre a enero, mientras que se presenta un superávit de 5.943 MMC entre los meses de febrero a setiembre.

Los niveles de confiabilidad que se encontró en este balance son de 94.9% en volumen ofertado y 66.7% en oportunidad o tiempo.

**CUADRO N°61. BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO YUNGANE – DISPONIBILIDAD MEDIA ACTUAL VS DEMANDA ACTUAL**

DESCRIPCIÓN	UNID.	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Caudal medio histórico	(m <sup>3</sup> /s)	0.810	0.940	0.900	0.900	0.670	0.760	0.730	0.740	0.690	0.660	0.690	0.730	
Demanda Agrícola Uchusuma	(m <sup>3</sup> /s)	0.194	0.136	0.078	0.066	0.060	0.054	0.049	0.049	0.089	0.149	0.197	0.205	
Demanda Agrícola Magollo	(m <sup>3</sup> /s)	0.422	0.293	0.209	0.166	0.119	0.096	0.078	0.142	0.193	0.299	0.386	0.399	
Demanda Poblacional	(m <sup>3</sup> /s)	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	
<b>Balance Hídrico</b>	<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>-0.056</b>	<b>0.260</b>	<b>0.363</b>	<b>0.419</b>	<b>0.241</b>	<b>0.360</b>	<b>0.353</b>	<b>0.300</b>	<b>0.158</b>	<b>-0.038</b>	<b>-0.143</b>	<b>-0.125</b>	
Caudal medio histórico	MMC	2.18	2.30	2.41	1.79	1.81	1.97	1.97	1.99	1.79	1.77	1.78	1.95	23.71
Demanda Agrícola Uchusuma	MMC	0.52	0.33	0.21	0.17	0.16	0.14	0.13	0.13	0.23	0.40	0.51	0.55	3.48
Demanda Agrícola Magollo	MMC	1.13	0.71	0.56	0.43	0.32	0.25	0.21	0.38	0.50	0.80	1.00	1.07	7.36
Demanda Poblacional	MMC	0.67	0.60	0.67	0.65	0.67	0.65	0.67	0.67	0.65	0.67	0.65	0.67	7.88
<b>Balance Hídrico</b>	<b>MMC</b>	<b>-0.140</b>	<b>0.655</b>	<b>0.970</b>	<b>0.542</b>	<b>0.660</b>	<b>0.932</b>	<b>0.960</b>	<b>0.810</b>	<b>0.412</b>	<b>-0.100</b>	<b>-0.378</b>	<b>-0.340</b>	<b>4.986</b>
Confiabilidad en Volumen (%)							<b>94.9</b>	Confiabilidad en Tiempo (%)					<b>66.7</b>	

Promedio de Caudales medio mensuales históricos homogenizados y completados al 75% de persistencia

( ) = Superavit

(-) = Deficit

### 12.2.6 Balance con caudales al 75% de persistencia – situación futura

La disponibilidad al 75% de persistencia en condiciones futuras versus la demanda actual no presenta déficit, y tiene un superávit de 15.648MMC.

Los niveles de confiabilidad que se encontró en este balance son de 100.0% en volumen ofertado y en oportunidad o tiempo.

**CUADRO N°62. BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO YUNGANE – DISPONIBILIDAD AL 75% DE PERSISTENCIA FUTURA VS DEMANDA ACTUAL**

DESCRIPCION	UNID.	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Caudal 75% Persistencia	(m³/s)	0.590	0.670	0.620	0.510	0.490	0.600	0.590	0.620	0.530	0.530	0.530	0.570	
Aporte 25% Maure	(m³/s)	0.653	0.865	0.710	0.518	0.478	0.465	0.450	0.443	0.415	0.398	0.398	0.450	
Disponibilidad	(m³/s)	1.243	1.535	1.330	1.028	0.968	1.065	1.040	1.063	0.965	0.928	0.928	1.020	
Demanda Agrícola Uchusuma	(m³/s)	0.194	0.136	0.078	0.066	0.060	0.054	0.049	0.049	0.089	0.149	0.197	0.205	
Demanda Agrícola Magollo	(m³/s)	0.422	0.293	0.209	0.166	0.119	0.096	0.078	0.142	0.193	0.299	0.386	0.399	
Demanda Poblacional	(m³/s)	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	
Balance Hídrico	(m³/s)	<b>0.376</b>	<b>0.855</b>	<b>0.793</b>	<b>0.546</b>	<b>0.538</b>	<b>0.665</b>	<b>0.663</b>	<b>0.622</b>	<b>0.433</b>	<b>0.229</b>	<b>0.095</b>	<b>0.165</b>	
Caudal 75% Persistencia	MMC	1.58	1.64	1.66	1.32	1.31	1.56	1.58	1.66	1.43	1.42	1.37	1.53	18.06
Aporte 25% Maure	MMC	1.75	2.09	1.90	1.34	1.28	1.21	1.21	1.19	1.08	1.06	1.03	1.21	16.33
Disponibilidad	MMC	3.33	3.71	3.56	2.66	2.59	2.76	2.79	2.85	2.50	2.48	2.40	2.73	34.37
Demanda Agrícola Uchusuma	MMC	0.52	0.33	0.21	0.17	0.16	0.14	0.13	0.13	0.23	0.40	0.51	0.55	3.48
Demanda Agrícola Magollo	MMC	1.13	0.71	0.56	0.43	0.32	0.25	0.21	0.38	0.50	0.80	1.00	1.07	7.36
Demanda Poblacional	MMC	0.67	0.60	0.67	0.65	0.67	0.65	0.67	0.67	0.65	0.67	0.65	0.67	7.88
Balance Hídrico	MMC	<b>1.008</b>	<b>2.069</b>	<b>2.123</b>	<b>1.415</b>	<b>1.442</b>	<b>1.722</b>	<b>1.776</b>	<b>1.666</b>	<b>1.123</b>	<b>0.615</b>	<b>0.246</b>	<b>0.442</b>	<b>15.648</b>
Confiabilidad en Volumen (%)							<b>100.0</b>	Confiabilidad en Tiempo (%)						<b>100.0</b>

Promedio de Caudales medio mensuales históricos homogenizados y completados al 75% de persistencia

( ) = Superávit

(-) = Déficit

**12.2.7 Balance con caudales medios mensuales – situación futura**

La disponibilidad media en condiciones futuras versus la demanda actual no presenta déficit , y tiene un superávit de 21.798MMC.

Los niveles de confiabilidad que se encontró en este balance son de 100.0% en volumen ofertado y en oportunidad o tiempo.

**CUADRO N°63. BALANCE HÍDRICO CUENCA DEL RIO YUNGANE – DISPONIBILIDAD MEDIA FUTURA VS DEMANDA ACTUAL**

DESCRIPCION	UNID.	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Caudal medio histórico	(m <sup>3</sup> /s)	0.810	0.940	0.900	0.900	0.670	0.760	0.730	0.740	0.690	0.660	0.690	0.730	
Aporte 25% Maure	(m <sup>3</sup> /s)	0.653	0.865	0.710	0.518	0.478	0.465	0.450	0.443	0.415	0.398	0.398	0.450	
Disponibilidad	(m <sup>3</sup> /s)	1.463	1.805	1.610	1.418	1.148	1.225	1.180	1.183	1.105	1.058	1.088	1.180	
Demanda Agrícola Uchusuma	(m <sup>3</sup> /s)	0.194	0.136	0.078	0.066	0.060	0.054	0.049	0.049	0.089	0.149	0.197	0.205	
Demanda Agrícola Magollo	(m <sup>3</sup> /s)	0.422	0.293	0.209	0.166	0.119	0.096	0.078	0.142	0.193	0.299	0.386	0.399	
Demanda Poblacional	(m <sup>3</sup> /s)	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	
Balance Hídrico	(m <sup>3</sup> /s)	<b>0.596</b>	<b>1.125</b>	<b>1.073</b>	<b>0.936</b>	<b>0.718</b>	<b>0.825</b>	<b>0.803</b>	<b>0.742</b>	<b>0.573</b>	<b>0.359</b>	<b>0.255</b>	<b>0.325</b>	
Caudal medio histórico	MMC	2.17	2.27	2.41	2.33	1.79	1.97	1.96	1.98	1.79	1.77	1.79	1.96	24.19
Aporte 25% Maure	MMC	1.75	2.09	1.90	1.34	1.28	1.21	1.21	1.19	1.08	1.06	1.03	1.21	16.33
Disponibilidad	MMC	3.92	4.37	4.31	3.67	3.07	3.18	3.16	3.17	2.86	2.83	2.82	3.16	40.52
Demanda Agrícola Uchusuma	MMC	0.52	0.33	0.21	0.17	0.16	0.14	0.13	0.13	0.23	0.40	0.51	0.55	3.48
Demanda Agrícola Magollo	MMC	1.13	0.71	0.56	0.43	0.32	0.25	0.21	0.38	0.50	0.80	1.00	1.07	7.36
Demanda Poblacional	MMC	0.67	0.60	0.67	0.65	0.67	0.65	0.67	0.67	0.65	0.67	0.65	0.67	7.88
Balance Hídrico	MMC	<b>1.598</b>	<b>2.722</b>	<b>2.873</b>	<b>2.426</b>	<b>1.924</b>	<b>2.137</b>	<b>2.151</b>	<b>1.988</b>	<b>1.486</b>	<b>0.963</b>	<b>0.661</b>	<b>0.871</b>	<b>21.798</b>
Confiabilidad en Volumen (%)							<b>100.0</b>	Confiabilidad en Tiempo (%)						<b>100.0</b>

Promedio de Caudales medio mensuales históricos homogenizados y completados al 75% de persistencia

( ) = Superavit

(-) = Deficit

## 13. CONCLUSIONES

### De la Información Temática

- ✓ Se ha recopilado información de la base temática del CTAR – TACNA, PET e INRENA referentes a la Geología, Suelos, cobertura vegetal para obtener una mejor descripción de la zona del estudio así como dejar una base de datos digital que sirvan para proyectos más específicos.

### Sistema Hidráulico

- ✓ La escasez del agua en las cuencas del Río Caplina y del Río Uchusuma o Yungane en la vertiente del Pacífico han obligado al hombre a buscar el recurso hídrico en las Cuencas altiplánicas del Río Maure y del Uchusuma, así como de la parte alta de la Cuenca del río Sama mediante los Sistema Uchusuma y Caplina respectivamente para satisfacer las demandas actuales agrícolas y poblacionales del Distrito de Riego Tacna. Se debe mencionar que existe el subsistema Kovire que deriva las aguas de la cabecera de la cuenca del río Maure hacia el río Cano en la cuenca del río Sama.
- ✓ El ámbito del estudio hidrológico comprende 5558.48km<sup>2</sup> repartidas en 5 cuencas. Las cuencas del río Caplina y Yungane que tienen una extensión de 3050.74km<sup>2</sup> pertenecientes a la vertiente del Pacífico y las cuencas del río Maure, Caño y Uchusuma que tienen una extensión de 2507.74km<sup>2</sup> conforman parte de la cuenca del Lago Titicaca.
- ✓ En el ámbito del estudio funcionan dos Sistema hidráulicos reconocidos como Caplina y Uchusuma  
El sistema hidráulico Caplina recolecta las aguas de la cuenca del mismo nombre y de la derivación de una parte de las nacientes del río Sama que son en promedio 0.200m<sup>3</sup>/s. Este recurso hídrico se utiliza en el riego de la comisión Bajo Caplina y para uso poblacional de un sector de la ciudad de Tacna. Este sistema no cuenta con represamiento importantes en sus zonas altas permitiendo un mejor entendimiento y modelación del régimen natural del río.  
El sistema hidráulico Uchusuma recolecta las aguas de las cuencas del río Yungane conjuntamente con las derivaciones de los ríos Uchusuma y Maure, a través de los canales Uchusuma y Patapujo. Este recurso hídrico se utiliza en el riego de las comisiones Uchusuma y Magollo y para uso poblacional de un sector de la ciudad de Tacna. Existe principal atención en este sistema donde actualmente el Proyecto Especial Tacna viene desarrollando proyectos para aumentar la disponibilidad hídrica existente, valiéndose para ello de las aguas de curso internacional que nacen en territorio peruano y que pertenecen al río Maure, sin embargo estos proyectos deben enfrentar múltiples complicaciones asociadas a la geología, topografía y calidad de aguas.

### De la Red de estaciones Hidrometeorológicas

- ✓ Existen 16 estaciones meteorológicas en el ámbito del estudio, conformada por 07 estaciones en el valle (02 de ellas desactivadas), 02 en la zona intermedia y alta de la cuenca del río Caplina, ninguna en la cuenca del río Yungane y 07 repartidas entre las cuencas de los ríos Uchusuma y Maure.

De las que se encuentran en funcionamiento 13 registran precipitación y 08 registran evaporación (04 en el valle y 04 en la zona altoandina).

- ✓ La Red de Estaciones Pluviométricas en las cuencas del ámbito del estudio que encierra un área total de 5558.48km<sup>2</sup> tiene una densidad de 427.6 km<sup>2</sup>/estación (pluviométricas ordinarias) siendo necesario ampliar el número de estaciones de tal manera de reducir el área de influencia de cada estación hasta alcanzar 250km<sup>2</sup>/estación (densidad requerida en una red mínima para zonas montañosas según la Organización Meteorológica Mundial). Alcanzar una red mínima permitiría el desarrollo de modelos de Precipitación – Escorrentía de mayor confiabilidad y más representativo en la Cuencas estudiadas.  
Es necesario contar además no sólo con pluviómetros ordinarios si no también con pluviómetros registradores que nos ayuden a determinar el comportamiento que presenta una tormenta para luego poder aplicarlo en algún modelo de precipitación – escorrentía en el cual se requiere determinar el hidrograma de caudales de salida.  
La ubicación de la Red de Estaciones Pluviométricas debe distribuirse en la cuenca de tal manera de obtener una relación de precipitación – altitud de mayor representación, así también debe considerarse la existencia de una estación en las Subcuencas Tributarias principalmente en aquellas que no se cuenta con estaciones hidrométricas cercanas.
- ✓ Existen 16 estaciones hidrológicas que pertenecen a las cuencas del ámbito del estudio, conformada por 01 estación en la cuenca del río Caplina, 02 estación en la cuenca del río Yungane (01 de ellas desactivada), 03 estaciones en la cuenca del río Uchusuma y 10 estaciones en la cuenca del río Maure (01 de ellas desactivada).
- ✓ Se considera de confiabilidad baja los registros hidrométricos de la estaciones Calientes y Piedras Blancas en los periodos en que el caudal sobrepasa la máxima conducción de los canales Caplina y Uchusuma Bajo respectivamente debido a que cuando el agua no es captada y discurre por el cauce natural los caudales son estimados por observación simple. Principal atención merece la estación de Piedras Blancas actualmente seudo desactivada desconociéndose desde que periodo dejo de registrar los excedentes en la bocatoma de Chuschuco y solo registro lo que el sistema Uchusuma capta en el canal, provocando alteraciones en el cálculo de la disponibilidad hídrica y restringiendo el uso de modelos matemáticos basados en caudales históricos. La reactivación de esta estación debe hacerse en la nueva ubicación que tiene antes del reservorio en Cerro Blanco luego que se termine la rehabilitación del canal Uchusuma de la Bocatoma Chuschuco hasta los reservorios.
- ✓ Los registros históricos son de gran importancia en el desarrollo de un estudio orientado a mejorar la Gestión del Recurso Hídrico por lo que es de vital importancia que sean preservados y actualizados en una base de datos de fácil acceso y respaldado por una base digital que debe ser actualizada no sólo con los registros si no también con la descripción de su funcionamiento y cambios que pudiera sufrir a través del tiempo.

**De la Evapotranspiración en el valle.**

- ✓ Se han establecido 4 estaciones (La Yarada, Magollo, Calana y Calientes) para el cálculo de la demanda hídrica en el valle, estableciéndose la Evapotranspiración potencial a partir del método de Hargreave por su mejor ajuste. En general la evapotranspiración potencial se torna mayor en los meses de Septiembre a marzo alcanzando en enero un promedio de 5 – 6 mm/día.

**De la Evapotranspiración en la cuenca.**

- ✓ Se ha determinado la Evapotranspiración potencial media de la cuenca por el método del evaporímetro, considerando que las condiciones son similares en las cuencas de los ríos Caplina y Yungane y por otro lado son las mismas en las cuencas de los ríos Maure, Uchusuma y Caño. Ambas presentan máxima evapotranspiración potencial en los meses de septiembre a diciembre, siendo del orden de 133.11mm/mes en las cuencas del río Maure y Uchusuma y de 113mm/mes para el Caplina y Yungane.

**De la Precipitación**

- ✓ Las precipitaciones medias anuales son mayores en las cuencas de la vertiente del lago Titicaca que en las del Pacífico, con máximas entre los meses de enero a marzo con valores que fluctúan entre 314 – 452mm/año para el Maure y el Uchusuma y de 129.05mm/año para el Caplina y Yungane. Esta diferencia hace notar la escasez de producción de escorrentía directa en Caplina y Yungane.
- ✓ La precipitación areal media de la cuenca ha sido desarrollada por el método de isoyetas obteniéndose:

Caplina	125mm/año
Yungane	69mm/año
Uchusuma	361mm/año
Maure	390mm/año

Mientras que para el cálculo de precipitación areal histórica se ha usado el método de Thiesen modificado como una variante al método de Thiesen con una aproximación al resultado que se obtendría con el método de isoyetas.

**Del caudal de diseño de estructuras hidráulicas**

- ✓ La máxima avenida para un periodo de retorno de 50 años en el río Caplina, determinado en la estación Calientes, es de 35m<sup>3</sup>/s; mientras que en el río Yungane, determinado en la bocatoma Chuschuco, es de 7m<sup>3</sup>/s. A pesar de que los caudales máximos pudieran considerarse de poco riesgo existen evidencias que estos ocasiona daños, por lo que es conveniente tenerlos presentes sobretodo por la característica de los regímenes de los ríos en la Costa que presentan grandes diferencias entre sus caudales de estiaje y avenida.
- ✓ Las estructuras hidráulicas que se quieran construir en las cercanías de las Bocatomas Calientes y Chuschuco y aguas arriba de ella deben ser diseñadas de acuerdo al caudal establecido para un periodo de retorno, debiéndose diseñar para un periodo de retorno mayor aquellas estructuras que involucran un mayor riesgo.

### De la Disponibilidad Hídrica

- ✓ La Disponibilidad Hídrica de las Cuencas del ámbito del estudio fueron determinados a nivel mensual con una persistencia del 75%.
- ✓ Para la cuenca del río Caplina existen tres resultados de Persistencia al 75% producto de tres series de caudales medios mensuales determinados por diferentes metodologías. Estos resultados son muy cercanos entre sí, dando una mayor validez a los resultados que se han obtenido, además y gracias al modelo estocástico se pudo estimar el rango de variación de estas persistencias. Sin embargo el modelo planteado de Temez se desestimo porque no se ajustaba a los estadísticos básicos quedando como validos el modelo estocástico y la serie histórica.

**CUADRO N°64. DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA**

MES	PERSISTENCIA AL 75% (m³/s)			
	MÍNIMO ESTOCÁSTICO	HISTORICO	MEDIO ESTOCÁSTICO	MÁXIMO ESTOCÁSTICO
Enero	0.50	0.55	0.56	0.65
Febrero	0.59	0.69	0.71	0.83
Marzo	0.55	0.64	0.65	0.74
Abril	0.44	0.48	0.48	0.51
Mayo	0.45	0.46	0.46	0.49
Junio	0.43	0.46	0.46	0.49
Julio	0.42	0.45	0.45	0.48
Agosto	0.40	0.43	0.43	0.46
Septiembre	0.41	0.42	0.42	0.45
Octubre	0.37	0.39	0.40	0.49
Noviembre	0.37	0.39	0.39	0.41
Diciembre	0.38	0.41	0.40	0.44

Con estos resultados podemos analizar el balance hídrico no sólo para un valor medio de persistencia si no también analizarlo en un rango de variación. Es decir en las épocas donde los años secos son de mayor frecuencia (mínimo estocástico) o épocas donde los años húmedos son mas frecuentes (máximo estocástico)

- ✓ El mes de mayor disponibilidad hídrica es el mes de Marzo con una persistencia al 75% que fluctúa entre 0.59 y 0.83m³/s, siendo el mes de menor disponibilidad hídrica el mes de noviembre con una persistencia al 75% que fluctúa entre 0.37 y 0.41m³/s
- ✓ Para la cuenca del río Yungane la disponibilidad hídrica al 75% de persistencia alcanza un caudal promedio de 0.57m³/s (18.05MMC) determinado solo a partir de la serie histórica, debido a que los datos en esta cuenca dificultan la realización de un modelo matemático.
- ✓ Para la cuenca del río Uchusuma la disponibilidad hídrica al 75% de persistencia alcanza un caudal promedio de 0.54m³/s (16.89MMC).

- ✓ Para la cuenca del río Maure la disponibilidad hídrica alcanza un caudal promedio de  $2.07\text{m}^3/\text{s}$  (65.41MMC) determinado solo a partir de la serie histórica. Este caudal representa la disponibilidad hídrica explotable en Chuapalca para el abastecimiento agrícola y poblacional de Tacna y es donde el Proyecto especial Tacna viene ejecutando proyectos destinados a ello, sin embargo existen problemas de calidad de agua, geología y topografía que dificultan tal fin.

### **Del Balance Hídrico**

- ✓ En el Sistema Caplina, se considera crítico el balance entre disponibilidad al 75% actual y demanda actual con un déficit acumulado en tres meses de 1.043MMC y un superávit acumulado en 9 meses de 3.906MMC.
- ✓ El Sistema Caplina presenta un nivel de confiabilidad en volumen aceptable (mayor del 90%) en ambos balances realizados. Mientras que el nivel de confiabilidad en oportunidad o tiempo de 75% en ambos balances realizados no alcanza un nivel aceptable (por ser menor a a 80%). Con ello concluimos que el sistema cuenta en la actualidad con el recurso hídrico para satisfacer las demandas actuales, pero que sin embargo se requiere realizar una regulación que garantice el recurso hídrico en los meses de déficit que alcanza 1.043 MMC (para una disponibilidad al 75% de persistencia).
- ✓ En el Sistema Uchusuma, se considera crítico el balance entre disponibilidad al 75% actual y demanda actual con un déficit acumulado en cinco meses de 2.742MMC y un superávit acumulado en 7 meses de 2.078MMC.
- ✓ El Sistema Uchusuma en condiciones actuales presenta niveles de confiabilidad en volumen de 85.4% y en tiempo de 58.3% (para una disponibilidad al 75% de persistencia). Con lo que concluimos que el sistema requiere mayor recurso hídrico que permita alcanzar un nivel de confiabilidad en volumen de 90% y continuar con la regulación de tal manera de distribuir el recurso durante los meses de déficit que alcanzan 2.742 MMC (para una disponibilidad al 75% de persistencia)
- ✓ Con el proyecto Vilavilani realizando un aumento de la disponibilidad igual al 25% del caudal medio mensual del río Maure en la estación Chuapalca se satisfacerla la demanda actual del sistema en su totalidad.