

REPRESAMIENTO DE LA LAGUNA SANTIAGO DE LOROCOCHA

HIDROLOGÍA

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye la evaluación hidrológica de la subcuenca del río Quisquichaca, con el objeto de determinar las disponibilidades hídricas que deberán ser reguladas en el embalse proyectado, cuyo vaso de almacenamiento corresponde a la laguna de Santiago de Lorococha.

El estudio ha sido desarrollado teniendo como referencia la información hidrometeorológica y los mapas temáticos recopilados de estudios existentes relacionados con la evaluación de los recursos hídricos de la zona. El análisis y procesamiento de dicha información nos ha permitido generar los caudales medios para definir el volumen de aprovechamiento y los caudales máximos para el dimensionamiento de las obras de alivio.

1.2 ESTUDIOS ANTERIORES

En el desarrollo del estudio se contó con la siguiente información:

- El “Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la zona del proyecto Marcapomacocha” elaborado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) en el año 1975.
- El “Estudio Integral de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Chillón” elaborado por la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA en el año 2003.

2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

2.1 UBICACIÓN

El ámbito geográfico del proyecto comprende la subcuenca del río Quisquichaca, principal tributario del río Chillón. La subcuenca se encuentra comprendida aproximadamente entre las coordenadas UTM (315855 E, 8695271 N), (342166 E, 8731078 N), (331641 E, 8738309 N) y (302851 E, 8708759 N). Ver Mapa N° 1.

Políticamente la subcuenca del río Quisquichaca se ubica en los distritos de Lachaqui, Arahua, Santa Rosa de Quives y Canta, pertenecientes a la provincia de Canta del departamento de Lima.

Altitudinalmente la subcuenca del río Quisquichaca se sitúa desde los 1150 msnm hasta más de 5000 msnm.

La cuenca colectora del embalse Santiago de Lorococha se encuentra ubicada dentro de la subcuenca del río Quisquichaca a partir de los 3760 msnm abarcando los distritos de Lachaqui y Canta.

2.2 POBLACIÓN

La subcuenca alberga a ocho comunidades campesinas, circunscribiéndose en ella a la localidad Santa Rosa de Quives. La composición de la población a nivel de comunidades de la subcuenca Quisquichaca se muestra en el Cuadro siguiente:

Cuadro N° 01
Distritos y Comunidades Campesinas Ubicadas
en la Subcuenca del Río Quisquichaca

Distrito	Comunidad Campesina	Población
Lachaqui	Lachaqui	1154
	Viscas	245
	San Lorenzo	126
Arahuay	Copa	237
	Collana	268
	Collo	279
	Licahuasi	183
Santa Rosa de Quives	Santa Rosa de Quives (localidad)	387
Canta	Carhua	295
TOTAL		3174

2.3 CARTOGRAFÍA

La información cartográfica utilizada en el estudio, ha sido obtenida de las siguientes instituciones públicas:

- Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
- Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA (archivos digitales)

2.4 EXTENSIÓN Y LIMITES

El área de la subcuenca del río Quisquichaca es de 395.5 km² y tiene un perímetro de 120.0 km, abarcando desde sus nacientes hasta la confluencia con el río Chillón.

El área de la cuenca colectora del embalse Santiago de Lorococha es de 62.75 km² y tiene un perímetro de 43.32 km.

La subcuenca del río Quisquichaca limita por el Sur con la cuenca del río Rímac, por el Norte con la subcuenca intermedia del río Chillón, por el Este con la subcuenca alta del río Chillón y por el Oeste con la subcuenca baja del río Chillón.

2.5 VÍAS DE ACCESO

A la laguna Santiago de Lorococha (futuro embalse de regulación), se puede acceder por las siguientes vías:

Tramo	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo (hr)	Transporte
Lima- Santa Rosa de Quives	Asfaltada	64	1hr 30'	Ómnibus
Santa Rosa de Quives - Canta	Asfaltada	37	30'	Ómnibus
Canta - Lachaqui	Afirmada	21	1.hr	Ómnibus
Lachaqui -Lorococha	Trocha	6	40'	Camioneta

2.6 RED DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

Dentro de la subcuenca del río Quisquichaca existen sólo dos estaciones meteorológicas denominadas Arahuay y Lachaqui; sin embargo, con el propósito de obtener resultados más consistentes, el análisis de la información meteorológica e hidrométrica se realizó en base a la información de la red de estaciones hidrometeorológicas, que se encuentran distribuidas en la cuenca del río Chillón y las cuencas vecinas del Mantaro y Rímac, como se muestra en el Cuadro N° 02.

Cuadro N° 02
Información Hidrometeorológica

ESTACIÓN	CUENCA	ESTE	NORTE	ALTITUD	PARÁMETRO	PERÍODO	AÑOS
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA							
Canta	Chillón	323651	8731926	2832	Temperatura Media Mensual	1980,86-90,96-02	13
					Temperatura Máxima Mensual	1964-80,86-02	34
					Temperatura mínima Mensual	1964-79,86-02	33
					Humedad Relativa Media Mensual	1982-89,91-92,94-99	16
					Precipitación Total Mensual	1964-80, 86-02	34
Arahuay	Chillón	314657	8715280	2800	Precipitación Total Mensual	1980-02	23
Pariacancha	Chillón	336332	8741212	3800	Precipitación Total Mensual	1969-02	34
Huamantanga	Chillón	309125	8728153	3392	Precipitación Total Mensual	1981-02	22
Lachaqui	Chillón	323703	8722708	3668	Precipitación Total mensual	1964-72,85,89-90,92-02	23
Huaros	Chillón	329066	8739330	3585	Precipitación Total Mensual	1988-2000	13
Marcapomacocha	Mantaro	356348	8739466	4479	Temperatura Media Mensual	1969-77,79-99,0102	32
					Temperatura Máxima Mensual	1969-75,79-00	29
					Temperatura mínima Mensual	1969-77,79-99,01-02	32
					Humedad Relativa Media Mensual	196977,79-99,01-02	32
					Precipitación Total Mensual	1969-77,79-99,02	31
Yantac	Mantaro	347219	8746797	4600	Precipitación Total Mensual	1969-02	34
Mina Colqui	Rímac	338265	8719099	4600	Precipitación Total mensual	1973-78,80-93	20
Carampoma	Rímac	336486	8711716	3489	Precipitación Total Mensual	1965-02	38
Autisha	Rímac	325635	8702438	2314	Precipitación Total Mensual	1980-02	23
INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA							
Puente Magdalena	Chillón	300164	8707815	1200	Caudales Medios Mensuales	1948-1983	36

2.7 ECOLOGÍA

La clasificación climática de la cuenca del río Quisquichaca esta basada en los conceptos generalizados de los sistemas originales de los Drs. Warren Thornwaite y Leslie R. Holdrige, los cuales han sido utilizados por la ONERN en la elaboración de mapas climáticos del Perú, la descripción de cada una de las formaciones se encuentran en el estudio “Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales del Proyecto Marcapomacocha” de ONERN 1975.

De acuerdo a dicha clasificación se han identificado 4 formaciones ecológicas en la sub cuenca Quisquichaca, las cuales están asociadas a un tipo climático que varía desde árido y semi-cálido a Tundra Pluvial Alpina. Las características de estas formaciones ecológicas, se muestran en el Cuadro N° 03 y la distribución espacial en el Mapa N° 4.

Cuadro N° 03
Formaciones Ecológicas- Subcuenca Quisquichaca

Formación Ecológica	Tipo Climático	Altitud m.s.n.m	Temp. Promedio	Área Km ²	Sectores de Uso
Matorral desértico Sub - Tropical	Árido y Semi Calido	1150 -2200	18.0 °C	38.17	Área Agrícola de Quebrada y Piedemonte Montañas Áridas
Estepa Espinosa Montano Bajo	Semi Árido y Templado	2200 - 3100	14.4 °C	81.33	Área Agrícola de Ladera Montañas Semi áridas
Estepa Montano	Sub - Húmedo y Templado	3100 - 3800	10.0 °C	107.04	Área agrícola de ladera Montañas Sub húmedas
Páramo muy Húmedo Sub - Alpino	Muy Húmedo y Frío	3800 - 4800	5.0 °C	167.83	Praderas y Montañas muy Húmedas Bosques Residuales
Tundra Pluvial Alpina	Clima Pluvial y Gélido	4800 - 5000	2.0 °C	1.11	Montañas Pluviales

Fuente: Inventario y evaluación de los recursos naturales del Proyecto Marcapomacocha, ONERN, 1975

2.8 GEOLOGÍA

La información Geológica, obtenida del “Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Zona del Proyecto Marcapomacocha” de ONERN 1975, tiene la finalidad de proporcionar el conocimiento geológico de la cuenca como base a ser utilizada principalmente en el desarrollo de la Hidrología del Proyecto.

Las principales formaciones que se han identificado en la subcuenca Quisquichaca son dos y se muestran en el Cuadro N° 04.

Cuadro N° 04
Geología - Subcuenca Quisquichaca

Tipo de Roca	Era Geológica	Sistema	Formación	Litología
Sedimentarias	Cenozoico	Terciario	Serie Volcánico Superior	Derrames y Brechas Andesíticas, riolíticas y dacíticas; texturas porfídicas o afanítica de diversos colores.
Ígneas Intrusivas	Mesozoico	Cretáceo Terciario	Batolito andino	Intrusiones plutónicas: granitos, granodioritas, tonalitas, dioritas. Intrusiones menores: andesita, dacita, diabasa y monzonita.

Fuente: Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona del Proyecto Marcapomacocha, ONERN 1975

2.9 SUELOS

La información de suelos fue obtenida del estudio realizado por la ONERN en 1975 para la cuenca del río Chillón, en el cual se realiza una clasificación taxonómica de los suelos de acuerdo con las definiciones y nomenclaturas establecidas en el sistema Soil Taxonomy. Se identificó en la subcuenca Quisquichaca, seis asociaciones de grandes grupos de suelos, representando cada una de ellas una superficie geográfica dominada por dos o más grandes grupos de suelos subdominantes. En el Cuadro N° 05 se muestra las asociaciones y las clases de capacidad de uso de los grupos dominantes en la subcuenca Quisquichaca.

Cuadro N° 05
Asociaciones de Grandes Grupos de suelos y Capacidad de Uso

Grupos Dominantes	Grupos sub dominantes e inclusiones	Fase climática	Aptitud Agrícola general	Área (Km ²)	Clases de Capacidad de Uso de los grupos dominantes
Fluvisol éútrico (irrigado) Fe(i)-a	Regasol éútrico (irrigado) Solonchak órtico	Modificado irrigado árido méxico a térmico	Muy buena	14.9	I, II y III
Lítico (no suelo) Litosol Desértico Lld-c	Andasol Vítrico Yermosol Cálxico	Árido méxico	Sin potencial agrícola debido a severas condiciones de suelo y topografía	97.2	VIII
Litosol Andino Dístico Lad-c	Litosol andino éútrico, Xerosol háplico, Kastanozem háplico, Fluvisol éútrico (andino)	Semiárido a subhúmedo frígido	Limitada potencialidad para propósitos pecuarios	74.3	VIII
Litosol andino Andosol Vítrico La Tv	Xerosol háplico	Semiárido a subhúmedo frígido	Potencial agrícola muy limitado, uso apropiado para actividad pecuaria	66.0	VI, VII y VIII
Páramo andosol Litosol andino dístico PaLad-bc	Paramasol Éútrico, Parámoslo dístico, Hitosol	Subhúmedo a húmedo frígido	Sin potencialidad para fines agrícolas por topografía y clima. Mediana potencialidad para propósitos pecuarios.	134.1	VII y VIII
Paramasol dístico Litosol andino dístico Pd Lad	Paramasol éútrico, Páramo andosol, Hitosol	Subhúmedo a húmedo frígido	Sin potencialidad para fines agrícolas por topografía y clima. Mediana potencialidad para propósitos pecuarios	9.0	VII y VIII

Fuente: ONERN Zona Proyecto Marcapomacocha, 1975

Clases de Capacidad de Uso

Tipo de Agricultura	Clase	Características Generales
Intensivas	I	Tierras muy buenas para cultivos intensivos y otros usos. Arables
	II	Tierras buenas para cultivos intensivos y otros usos. Arables
	III	Tierras moderadamente buenas para cultivos y otros usos. Arables
Permanentes	VI	Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pastoreo y forestales
Marginales	VII	Tierras regulares o marginales, aparentes sólo para pastoreo extensivo y forestal. No arables
Sin Uso	VII	Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni forestales.

2.10 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

Las características físicas de una cuenca dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelo, la cubierta vegetal, la geología, los usos del suelo, etc. Estas características influyen de manera decisiva en la respuesta hidrológica de la cuenca.

La subcuenca en estudio tiene un área total de 395.5 Km²; el río principal es de orden 5 y drena las escorrentías superficiales o excedentes desde sus nacientes en la laguna Chupa hasta la confluencia con el río Chillón, realizando un recorrido de 42.72 Km.

Las características fisiográficas de la subcuenca del río Quisquichaca se muestran en el Cuadro N° 06.

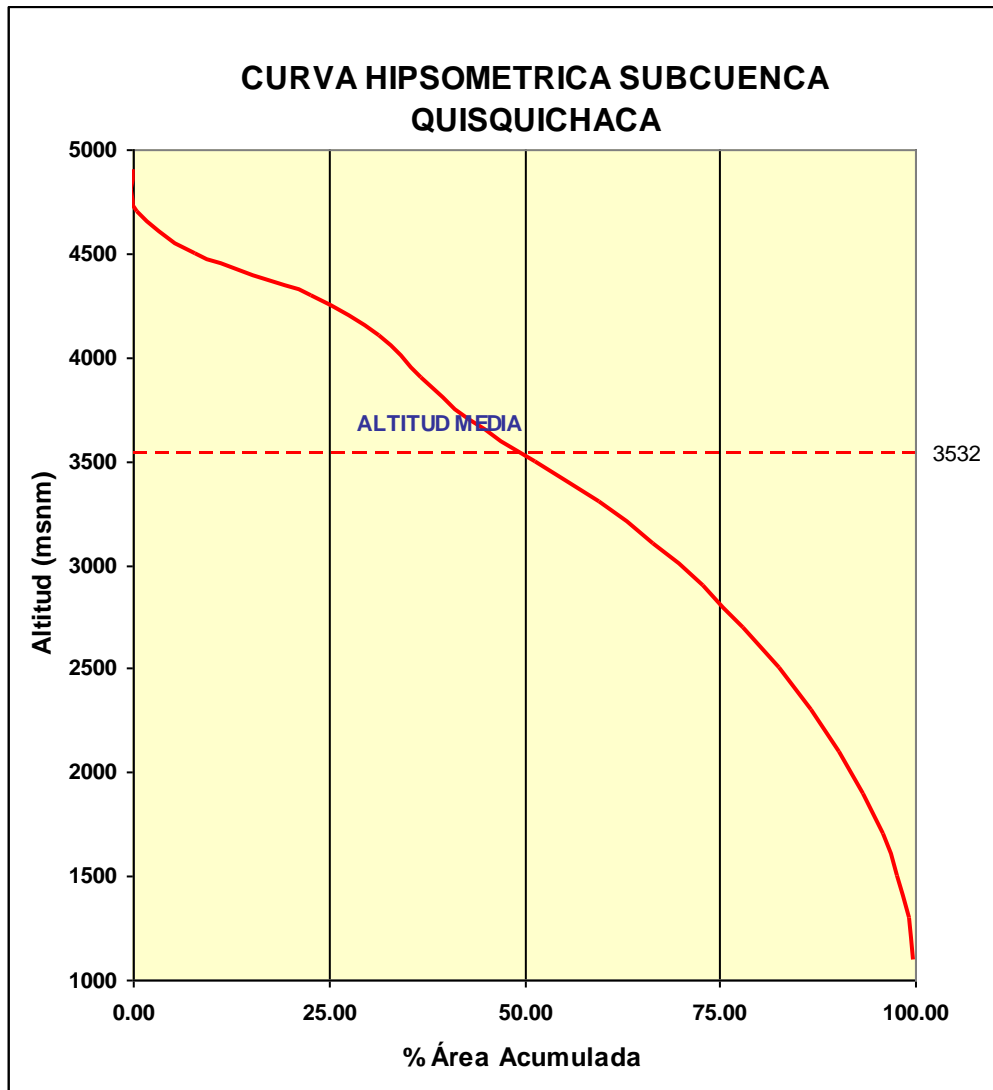
Cuadro N° 06
Características Fisiográficas

Parámetros		Subcuenca Quisquichaca
Superficie (km ²)		395.5
Perímetro (Km.)		120
Forma	Coefficiente de Compacidad	1.70
	Factor de Forma	0.22
Sistema de Drenaje	Orden de ríos	5
	Frecuencia de ríos (ríos/km ²)	2.34
	Densidad de drenaje (Km./km ²)	0.79
	Extensión media de escurrimiento (Km.)	0.32
Relieve	Altitud media de la cuenca (msnm)	3532
	Pendiente media de la cuenca (%)	47.3
	Long. Cauce principal (Km.)	42.72
	Altura mínima de cauce (msnm)	1150
	Altura máxima de cauce (msnm)	4450
	Pendiente media del cauce (%)	7.72
Coefficiente de torrencialidad (ríos /km ²)		0.29
Coefficiente de masividad (m/km ²)		8.93

Fuente: Elaborado en el presente estudio

En el Gráfico N° 1 se muestra la curva hipsométrica de la subcuena en estudio:

Gráfico N° 1



2.11 SISTEMA HIDROGRÁFICO

Hidrográficamente la subcuena del río Quisquichaca pertenece a la cuenca del río Chillón en la vertiente del Pacífico. Las aguas de la laguna Chupa a través de la quebrada Chacramito y la laguna Azulcocha forman el nacimiento del río Quisquichaca, estas aguas pasan por el lugar denominado Laguna Grande o Lorococha que se encuentra a 3760 msnm. El río Quisquichaca tiene una pendiente promedio de 7.72% hasta la confluencia con el río Chillón.

El relieve accidentado de la cuenca es el que caracteriza a la mayoría de los ríos de la vertiente del Pacífico, es decir, el de una cuenca hidrográfica alargada, de fondo profundo y quebrado y de pendiente fuerte. El río en su curso superior, hasta la laguna Lorococha, presenta una pendiente de 6.63%, en su curso medio, de la laguna Lorococha hasta la localidad de Arahuy, presenta una pendiente de 8.42% y; finalmente, en su curso inferior hasta la confluencia con el río Chillón, la pendiente es de 7.66 %.

Los recursos hídricos superficiales de la subcuenca Quisquichaca son transportados al río Chillón por una serie de quebradas, lagunas, ríos y puquiales; tal como se muestra en el Mapa N° 2.

Las principales quebradas que aportan al embalse Santiago de Lorococha son las siguientes:

Qda. Chacramito
 Qda. Gasgas.
 Qda. Chinchicay
 Qda. Cushe.

Las lagunas Chupa, Turmanya y Azulcocha se encuentran represadas y sus aguas son empleadas para el riego de las tierras altas de Canta y Carhua.

3. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

3.1 ANÁLISIS METEOROLÓGICO

3.1.1 Variables Climáticas

Los registros de las variables climáticas en las diferentes estaciones de medición contempladas en el presente estudio se muestran en el ANEXO A, los que se comentan a continuación:

3.1.1.1 Temperatura

Existe una relación inversa entre la temperatura y el factor altitudinal, tal como lo indican estudios los realizados por la ONERN. En la subcuenca estudiada, se ha podido apreciar que el clima varía desde el tipo árido semi-cálido (temp. prom. 18 °C), en la parte baja de la cuenca, al tipo muy húmedo y frío (5 °C en promedio), quedando comprendidos entre estos dos extremos, otros tipos de variaciones térmicas que caracterizan a cada uno de los diversos pisos altitudinales de la cuenca.

De la red meteorológica evaluada, ninguna estación mide datos de temperatura dentro de la subcuenca Quisquichaca; por lo que estadísticamente no se puede presentar ningún valor; sin embargo, en base a la información ecológica y relacionando con las estaciones vecinas, se puede determinar para diferentes altitudes lo siguiente:

1150 y 2200 msnm, $T_{\text{promedio}} = 18.0 \text{ } ^\circ\text{C}$
 2200 y 3100 msnm, $T_{\text{promedio}} = 14.4 \text{ } ^\circ\text{C}$
 3100 y 3800 msnm, $T_{\text{promedio}} = 10.0 \text{ } ^\circ\text{C}$
 3800 y 4800 msnm, $T_{\text{promedio}} = 5.0 \text{ } ^\circ\text{C}$
 3800 y 5000 msnm, $T_{\text{promedio}} = 2.0 \text{ } ^\circ\text{C}$

De la red de estaciones, las más cercanas a la subcuenca Quisquichaca que miden datos de temperatura son: Canta y Marcapomacocha. La estación Canta está ubicada a 2832 msnm, su temperatura promedio mensual es de 13 °C, la máxima media mensual de 18 °C y la temperatura mínima media mensual es de 9 °C. La estación Marcapomacocha se encuentra a 4479 msnm, su

temperatura promedio mensual es de 4 °C, la máxima es de 10.5 °C y la mínima de -1.7 °C.

3.1.1.2 Humedad Relativa

No se tiene información sobre humedad relativa en la Subcuenca Quisquichaca, pero se asume, de manera general, que la humedad está ligada al régimen de las precipitaciones pluviales, entendiéndose que a mayores precipitaciones, será mayor el contenido de humedad relativa en la atmósfera y durante la estación de estiaje o ausencia de lluvias, el porcentaje de humedad relativa será menor.

De la red de estaciones, las más cercanas a la subcuenca Quisquichaca que miden humedad relativa son: las estaciones Canta y Marcapomacocha, teniendo valores promedio mensuales de humedad de 78% y 85% respectivamente.

3.1.1.3 Evaporación

No se dispone de información de evaporación en la subcuenca Quisquichaca. La estación vecina más cercana a la cuenca de interés que registra datos de evaporación, es la estación Canta, con una evaporación total anual de 1132 mm.; la estación Canta dispone de información desde el año 1964 hasta la actualidad. Para el presente estudio se disponen registros que datan desde el año 1964 hasta 1972.

3.2 ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO

En la cuenca en estudio sólo existe información pluviométrica de dos estaciones (Lachaqui y Arahua); motivo por el cual, se recurrió al apoyo de estaciones vecinas pertenecientes a las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Mantaro. Los registros históricos de precipitación de las estaciones seleccionadas se muestran en el Cuadro N° 7:

Cuadro N° 7
Información de Precipitación

Estación	Tipo	Este	Norte	Altitud	Propietario	Periodo	Dpto	Prov.	Distrito	Años
Canta	CO	323651	8731926	2832	SENAIM	64-80, 86-02	Lima	Canta	Canta	34
Arahua	PLU	314657	8715280	2800	SENAIM	1980-02	Lima	Canta	Arahua	23
Pariacancha	PLU	336332	8741212	3800	SENAIM	1969-02	Lima	Canta	Huaros	34
Huamantanga	PLU	309125	8728153	3392	SENAIM	1981-02	Lima	Canta	Huamantanga	22
Lachaqui	PLU	323703	8722708	3668	SENAIM	64-72,85,89-90,92-02	Lima	Canta	Lachaqui	23
Huaros	PLU	329066	8739330	3585	Senamhi	1988-2000	Lima	Canta	Huaros	13
Marcapomacocha	CO	356348	8739466	4479	Senamhi	69-77,79-99,02	Junín	Yauli	Marcapomacocha	31
Yantac	PLU	347219	8746797	4600	Senamhi	1969-02	Lima	Yauli	Marcapomacocha	34
Mina Colqui	PLU	338265	8719099	4600	Senamhi	73-78,80-93	Lima	Huarocharí	Huanza	20
Carampoma	PLU	336486	8711716	3489	Senamhi	1965-02	Lima	Huarocharí	Carampoma	38
Autisha	PLU	325635	8702438	2314	Senamhi	1980-02	Lima	Huarocharí	San Antonio	23

El análisis de consistencia de la información pluviométrica se realizó mediante el método de la curva doble masa; las estaciones que mostraron consistencia fueron seleccionadas como patrón y son las siguientes: Arahuay, Huamantanga, Canta, Carampoma, Pariancancha.

En base a la información de dichas estaciones, se determinó los valores de la estación promedio, analizándose la curva doble masa para períodos comunes en las siguientes estaciones: Marcapomacocha, Yantac, Autisha, Lachaqui, Huaros y Mina Colqui, mostrando variaciones significativas las estaciones de Yantac y Austisha, tal como se muestra en los gráficos N° 2, 3 y 4:

Gráfico N° 2

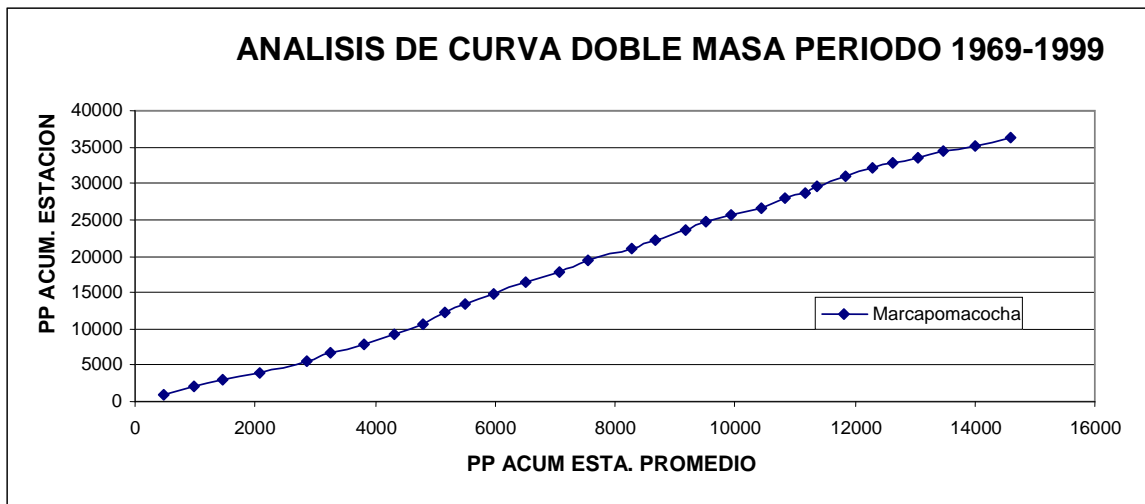


Gráfico N° 3

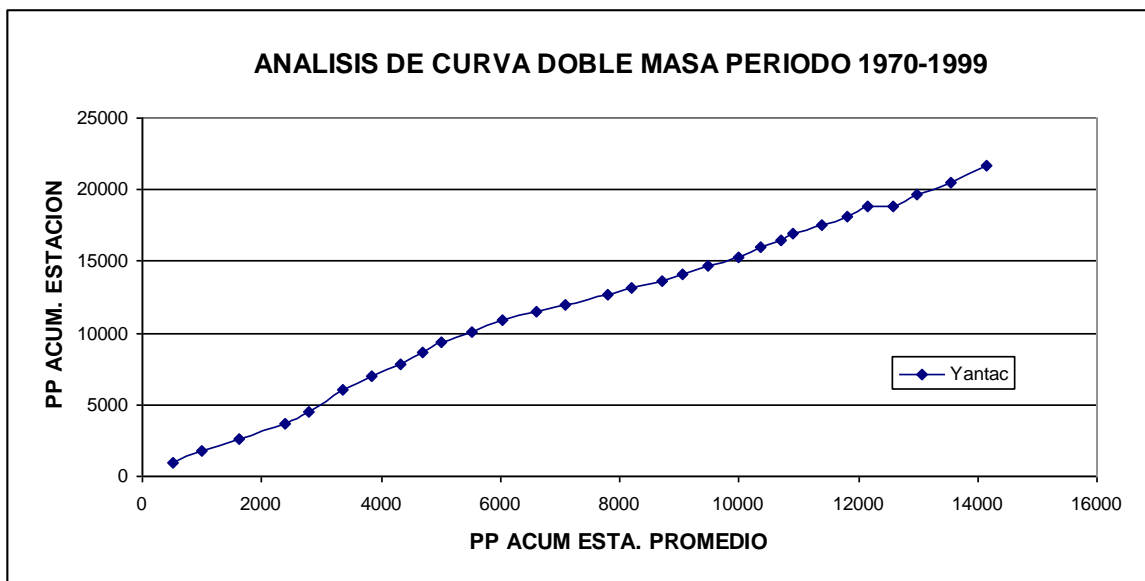
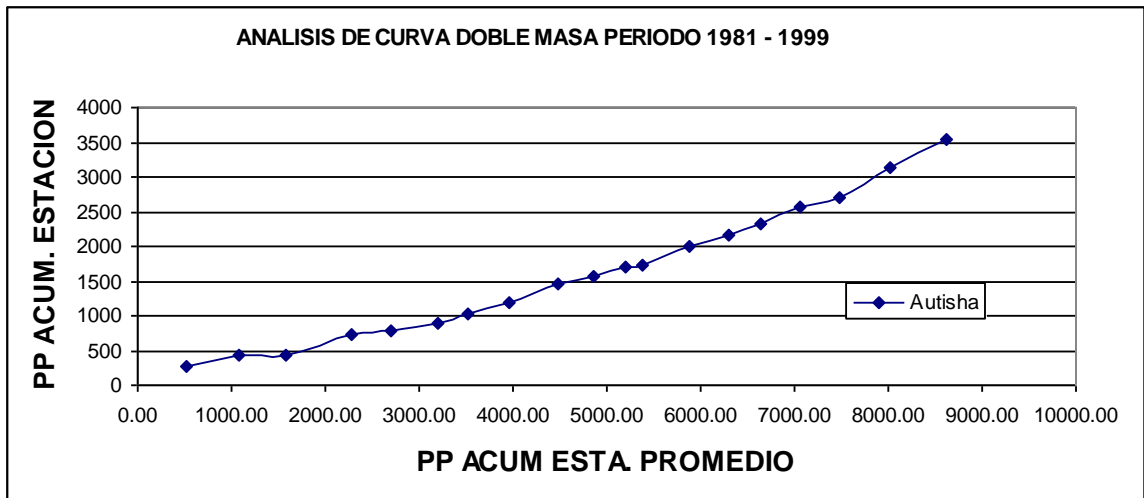


Gráfico N° 4



Así mismo, se analizó la consistencia en la media y la desviación standard para las estaciones Marcapomacocha, Yantac y Autisha:

Estaciones	Períodos de Análisis		Media		Desviación Standard	
	Periodo 1	Periodo 2	Tcal	Ttab	Fcal	Ftab
Marcapomacocha	1969-1978	1979-1999	0.60	2.045	0.60	2.39
Yantac	1970-1983	1984-1999	3.39	2.052	2.01	2.39
Autisha	1981-1990	1991-1999	1.20	2.11	0.5	3.38

En base al análisis de curva doble masa y el método estadístico se procedió a corregir la información histórica de la estación Yantac para el período 1970-1983.

Una vez corregida la información de la estación, se completaron y extendieron los datos para el período 1969-2002 en todas las estaciones, cuyos resultados de registros mensuales se muestran en el Anexo A.

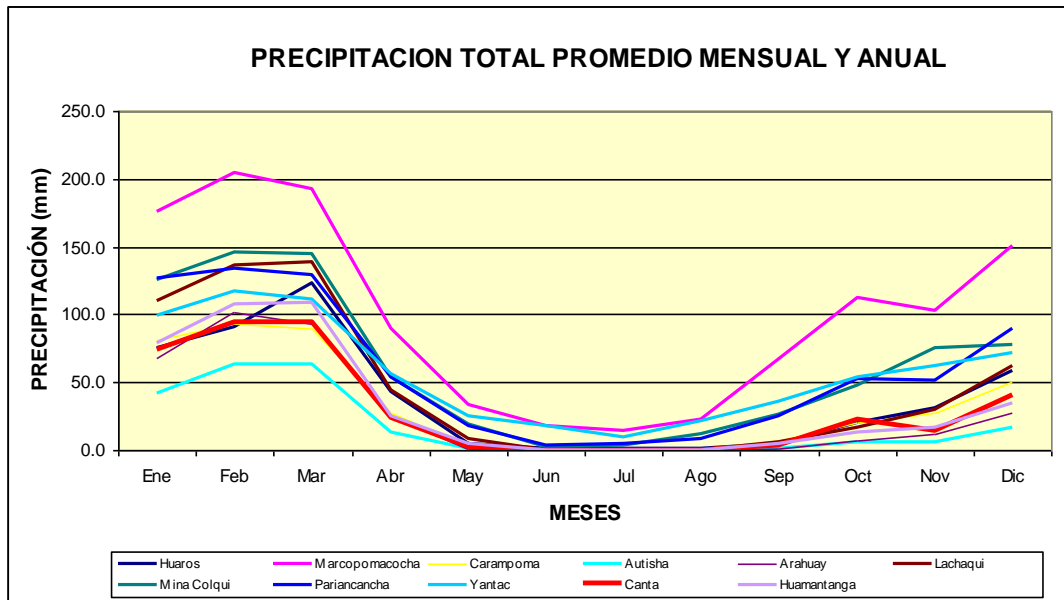
3.2.1 Precipitación Media Anual y Mensual

Se puede observar que en la información completada de las estaciones pluviométricas seleccionadas, las intensidades significativas de precipitaciones se producen en los meses de octubre a abril. El Cuadro N° 8 muestra la precipitación total promedio anual en las estaciones de interés, para el período de registros (1969-2002) y en el gráfico N° 5 se aprecian sus variaciones. La información detallada para cada año del periodo estudiado se encuentra en el ANEXO A.

Cuadro N° 8
Precipitación Total Promedio Anual y Mensual (mm)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Huaros	74.9	91.2	122.7	43.0	4.6	0.6	1.4	1.1	4.5	20.2	30.6	58.9	453.6
Marcopomacocha	175.9	205.0	193.1	89.4	33.1	18.4	14.4	22.7	66.8	112.2	102.3	150.3	1183.6
Carampoma	80.8	93.4	89.9	27.4	3.5	0.3	1.1	1.3	7.1	20.9	27.0	50.4	403.1
Autisha	41.7	63.9	62.9	12.7	1.4	0.0	0.0	0.2	1.3	6.2	5.8	16.7	212.9
Arahuay	68.6	101.2	93.5	25.0	1.7	0.1	0.0	0.0	0.6	7.2	11.4	28.0	337.3
Lachaqui	110.2	136.6	138.2	43.8	8.2	0.0	0.0	0.5	6.1	17.3	29.6	61.9	552.4
Mina Colqui	125.6	146.5	144.8	54.3	18.9	2.4	3.3	12.6	26.8	47.9	74.9	77.9	735.8
Pariancancha	126.9	134.2	129.6	53.9	18.4	3.6	4.7	8.6	25.6	52.7	52.0	89.2	699.3
Yantac	99.7	117.4	110.7	56.8	24.9	17.6	9.7	21.4	36.2	53.6	62.0	72.2	682.2
Canta	73.8	94.3	94.2	23.9	2.1	0.1	0.2	0.2	3.1	22.5	14.8	40.4	369.6
Huamantanga	79.0	107.1	108.4	24.9	5.2	0.0	0.1	0.1	5.3	12.9	16.7	34.5	394.1

Gráfico N° 5

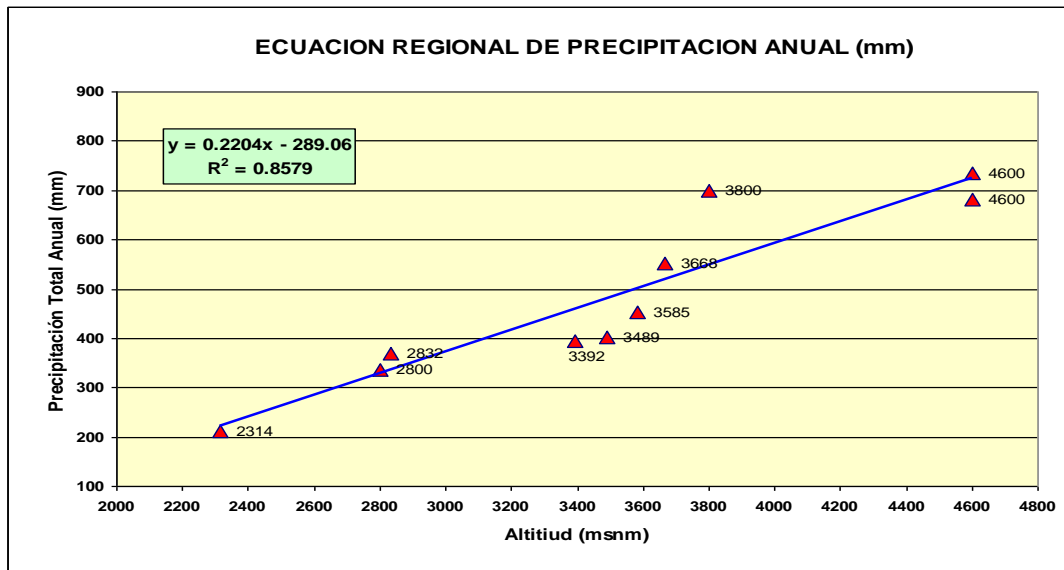


3.2.2 Ecuación Regional de Precipitación

El comportamiento orográfico de las precipitaciones en la región hizo posible desarrollar la ecuación regional, considerando las estaciones seleccionadas para el estudio de la subcuenca Quisquichaca. El coeficiente de correlación obtenido es $R^2 = 0.86$ tal como se muestra en el Cuadro N° 9.

Cuadro Nº 9
Ecuación Regional de Presentación Anual

Estación	Altitud	Ppanual
Autisha	2314	212.9
Arahuay	2800	337.3
Canta	2832	369.6
Huamantanga	3392	394.1
Carampoma	3489	403.1
Huaros	3585	453.6
Lachaqui	3668	552.4
Pariancancha	3800	699.3
Mina Colqui	4600	735.8
Yantac	4600	682.2



3.2.3 Precipitación Areal

Para el cálculo de la distribución areal de precipitación media anual se empleó el método de Isoyetas. Los resultados de precipitación areal anual se obtuvieron a partir del mapa de Isoyetas elaborado para la cuenca del río Chillón desde el Puente Magdalena abarcando la subcuenca del río Quisquichaca. Ver Mapa Nº 3.

Se emplearon 11 estaciones pluviométricas para la elaboración del mapa de isoyetas, cuyo periodo de registros considerado fue del año 1969-2002. Ver Cuadro Nº 8.

La precipitación areal anual en la cuenca del río Chillón a partir del Puente Magdalena es de 454.42 mm y en la subcuenca Quisquichaca y la cuenca colectora de la presa Santiago de Lorococha son de 400.73 y 572.36 mm respectivamente.

El Cuadro Nº 10, 11 y 12 muestra el cálculo de la precipitación media anual de las cuencas de interés.

Cuadro N° 10
Isoyetas Cuenca del Río Chillón

RANGO (mm)		PI(mm)	ÁREA (km ²)	ÁREA*PI
200	250	225	109.10	24547.50
250	300	275	125.68	34562.00
300	350	325	102.86	33429.50
350	400	375	278.13	104298.75
400	450	425	153.02	65033.50
450	500	475	98.10	46597.50
500	550	525	91.94	48268.50
550	600	575	67.76	38962.00
600	650	625	44.13	27581.25
650	700	675	44.32	29916.00
700	750	725	43.22	31334.50
750	800	775	29.06	22521.50
800	850	825	25.93	21392.25
850	900	875	25.02	21892.50
900	950	925	21.42	19813.50
950	1000	975	4.37	4260.75
SUMA			1264.06	574411.50
Precipitación Areal Anual (mm)				454.42

Nota: Cuenca a partir de la estación Puente Magdalena

Cuadro N° 11
Isoyetas Subcuenca del Río Quisquichaca

RANGO (mm)		PI(mm)	ÁREA (km ²)	ÁREA*PI
200	250	225	48.94	11011.50
250	300	275	83.99	23097.25
300	350	325	44.71	14530.75
350	400	375	29.72	11145.00
400	450	425	27.88	11849.00
450	500	475	36.96	17556.00
500	550	525	58.75	30843.75
550	600	575	41.96	24127.00
600	650	625	18.35	11468.75
650	700	675	4.23	2855.25
SUMA			395.49	158484.25
Precipitación Areal Anual (mm)				400.73

Cuadro N° 12
Isoyetas Cuenca Colectora Santiago Lorococha

RANGO (mm)		PI(mm)	ÁREA (km ²)	ÁREA*PI
500	550	525	16.58	8704.50
550	600	575	26.08	14996.00
600	650	625	13.51	8443.75
650	700	675	0.05	33.75
SUMA			56.22	32178.00
Precipitación Areal Anual (mm)				572.36

Nota: no se ha considerado el área de la cuenca de la laguna Chupa (6.53km²)

3.3 ANÁLISIS HIDROMÉTRICO

En la subcuenca Quisquichaca no existen estaciones hidrométricas; motivo por el cual es necesario la generación de caudales. El método empleado para la generación de caudales será el de similitud de cuencas; en el desarrollo de este método, se empleará la información naturalizada de la estación hidrométrica “Puente Magdalena,” que mide los aportes de gran parte de la cuenca del río Chillón incluyendo la subcuenca Quisquichaca, que es de interés para el presente estudio. La estación dispone de registros desde el año 1920 hasta la actualidad. Dicha información ha sido analizada, completada y naturalizada en el “**Estudio Integral de Los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Chillón**” para el período 1949 - 2000. Los registros mensuales por cada año, se datallan en el ANEXO B; así mismo, en el Cuadro N° 13 se muestran las descargas naturalizadas promedio mensuales de la estación hidrométrica Puente Magdalena, ubicada en la parte baja del río Chillón en las Coordenadas UTM 300,164 Este 8707815 Norte a una altitud de 950 msnm, destacando el mes de marzo con un caudal de 24.17 m³/s.

Cuadro N° 13
Descargas Naturalizadas Promedio Mensuales (m³/s)
Puente Magdalena (1949-2000)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
11.47	19.02	24.17	12.24	3.64	2.19	1.50	1.18	0.76	1.08	1.67	4.98	6.99

4. LA OFERTA DE AGUA

En la situación actual, la subcuenca Quisquichaca es parcialmente regulada y las lagunas represadas son empleadas en el riego de las tierras altas; éstas son las lagunas de Chupacocha y Turmanyacocha, para la zona de Canta; Azulcocha para la zona de Carhua y; Quinán para la zona de Lachaqui. La operación de estas lagunas está a cargo de los usuarios de los distritos beneficiados.

En la situación proyectada, se ha planteado la regulación del resto de la subcuenca, mediante el represamiento de la laguna Santiago de Lorococha y su derivación a través de dos conductos ubicados en las márgenes derecha e izquierda del río Quisquichaca, para atender la demanda de agua de las comunidades de: Lachaqui, Cachua, Viscas Bella Vista, Pampacocha Yaso, San Lorenzo de Cochabamba y Anayca Collo.

4.1 GENERACIÓN DE CAUDALES POR SIMILITUD DE CUENCAS

Este método se basa en la relación entre el área total de la cuenca con información hidrométrica y la cuenca sin información; así como, de la relación de las precipitaciones totales medias de ambas cuencas. Dicho método es aplicable cuando las cuencas presentan similitud en los parámetros fisiográficos, climáticos, pisos altitudinales, geomorfología y cobertura vegetal, aún cuando las áreas sean diferentes.

La relación utilizada se traduce en la siguiente ecuación (1):

$$Q_{Cuencad\acute{a}nteres} = Q_{cuencaco\grave{m}informaci\acute{o}n} * \frac{\acute{A}rea_{Cuencad\acute{a}nteres} * Precipitaci\acute{o}n_{Cuencad\acute{a}nteres}}{\acute{A}rea_{cuencaco\grave{m}informaci\acute{o}n} * Precipitaci\acute{o}n_{cuencaco\grave{m}informaci\acute{o}n}}$$

En nuestro caso, la cuenca con informaci3n de caudales, es la del r3o Chill3n a partir de la estaci3n Hidrom3trica "Puente Magdalena", cuyos datos de 3rea, precipitaci3n y caudal son los siguientes:

$$A = 1264.06 \text{ km}^2$$

$$PP = 454.42 \text{ mm}$$

$$Q = 6.99 \text{ m}^3/\text{s}$$

Los datos b3sicos de la cuenca sin informaci3n de caudal, correspondientes a las subcuencas son los siguientes:

a) Subcuenca Quisquichaca:

$$A = 395.49 \text{ km}^2,$$

$$P = 400.73 \text{ mm}$$

De la ecuaci3n (1):

$$Q = \frac{6.99 * 395.49 * 400.73}{1264.06 * 454.42}$$

$$Q = 1.93 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Cuenca Colectora de la Presa Santiago de Lorococha:

$$A = 56.22 \text{ km}^2,$$

$$P = 572.36 \text{ mm}$$

Nota: Se ha descontado el 3rea de la cuenca colectora de la presa Chupacocha (6.53 km²)

De la ecuaci3n (1):

$$Q = \frac{6.99 * 56.22 * 572.36}{1264.06 * 454.42}$$

$$Q = 0.39 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1.1 Variabilidad de las descargas mensuales

El análisis de la variabilidad de las descargas mensuales de un río, permite evaluar su comportamiento hidrológico en un determinado período y; consecuentemente, distinguir entre otros aspectos, los años húmedos y secos y dentro de ellos sus valores críticos. Una forma de visualizar esta variabilidad, es utilizando valores adimensionales, resultantes de la comparación entre el valor mensual y el promedio anual del período de análisis.

La aplicación práctica de este análisis está dada por la posibilidad de generar una secuencia de descargas mensuales en cualquier punto de interés, a través de una relación con el caudal medio anual calculado. Este procedimiento equivale a la transposición del registro de una estación hidrométrica; en nuestro caso, la estación Puente Magdalena a un punto de interés no medido.

En el Cuadro N° 14 se muestran las descargas promedio generadas.

Cuadro N° 14
Descargas Generadas Promedio Mensuales
Subcuenca Quisquichaca (1949-2000)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
3.16	5.24	6.66	3.37	1.00	0.60	0.41	0.33	0.21	0.30	0.47	1.42	1.93

Descargas Generadas Promedio Mensuales
Cuenca Colectora de la Presa Santiago de Lorococha (1949-2000)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
0.64	1.06	1.35	0.68	0.20	0.12	0.08	0.07	0.04	0.06	0.09	0.29	0.39

En el ANEXO B se muestra la serie mensual para el período 1949-2000 que ha sido generada para los diferentes puntos de interés.

4.2 DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA CUENCA COLECTORA DE LA PRESA SANTIAGO DE LOROCOCHA

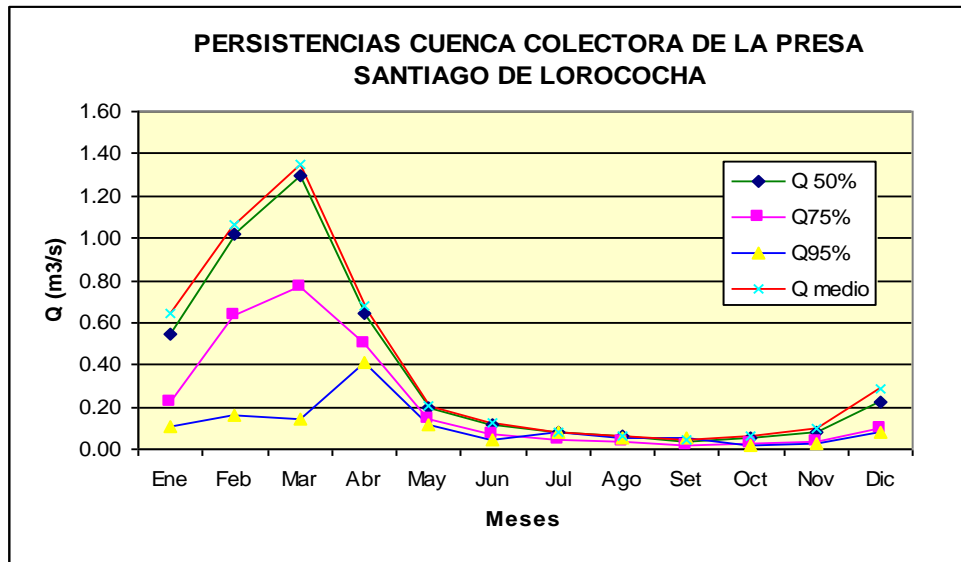
Las disponibilidades hídricas de la cuenca colectora de la Presa Santiago de Lorococha corresponden a las descargas que se han generado por el método de similitud de cuencas, que dispone de una serie generada de 1949 – 2000.

Se han calculado las persistencias al 95%, 75% y 50% por el método de Weibull, resultando para el 75% de persistencia un caudal de 0.22 m³/s anual. Ver Anexo B.

En el Cuadro N° 15 se muestra las descargas mensualizadas para diferentes persistencias.

Cuadro N° 15
Disponibilidad Hídrica Cuenca Colectora Santiago de Lorococha (m³/s)

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Q medio	0.64	1.06	1.35	0.68	0.20	0.12	0.08	0.07	0.04	0.06	0.09	0.29	0.39
Q50%	0.55	1.02	1.30	0.64	0.19	0.12	0.08	0.06	0.04	0.06	0.08	0.22	0.36
Q75%	0.22	0.63	0.77	0.50	0.14	0.07	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.10	0.22
Q95%	0.11	0.16	0.14	0.42	0.11	0.04	0.08	0.05	0.05	0.02	0.03	0.08	0.11



5. CAUDALES MÁXIMOS

La estimación de las descargas máximas para diferentes períodos de retorno, ha sido cuantificada aplicando el procedimiento de cálculo regional, basado en las Curvas Envolventes de Creager.

Este método inicialmente desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica por W. Creager, estableció una curva envolvente de una serie de observaciones de descargas máximas. Esta curva es de la forma:

$$Q = 46 \times C \times A^n$$

$$n = 0.894 \times A^{(-0.048)}$$

Donde:

- Q = Descarga máxima en pies³/s.
- A = Área de la cuenca en millas²
- C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca.

Ante la ausencia de mediciones hidrométricas, profesionales de la Cooperación Energética Peruana-Alemana y de la ex-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ex-ONERN), adecuaron para su aplicación en el país, las

relaciones anteriores, con el objetivo de realizar el análisis regional de avenidas.

La fórmula de Creager puede expresarse en función del área de la cuenca y el período de retorno:

$$Q_{\max} = (C_1 + C_2) \log(T) A^{mA^{-n}}$$

Donde:

Q_{\max} = caudal máximo en m³/s
 T = período de retorno en años
 A = Área de la cuenca en Km²

Para la Región N° 4, donde se ubica la cuenca de interés, se tienen los valores: C₁ = 0.09, C₂ = 0.36, m = 1.24 y n = 0.04.

Las descargas máximas calculadas para la cuenca colectora de la presa en estudio, arroja los valores que se presentan en el Cuadro N° 16.

Cuadro N° 16
Caudales máximos

Tr (años)	Cuenca Colectora de la presa Santiago de Lorochocha A= 62.75 km ²	
	Qmax m ³ /s	Rendimiento m ³ /s/km ²
10 000	139	2.22
1000	105	1.67
500	94	1.50
200	80	1.28
100	70	1.11
50	59	0.94
10	35	0.56
5	24	0.39

5.1 EFECTO REGULADOR DEL EMBALSE SANTIAGO DE LOROCOCHA

El efecto regulador del embalse, permite conocer la avenida de diseño del aliviadero. La avenida de afluencia al reservorio sufre un amortiguamiento por el volumen almacenado en la presa, por lo cual se necesita determinar el nivel de agua en el reservorio en el momento que se produce la avenida, la forma de ésta y la variación del área en relación al nivel del embalse.

La curva de los gastos de las aportaciones en relación al tiempo, está representada por el hidrograma de la avenida del proyecto; el gasto de descarga está representado por la curva de la descarga del vertedero en función de la elevación del nivel de la superficie del vaso. Ver gráfico N° 6.

Para el cálculo del efecto regulador se han considerado las siguientes hipótesis:

- El embalse se encuentra totalmente lleno en el momento que se presenta la avenida para un período de retorno de 500 años con un caudal de 94 m³/s.
- Se ha considerado diferentes longitudes del vertedero L = 10 , 15, 20
- El embalse tiene una capacidad total de 1.26 MMC y la cota máxima del vertedero se encuentra en la 3774 msnm.

El tránsito de la avenida para el caudal con tiempo de retorno 500 años y diferentes longitudes de vertedero se muestran en los Cuadros N° 17, 18 y 19.

Cuadro N° 17

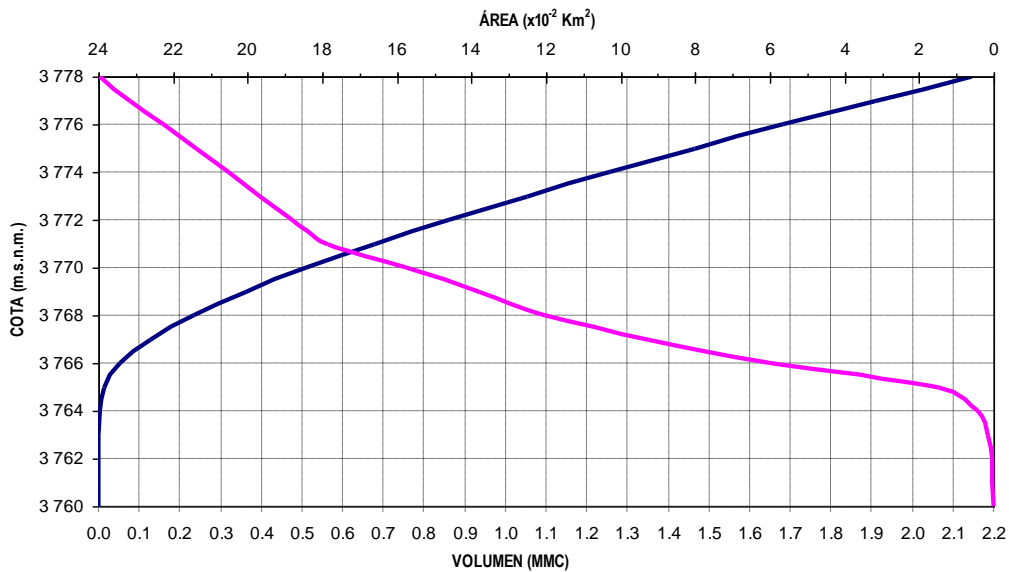
EMBALSE SANTIAGO DE LOROCOCHA
TRÁNSITO DE AVENIDAS
VT = 1.26 MMC;

CASO 1 : CAUDAL : Q500 = 94 m³/s ; LONGITUD DEL VERTEDERO : L = 10 m.

Tiempo t (horas)	Incremento de Tiempo +t (horas)	Gasto de Entrada		Volumen de Entrada Vi (MMC)	Elevación de Tanteo H1 (m)	Gasto de Salida Qo = C*L*H ^{1.5} ; C = 2		Volumen de Salida Vo (MMC)	Variación de Alma - cenamiento ±v (MMC)	Almacena - miento Total Vt (MMC)	Cota Z (m.s.n.m.)	Elevación Final (m)	
		Inicial Qi (m ³ /s)	Promedio Qxi (m ³ /s)			Inicial Qo (m ³ /s)	Promedio Qxo (m ³ /s)						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
1	0.00	0.00								1.26	3774.00		
2	0.10	0.10	1.41	0.71	0.00	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	1.26	3774.02	0.02
3	0.19	0.10	7.05	4.23	0.00	0.02	0.07	0.06	0.00	0.00	1.26	3774.02	0.02
4	0.29	0.10	15.04	11.05	0.00	0.04	0.17	0.12	0.00	0.00	1.26	3774.04	0.04
5	0.39	0.10	26.32	20.68	0.01	0.08	0.43	0.30	0.00	0.01	1.27	3774.08	0.08
6	0.49	0.10	40.42	33.37	0.01	0.13	0.95	0.69	0.00	0.01	1.28	3774.13	0.13
7	0.58	0.10	56.40	48.41	0.02	0.21	1.93	1.44	0.00	0.02	1.30	3774.21	0.21
8	0.68	0.10	72.38	64.39	0.02	0.31	3.51	2.72	0.00	0.02	1.32	3774.31	0.31
9	0.78	0.10	83.66	78.02	0.03	0.43	5.74	4.62	0.00	0.03	1.34	3774.44	0.44
10	0.88	0.10	91.18	87.42	0.03	0.57	8.56	7.15	0.00	0.03	1.37	3774.57	0.57
11	0.97	0.10	94.00	92.59	0.03	0.70	11.79	10.18	0.00	0.03	1.40	3774.70	0.70
12	1.07	0.10	92.12	93.06	0.03	0.83	15.20	13.50	0.00	0.03	1.43	3774.83	0.83
13	1.17	0.10	86.48	89.30	0.03	0.95	18.54	16.87	0.01	0.03	1.45	3774.95	0.95
14	1.27	0.10	78.96	82.72	0.03	1.05	21.56	20.05	0.01	0.02	1.48	3775.05	1.05
15	1.36	0.10	70.50	74.73	0.03	1.13	24.18	22.87	0.01	0.02	1.49	3775.13	1.13
16	1.46	0.10	61.10	65.80	0.02	1.20	26.28	25.23	0.01	0.01	1.51	3775.20	1.20
17	1.56	0.10	53.58	57.34	0.02	1.25	27.88	27.08	0.01	0.01	1.52	3775.25	1.25
18	1.75	0.19	40.42	47.00	0.03	1.31	29.86	28.87	0.02	0.01	1.53	3775.31	1.31
19	1.95	0.19	30.08	35.25	0.02	1.32	30.42	30.14	0.02	0.00	1.54	3775.32	1.32
20	2.14	0.19	22.56	26.32	0.02	1.31	30.00	30.21	0.02	0.00	1.53	3775.31	1.31
21	2.34	0.19	16.92	19.74	0.01	1.28	28.93	29.47	0.02	-0.01	1.53	3775.28	1.28
22	2.53	0.19	12.22	14.57	0.01	1.24	27.46	28.19	0.02	-0.01	1.52	3775.24	1.24
23	2.73	0.19	9.21	10.72	0.01	1.18	25.77	26.61	0.02	-0.01	1.51	3775.18	1.18
24	2.92	0.19	7.05	8.13	0.01	1.13	24.05	24.91	0.02	-0.01	1.49	3775.13	1.13
25	3.41	0.49	3.38	5.22	0.01	1.00	19.88	21.96	0.04	-0.03	1.46	3775.00	1.00
26	3.90	0.49	1.69	2.54	0.00	0.87	16.23	18.05	0.03	-0.03	1.44	3774.87	0.87
27	4.38	0.49	0.85	1.27	0.00	0.76	13.27	14.75	0.03	-0.02	1.41	3774.76	0.76
28	4.87	0.49	0.38	0.61	0.00	0.67	10.89	12.08	0.02	-0.02	1.39	3774.67	0.67

Gráfico N° 6

RELACION ALTURA - AREA - ALMACENAMIENTO



En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los caudales máximos transitados para las distintas longitudes de vertedero.

Longitud de Vertedero (m)	Qmax (m ³ /s)	Hmax (m)
L=10	30.42	1.32
L=15	38.55	1.18
L=20	44.72	1.1

6. CONCLUSIONES

- La cuenca colectora del embalse Santiago de Lorococha, forma parte de la subcuenca del río Quisquichaca y políticamente se encuentra en la provincia de Canta distritos de Lachaqui y Canta pertenecientes al departamento de Lima, abarca una extensión de 62.75 km².
- En la subcuenca Quisquichaca existen dos estaciones meteorológicas (Lachaqui y Arahuy) y ninguna estación hidrométrica. Para el análisis de la precipitación areal se han utilizado 9 estaciones meteorológicas de cuencas vecinas.
- En la subcuenca Quisquichaca se han identificado 5 formaciones ecológicas que están asociadas a un tipo climático que varía desde árido y semi-cálido a pluvial y gélido.
- En la subcuenca Quisquichaca la temperatura promedio varía desde 18 °C, en la parte baja de la cuenca, a 5 °C en promedio en zonas altas. La temperatura varía según los pisos altitudinales de la cuenca.

- La distribución de precipitación areal anual en la subcuenca Quisquichaca según el método isoyetas es de 400.73 mm; mientras que en la cuenca colectora de la presa Santiago de Lorococha es de 572.36 mm.
- El sector de mayor precipitación está comprendido entre las cotas 4200 y 5000 msnm con precipitaciones que oscilan entre 550 y 700 mm al año.
- El caudal medio anual generado en la subcuenca Quisquichaca es de 1.93 m³/s y en la cuenca colectora de la presa Santiago de Lorococha es de 0.39 m³/s anual presentándose la mayor descarga en el mes de marzo con un promedio de 1.35 m³/s..Además el promedio de los tres primeros meses es de 1 m³/s.
- La disponibilidad hídrica anual de la cuenca colectora de la presa Santiago de Lorococha al 75% de persistencia es de 0.216 m³/s.(6.82 MMC anuales)
- El caudal máximo para un periodo de retorno de 500 años en la zona del embalse es de 94 m³/s.