

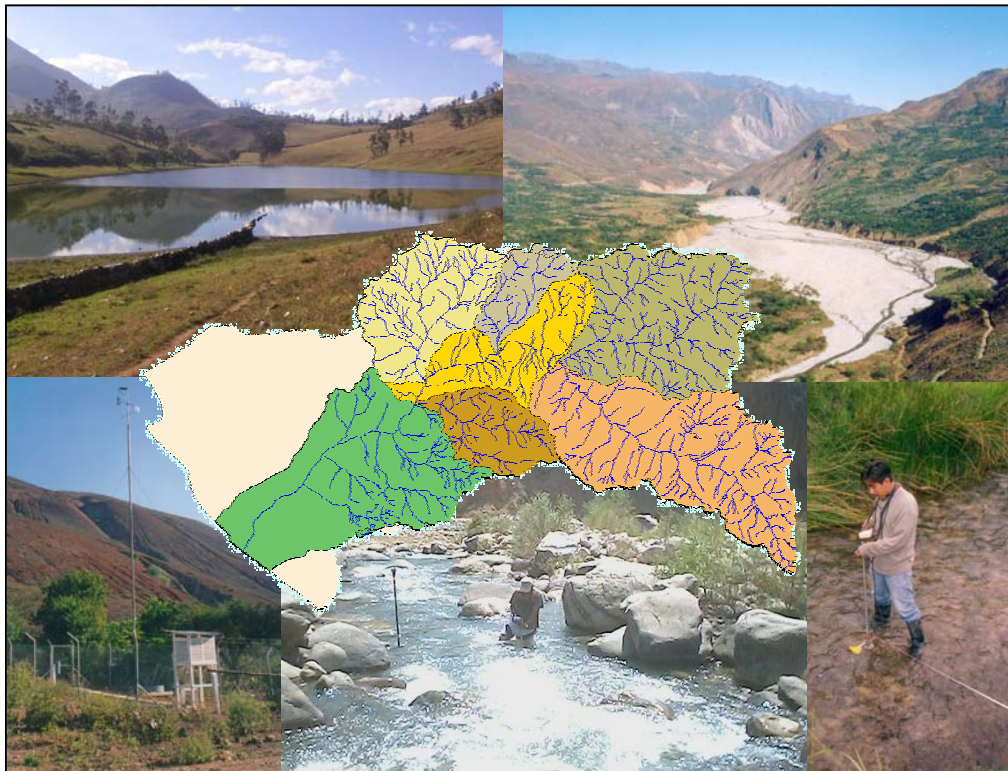


**MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
INTENDENCIA DE RECURSOS HÍDRICOS
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO CHICAMA**



EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA - HIDROLOGÍA

ESTUDIO HIDROLÓGICO



VOLUMEN I: MEMORIA

La Libertad, Octubre 2003

***EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL
RÍO CHICAMA – HIDROLOGÍA***

EQUIPO DE TRABAJO

Ing. Víctor Leandro *Jefe de Proyecto*

**Equipo Ejecutor
Administración Técnica del Distrito de Riego Chicama**

Ing. Daniel Bernabé Loyaga Torres *Coordinador de Hidrología*
Ing. Carlos Antonio Salcedo Carhuaz *Responsable del Inventario de fuente de Agua*
Ing. Silvia Sachiko Ramos Tamayo *Especialista SIG*
Ing. Luis Alberto Villegas Rodríguez *Asistente*

**Equipo Asesor y Supervisor
Intendencia de Recursos Hídricos
Dirección de Recursos Hídricos**

Ing. Mario Aguirre Núñez *Director de Recursos Hídricos*
Ing. Víctor Leandro *Responsable del Área de Hidrología*
Ing. Aldrin Contreras *Hidrología*
Ing. Edwin Quispe *Programador Sistema de
Información Hidrológica (SIH)*

VOLUMEN I : MEMORIA**INDICE**

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.2.1 General	1
1.2.2 Específico	1
1.3 METODOLOGÍA	2
1.3.1 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN SIG.....	2
1.3.2 PROGRAMAS EMPLEADOS	4
1.3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS O CONCEPTOS	6
1.4 ESTUDIOS ANTERIORES REALIZADOS	6
2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA.....	7
2.1 UBICACIÓN	7
2.1.1 Geográfica	7
2.1.2 Hidrográfica.....	7
2.1.3 Política	7
2.1.4 Administrativa	7
2.2 DIVISIÓN HIDROGRÁFICA Y SUPERFICIE	7
2.3 CARTOGRAFÍA	8
2.4 VÍAS DE ACCESO.....	9
2.5 RED DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS	9
2.6 ECOLOGÍA.....	12
2.7 GEOLOGÍA.....	12
2.8 GEOMORFOLOGÍA.....	13
2.9 SUELOS.....	14
2.10 COBERTURA VEGETAL.....	15
2.11 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS	16
2.12 SISTEMA HIDROGRÁFICO	18
2.12.1 Subcuenca río Huancay	18
2.12.2 Subcuenca Río Chuquillanqui	19
2.12.3 Subcuenca Río Ochape.....	20
2.12.4 Subcuenca Río Santanero.....	20
2.12.5 Subcuenca Río Quirripano	21
2.12.6 Subcuenca Media	21
2.12.7 Subcuenca Baja.....	22
3. DESCRIPCIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO	23
3.1 UBICACIÓN	23
3.1.1 Política	23

3.1.2	Administrativa	23
3.2	ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA	23
3.3	ORGANIZACIÓN DE USUARIOS	24
3.4	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	25
4.	ANÁLISIS METEOROLÓGICO	26
4.1	VARIABLES CLIMÁTICAS	26
4.1.1	Temperatura	26
4.1.2	Humedad Relativa	26
4.1.3	Horas de Sol	27
4.1.4	Velocidad del Viento	27
4.1.5	Evaporación	27
4.2	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	27
4.2.1	Evapotranpiración en el valle.....	27
4.2.2	Evapotranpiración en la CUENCA.....	29
5.	ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO	30
5.1	RED DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS	30
5.1.1	Registros históricos	30
5.1.2	Funcionamiento	30
5.1.3	Implementación de nuevas estaciones	32
5.2	ANÁLISIS DE CONSISTENCIA.....	34
5.2.1	Análisis Gráfico	34
5.2.2	Análisis de doble masa y análisis estadístico de saltos	34
5.3	COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE REGISTROS.....	38
5.4	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL Y MENSUAL.....	40
5.5	ECUACIÓN REGIONAL DE PRECIPITACIÓN	43
5.6	PRECIPTACION AREAL	45
5.6.1	Media Anual	45
5.6.2	Media Mensual.....	46
5.6.3	Mensual Histórica	47
6.	ANÁLISIS HIDROMÉTRICO	48
6.1	RED DE ESTACIONES HIDROLÓGICAS	48
6.1.1	Registros históricos	48
6.1.2	Funcionamiento	48
6.1.3	Implementación de nuevas estaciones hidrométricas.....	50
6.1.4	Implementación de puntos de control.....	51
6.2	ANÁLISIS DE CONSISTENCIA.....	53
6.2.1	Análisis Gráfico	53
6.2.2	Análisis de Doble Masa	53

6.3	COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE REGISTROS.....	55
6.4	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	56
7.	DISPONIBILIDAD HÍDRICA.....	57
7.1	MODELOS MATEMÁTICOS.....	57
7.1.1	Modelo Estocástico Parma	57
7.1.2	Modelo Precipitación – Escorrentía del Numero De Curva.....	60
7.2	DISPONIBILIDAD HÍDRICA SUPERFICIAL EN EL VALLE.....	70
7.2.1	Serie histórica	70
7.2.2	Serie generada por modelo estocástico.....	70
7.2.3	Disponibilidad adoptada	71
7.3	DISPONIBILIDAD HÍDRICA SUPERFICIAL POR SUBCUENCAS.....	73
7.3.1	Caudales específicos.....	73
7.3.2	Disponibilidad.....	73
7.4	EXPLOTACIÓN HÍDRICA SUBTERRANEA	75
7.5	DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE AGUA DE RECUPERACIÓN.....	76
8.	DEMANDA DE AGUA	77
8.1	EFICIENCIA DE RIEGO	77
8.1.1	Eficiencia de Conducción	77
8.1.2	Eficiencia de Distribución.....	77
8.1.3	Eficiencia de Aplicación	77
8.1.4	Eficiencia de Riego	78
8.2	CEDULA DE CULTIVOS	78
8.3	EVAPOTRANPIRACIÓN POTENCIAL.....	82
8.4	COEFICIENTES DE CULTIVO.....	82
8.5	MODULO DE RIEGO.....	84
8.6	DEMANDA AGRICOLA	86
8.6.1	Demanda de Agua Actual del Valle de Chicama.....	86
8.6.2	Demanda de Agua Proyectada del Valle de Chicama	87
8.7	DEMANDA DE USOS NO AGRARIOS	87
9.	RECARGA DEL ACUÍFERO.....	88
9.1	Recarga de zona húmeda.....	88
9.2	Recarga de zona seca	89
9.2.2	Infiltración en el lecho del río.....	90
9.2.3	Infiltración en canales de riego.....	90
9.2.4	Infiltración en zonas de cultivo.....	91
10.	ANÁLISIS DE SEQUÍA	93
11.	ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE MÁXIMAS	94

11.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS HISTÓRICAS	94
11.1.2 Frecuencias de máximas para un periodo de retorno	94
11.1.3 Precipitación areal máxima diaria por subcuenca	95
11.2 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS	96
12. BALANCE HÍDRICO	97
13. DESCRIPCIÓN DEL ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO ACTUAL DE LA CUENCA	102
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105

ANEXOS

VOLUMEN II : ANEXO DE CÁLCULO

- ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS
- ANEXO 2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL
- ANEXO 3. PRECIPITACIÓN AREAL
- ANEXO 4. CAMPAÑAS DE AFORO
- ANEXO 5. NUMERO DE CURVA
- ANEXO 6. ANÁLISIS DE PERSISTENCIA
- ANEXO 7. ANÁLISIS DE SEQUÍA
- ANEXO 8. ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS
- ANEXO 9. ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS
- ANEXO 10. BALANCE HÍDRICO

VOLUMEN III : REGISTROS HISTÓRICOS

- REGISTRO HISTÓRICO 1. METEOROLÓGICOS
- REGISTRO HISTÓRICO 2. PLUVIOMÉTRICOS
- REGISTRO HISTÓRICO 3. HIDROMÉTRICOS

VOLUMEN IV : REGISTROS GENERADOS

- REGISTRO GENERADO 1. PLUVIOMÉTRICOS COMPLETADOS
- REGISTRO GENERADO 2. PRECIPITACIÓN AREAL
- REGISTRO GENERADO 3. HIDROMÉTRICOS COMPLETADOS
- REGISTRO GENERADO 4. CAUDALES GENERADOS POR MODELO ESTOCÁSTICO
- REGISTRO GENERADO 5. CAUDALES GENERADOS POR MODELO PRECIPITACIÓN - ESCORRENTÍA

VOLUMEN V : MAPAS

- 1. Mapa Base
- 2. División Hidrográfica y Subcuencas
- 3. Demarcación Política en la Cuenca del río Chicama
- 4. Ubicación Administrativa de la Cuenca
- 5. Climático - Ecológico
- 6. Geológico
- 7. Geomorfológico
- 8. Capacidad de Uso
- 9. Grandes Grupos de Suelos

10. Cobertura Vegetal
 11. Clasificación Ordinal de ríos
 12. Características Fisiográficas
 13. Sistema Hidrográfico
 14. Red de estaciones hidrometeorológicas
 15. Precipitación media mensual y anual
 16. Distribución de Precipitación areal media anual y mensual (Noviembre - Abril)
 17. Distribución de Precipitación areal media anual y mensual (Marzo - Octubre)
 18. Precipitación areal media anual y mensual
 19. Suelo Hidrológico
 20. Actualización de la cobertura vegetal para fines hidrológicos
 21. Número de Curva
 22. Máxima Avenida (TR)
 23. Caudales específicos
 24. Ubicación de puntos de aforo
-
-

1. INTRODUCCIÓN

La escasez del recurso hídrico en el Distrito de Riego Chicama a conducido a los usuarios y al propio estado a la búsqueda de fuentes de agua alternativas del recurso, siendo así que se han desarrollado importantes inversiones para incrementar la oferta de agua mediante el traslado de aguas procedentes de la cuenca del río Santa en lo que corresponde a la III Etapa del Proyecto especial CHAVIMOCHIC, el cual se encuentra actualmente como un proyecto, del mismo modo también se hace énfasis para la explotación de aguas subterráneas y aguas de recuperación.

Esta problemática hace evidente la necesidad del uso óptimo, racional y sostenible del recurso hídrico enmarcado 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 Chicama y la Intendencia de Recursos Hídricos (IRH) del INRENA en coordinación con las Organizaciones de Usuarios, han programado para el año 2003 la ejecución del proyecto "Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Chicama"

El Proyecto esta compuesto por cuatro estudios:

- ✓ Hidrología
- ✓ Aguas Subterráneas
- ✓ Calidad de Aguas
- ✓ Evaluación de Sistema de Riego

Siendo material del presente informe el Estudio Hidrológico de la cuenca del río Chicama como parte de la componente de Hidrología y que nos proporcionara información procesada y evaluada del recurso hídrico para ser empleada en la distribución, diseño y dimensionamiento de las obras hidráulicas proyectadas como son: captación, conducción, obras de arte, regulación, excedencia, etc., así como el requerimiento de agua en cada uno de los sectores, con la finalidad de definir el abastecimiento del recurso hídrico en el sistema de riego de la cuenca.

Para ello deberá precisarse: la disponibilidad de agua, el requerimiento de agua para el plan agrícola (cedula de cultivo) que se plantea, los derechos de uso de agua de terceros, balance hídrico, características, de las avenidas y los periodos de sequía..

1.1 ANTECEDENTES

Como antecedente se encuentran Estudios y Proyecto realizados en la Cuenca Chicama desarrollados ante la necesidad de hacer mejoras en el uso Racional del Recurso Hídrico, tal es el caso del Estudio Realizado por la ONERN el año de 1973 que constituye el estudio técnico más completo de la Cuenca. Así también se debe mencionar que el Inventario de Lagunas a Nivel Nacional realizado por la ONERN en el año de 1997 constituye una base de datos importante, así como los estudios realizado por el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

- ✓ Desarrollar las herramientas básicas para la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Chicama

1.2.2 Específico

- ✓ Determinación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Chicama
- ✓ Determinación del balance hídrico
- ✓ Características de los periodos de avenida y sequía

1.3 METODOLOGÍA

El desarrollo del estudio esta basado íntegramente en los estudios anteriores afines, la información hidrometeorológica recopilada y los mapas temáticos obtenidos.

Esta información se afianza con el reconocimiento de la cuenca en cuestión, fase de campo que ejecuta conjuntamente con la parte de Hidrología llamada Inventario de fuentes de agua superficial.

La sistematización y cálculos de la información recopilada se desarrollan con herramientas computacionales.

Luego se desarrolla la modelación matemática que simulen algún comportamiento hidrológico y/o estadístico requerido, usando para este también herramientas computacionales.

Los resultados de la recopilación, reconocimiento de campo, sistematización, cálculos y modelación se presentan en una memoria final con sus anexos que muestran los registros históricos y generados, los cálculos desarrollados y los mapas preparados para éste.

A continuación se detallan la metodología empleada para la sistematización, luego del cual se enumeran los programas empleados en el presente estudio y se facilita una definición de términos usados.

1.3.1 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN SIG

La sistematización de la información se realizo de la siguiente manera:

Recopilación de Datos:

En esta etapa se busco toda la información perteneciente a la cuenca del río Chicama en los diferentes estudios realizados e información básica de la cuenca.

Selección de datos:

Se depura la información no valida o poco consistente para utilizar las más actualizadas y consistentes.

Delimitación de la Cuenca, Subcuencas y Microcuencas:

La información digital de las cartas nacionales son unidas para formar un solo bloque la cual es empleada para la delimitación de la cuenca hidrográfica y sus respectivas subcuencas y microcuencas.

La delimitación no es igual al área delimitada por las ATDR que son para fines administrativas especialmente en la parte baja o Valle como se le considera.

La delimitación de la cuenca y subcuencas fue realizada además de utilizar el método del divortium Aquarium, la observación de campo. La cual fue empleada por ambos estudios, pero el de inventario requiere más detalle por lo cual también requiere la delimitación a nivel de Microcuencas.

Información Temática:

La información temática tuvo que ser estandarizada para las proyecciones que se trabajo en la Cuenca, además la mayoría de planos temáticos, tuvieron que ser escaneados y digitalizados, luego georeferenciados para ingresar posteriormente la base de datos.

Centros Poblados:

La información de Centro Poblado se obtuvo de Perú-Digital 99, por poseer una información de dos fuentes como son: IGN y INEI.

La información tenia varios errores en cuanto actualización por lo cual se solicito la ayuda del Sr. Alfredo Alva Castillo (Técnico Agropecuario del ATDR - Chicama), por tener un amplio conocimiento de la zona de estudio y se observo dos informaciones iguales pero en diferentes ubicaciones, por lo cual se seleccionó la mas adecuada, dependiendo de su categoría y ubicación con

criterios lógicos.

De los 1033 Ccpp, solo se quedo con 733, que se subdividen en:

- ✓ Centros Poblado
- ✓ Pueblo Joven
- ✓ Caserío
- ✓ Anexo

Información Vial:

La clasificación se basa de acuerdo a la Superficie de Rodadura, existente en la zona.

- ✓ Asfaltado
- ✓ Afirmado
- ✓ Sin Afirmar
- ✓ Trocha Carrozable
- ✓ Camino de Herradura
- ✓ Pista de aterrizaje.

Además de la localización de los Estructuras Hidráulicas tales como:

- ✓ Puentes
- ✓ Aeropuerto
- ✓ Caleta
- ✓ Puerto

Productos logrados:

La información digital de la cuenca con todas sus características, es un producto de vital importancia para los diversos usos que se les pueda dar, además del mapa base y los temáticos obtenidos de la cuenca.

Una actualizada de base de datos que se enlaza a las imágenes fotográficas de los diferentes puntos, es una muestra de la importancia de la Sistematización, además del modelo en 3D de la cuenca.

Como también la facilidad de poder hacer consultas y gráficos estadísticos de los diferentes aspectos del estudio hidrológico.

Especificaciones Técnicas de la Información:

- ✓ Unidades métricas.
- ✓ El datum empleado es WGS84
- ✓ La proyección es UTM
- ✓ Zona 17

Softwares Utilizados:

- ✓ Arcview 3.2
- ✓ Pc Arc/Info 3.5.1
- ✓ Autocad 2000
- ✓ Mapscan
- ✓ Compupic- pro 6.2

- ✓ CONVGUTM

Instrumento de Apoyo:

- ✓ GPS
- ✓ Altimetro

1.3.2 PROGRAMAS EMPLEADOS

A continuación se describen los principales programas utilizados en el presente estudio:

Programa ARC INFO.

Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) usado para automatizar, manipular, analizar y presentar información geográfica en formato digital.

Este Programa ha sido elaborado por:

ESRI (Environmental Systems Research Institute)

USA

Programa ARC VIEW

Es un editor muy versátil del ARC INFO desarrollado en entorno Windows y que facilita la manipulación de datos y la obtención del producto final.

Al igual que el ARCIINFO es desarrollado por:

ESRI (Environmental Systems Research Institute)

USA

Programa SIH – Sistema de Información Hidrológica

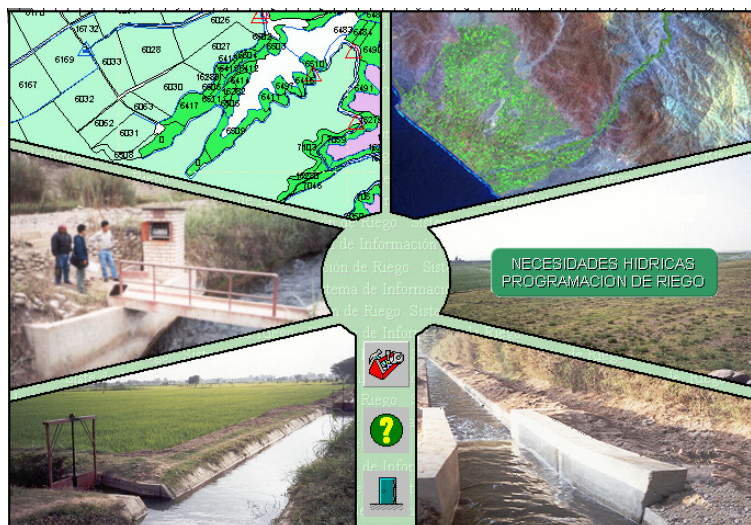
El Sistema de Información Hidrológica “SIH” es un programa de almacenamiento, gestión, análisis y modelación de la información relacionada con los recursos hídricos en las cuencas del país. La primera versión del SIH ha sido presentada en abril de 1999 y la que a continuación se presenta corresponde al SIH 2000. La versión actual del programa incorpora sustanciales mejoras y ha sido creado con la finalidad de brindar una eficiente ayuda a los profesionales en hidrología y administración de los recursos hídricos. Este programa conlleva las más modernas técnicas de la ciencia Hidrológica, Estadística e Informática.



Programa SIR – Sistema de Información de Riego

El Sistema de Información de Riego “SIR” es una moderna herramienta desarrollada con el propósito de facilitar las tareas de gestión de los recursos. Sistema desarrollado en un contexto general, es decir puede ser aplicado en cualquier sistema de riego, habiéndose realizado en principio la aplicación para el sistema de riego del valle de Cañete y posteriormente implementada en Chancay – Huaral, Tacna y Chili.

El software comprende los procedimientos fundamentales para la planificación de la campaña agrícola, determinación de las necesidades de los cultivos y la distribución del agua al interior del sistema de riego, etc. Para alcanzar tales objetivos, ha sido necesario desarrollar módulos de almacenamiento y gestión de la información básica del sistema de riego (Plano Catastral, Padrón de Usuarios, Plan de Cultivo y Riego, etc)



Programa SAM 2000 – Stochastic Analysis, Modeling and Simulation

Este Programa es una herramienta que facilita el análisis de modelos estocásticos principalmente del tipo ARMA, ayudando al Ingeniero en la obtención de los parámetros del modelo y las series sintéticas que satisfacen estos parámetros.



Programa HEC4

Este Programa permite la Completación y extensión de series de tiempo mediante la correlación múltiple.

Programa desarrollado por:

Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos

USA

1.3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS O CONCEPTOS

Para un mejor entendimiento y facilidad de escritura es que se definen algunos términos y conceptos bajo una palabra o conjunto de ellas que la identifiquen tal es el caso de:

- ✓ IGN: Instituto Geográfico Nacional
- ✓ INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales
- ✓ IRH: Intendencia de Recursos Hídricos
- ✓ CUENCA : Cuenca Hidrográfica del río Chicama.
- ✓ Ámbito del estudio: CUENCA
- ✓ ATDRCH : Administración Técnica del Distrito de Riego Chicama
- ✓ PCR: Plan de Cultivo y Riego
- ✓ JUSDRCH: Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Chicama

1.4 ESTUDIOS ANTERIORES REALIZADOS

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

- ✓ En el año 1973 la Ofician Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) desarrollo el “Inventario , Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa – Cuenca del río Chicama”
- ✓ En el año 2001 el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC realizó el “Balance Hidrológico del Proyecto especial CHAVIMOCHOIC con fines de regulación en el embalse Palo Redondo”.
- ✓ En el año 2003 la Administración Técnica del Distrito de Ruego Chicama desarrollo el Proyecto “Actualización del Inventario de los puntos principales de captación de agua para usos múltiples”.
- ✓ En el año 2003 la Junta de Usuarios del Subdistrito de Riego publicó el “Plan de Cultivo y Riego – Campaña agrícola 2003 – 2004”
- ✓ En el año 2003 la componente de Sistemas de Riego del Proyecto Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Chicama desarrollo el “Estudio de Demandas de agua para uso agrícola del valle Chicama”

2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

2.1 UBICACIÓN

2.1.1 Geográfica

Geográficamente se encuentra comprendido aproximadamente entre los paralelos 7°21 y 7°59 de Latitud Sur y los meridianos 78°14 y 79°20 de Longitud Oeste.

2.1.2 Hidrográfica

Hidrográficamente la CUENCA limita por el :

Norte: Cuenca del río Jequetepeque
Este: Cuenca del río Marañón
Sur: Cuenca del río Moche e Intercuenca de quebrada Río Seco
Oeste: Océano Pacífico
Sureste: Cuenca del río Santa
Noroeste: Intercuenca de las quebradas Culebra y Cupisnique
(VER MAPA N°02)

2.1.3 Política

Políticamente comprende parte de las provincias de Ascope, Gran Chimú, Otuzco, Santiago de Chuco del departamento de la Libertad y de las provincias de Cajamarca y Contumazá del departamento de Cajamarca (VER MAPA N°03).

2.1.4 Administrativa

Existe una concepción equivocada al confundir los límites de un Distrito de Riego con los límites de la cuenca hidrográfica sobre la que funciona. Por ello se debe poner énfasis en señalar que la CUENCA no es totalmente coincidente con las del ATDR, presentando sus diferencias mayores en el valle, debido a que esta tiene jurisdicción sobre las áreas en las intercuenca de Culebra y Río Seco y en menor magnitud la que se da en la parte alta donde se localizan la laguna de pozo Hondo que Hidrográficamente no pertenece a la CUENCA pero sí al Distrito de Riego Chicama.

En tal sentido Administrativamente limita por:

Norte: Distrito de Riego Jequetepeque
Este: Distrito de Riego Huamachuco
Sur: Distrito de Riego Moche – Virú - Chao
Oeste: Océano Pacífico
Noreste: Distrito de Riego Cajabamba
(VER MAPA N°04)

2.2 DIVISIÓN HIDROGRÁFICA Y SUPERFICIE

Hidrográficamente la cuenca del río Chicama se ha delimitado en 07 subcuencas principales, 05 de las cuales son subcuencas tributarias:

- ✓ Subcuenca Río Huancay
- ✓ Subcuenca Río Chuquillanqui
- ✓ Subcuenca Río Ochape
- ✓ Subcuenca Río Santanero

- ✓ Subcuenca Río Quirripano
- y 02 de ellas conforman el cauce principal
- ✓ Subcuenca Media (desde la confluencia de los ríos Huancay y Chuquillanqui hasta la estación hidrométrica Salinar)
 - ✓ Subcuenca Baja (desde la estación hidrométrica Salinar hasta su desembocadura en el Océano Pacífico)

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta su entrega en el Océano Pacífico es de 4814.3 Km² con un perímetro 418.7 Km (VER MAPA N°02).

En el cuadro que se presenta a continuación se aprecia la distribución areal de la CUENCA, con mayor predominancia en la parte alta de las subcuenca Chuquillanqui y Huancay que hacen un total 43.5% del total.

CUADRO 2.1 SUPERFICIE Y PERIMETRO

SUBCUENCA	Perímetro (Km)	Superficie (Km ²)	Superficie (%)
Baja	168.3	1149.2	23.9
Media	139.8	457.8	9.5
Río Chuquillanqui	147.3	909.2	18.9
Río Huancay	193.5	1186.1	24.6
Río Ochape	75.7	217.1	4.5
Río Quirripano	87.9	327.6	6.8
Río Santanero	111.4	567.4	11.8
CUENCA	418.7	4814.3	100.0
Cuenca hasta Salinar	-	3665.1	76.1

% en base al área de la CUENCA

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

2.3 CARTOGRAFÍA

La información cartográfica impresa se obtuvo del IGN y las cartas digitales del INRENA

Carta Nacional (Impresa)

Escala:	1/100000
Cartas:	15-e Chepen 15-f Cajamarca 15-g San Marcos 16-e Chocope 16-f Otuzco 16-g Cajabamba 17-e Trujillo 17-f Salaverry 17-g Santiago de Chuco

Carta Nacional (formato digital: SIG vectorial)

Tipo de Archivo:	DGN y SHAPE
Coberturas:	Orografía (ríos, lagunas, nevados, cordilleras, etc)
Carta Digital:	15-e Chepen 15-f Cajamarca 15-g San Marcos

- 16-e Chocope
- 16-f Otuzco
- 16-g Cajabamba

Para la elaboración de los mapas temáticos se han utilizado los siguientes mapas desarrollados por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).

Formato:	Imagen
Tipo de Archivo:	BMP
Mapas:	Ecológico
	Geológico
	Grandes Grupos de Suelo

Así también se utilizaron los siguientes mapas proporcionados por INRENA en formato digital:

Tipo de Archivo:	SHAPE
Mapas:	Cobertura Vegetal
	Geomorfológico

2.4 VÍAS DE ACCESO

El valle de Chicama esta cruzando a lo largo de su faja litoral por la carretera Panamericana Norte que es la vía mas importante de la red de carreteras del país. Por medio de esta vía, esta conectada a la capital de la Republica y con Trujillo, principales centros consumidores de su producción , con los valles vecinos y con otras ciudades del norte del país , con las cuales mantiene relaciones comerciales. Existen otras carreteras en el valle que están conectadas directa e indirectamente a la carretera Panamericana y también permiten conectar entre si las poblaciones , fundos y áreas agrícolas.

La carretera principal del valle se prolonga hacia la cuenca alta. Esta vía principal permite también la conexión de la cuenca alta del río Chicama. Esta vía principal permite también la conexión de la cuenca alta del río Chicama con las de los ríos Marañón y Jequetepeque, por medio de las carreteras Sunchubamba – Huacraruco – San Juan respectivamente . Además un ramal pasa por Cascas, cruza las divisorias de las cuencas, pasa por Contumazá y en Chilete empalma con la carretera troncal de la cuenca del río Jequetepeque.

2.5 RED DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

Se ha recopilado la siguiente información de los estudios técnicos desarrollados anteriormente y del SENAMHI.

Para el análisis climático y pluviométrico se recurrió a los registros mensuales de 26 estaciones climatológicas y pluviométricas, 19 de ellas ubicadas en la cuenca del río Chicama mientras que las restantes están localizadas en las cuencas de los ríos Moche, Marañón, Jequetepeque y la intercuenca de la quebrada Culebra. Los parámetros existentes son precipitación mensual, evaporación mensual, heliofanía media mensual, temperatura máxima, media y mínima mensual, humedad relativa máxima, media y mínima y velocidad del viento media mensual. Para mayor información en el CUADRO 2.2, se enumeran dichas estaciones, indicando los periodos de registros disponibles.

Para el análisis hidrométrico se ha recopilado la información de la Estación Salinar y Tambo localizada en la cuenca del río Chicama y las estaciones de Huacapongo y Quirihuac en los ríos Virú y Moche respectivamente. Ver el CUADRO 2.3.

Las estaciones enumeradas en los cuadros a continuación se les ha asignado un código que permitirá realizar un inventario de las estaciones así como para tener un mejor manejo de los registros en el Sistema de Información Hidrológica (SIH).

CUADRO 2.2 ESTACIONES METEOROLÓGICAS

CODIGO DE ESTACION	NOMBRE DE ESTACION	TIPO DE ESTACION	UBICACIÓN HIDROGRAFICA CUENCA	UBICACIÓN GEOGRAFICA			AÑOS DE REGISTRO													
				LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PRECIPITACION DIARIA	PRECIPITACION MENSUAL	PREC. MAX. 24Horas	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			
153257	PUERTO CHICAMA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	QDA. CULEBRA	79°26' W	7°41' S	5		1945 - 2001			1975 - 2001			1957 - 2001		1925 - 1999	1925 - 2001	1925 - 1970	1946 - 1999	
153260	CARTAVIO	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CHICAMA	79°13' W	7°53' S	58		1944 - 1971			1944 - 1992	1944 - 1992	1944 - 1971	1944 - 1992	1944 - 1971	1944 - 1976	1944 - 1994	1944 - 1975	1944 - 1992	
153262	CHICLIN	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CHICAMA	79°09' W	7°50' S	117		1930 - 1936			1957 - 1971	1930 - 1971	1930 - 1971	1930 - 1971	1930 - 1971	1930 - 1971	1930 - 1971	1930 - 1971	1957 - 1971	
153254	CASA GRANDE	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	QDA. CULEBRA	79°11' W	7°45' S	240		1934 - 2002			1975 - 1981	1939 - 2002	1934 - 2002	1934 - 1970	1932 - 1970	1934 - 1970	1934 - 2002	1928 - 2002	1934 - 2002	1934 - 2002
153279	TAMBO	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°42' W	7°34' S	850		1938 - 1971												
153250	CASCAS	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CHICAMA	78°49' W	7°29' S	1330	ene-64 - dic-82							1964 - 1982		1964 - 1970	1964 - 1982	1964 - 1970	1964 - 1982	
153258	COINA	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°22' W	7°48' S	1874	ene-73 - dic-74	1960 - 1974												
153101	CALLANCAS	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°29' W	7°46' S	2000	ene-72 - dic-00	1967 - 2000												
153201	SAN BENITO	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°56' W	7°23' S	2033		1965 - 1971												
153278	CAMPODEN	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°31' W	7°31' S	2300		1938 - 1971												
153287	CASAIS	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°25' W	7°03' S	2350		1957 - 1971												
153264	SAYAPULLO	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°27' W	7°25' S	2350	ene-81 - dic-02	1960 - 2002												
153275	SUNCHUBAMBA	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°23' W	7°29' S	2390		1931 - 1971												
153216	COSPAN	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CHICAMA	78°32' W	7°26' S	2439	ene-99 - dic-02	1963 - 1971			1999 - 2002						1999 - 2002			
153221	CAPACHIQUE	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°19' W	7°51' S	2550		1963 - 1971												
153265	LA ROSA	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°28' W	7°35' S	2600		1924 - 1946												
153297	SALAGUAL	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°28' W	7°27' S	2700		1940 - 1971												
153309	TURBINA	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°22' W	7°28' S	3000		1964 - 1971												
153274	CHICDEN	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°22' W	7°28' S	3150		1939 - 1971												
153271	HUAYCOT	PLUVIOMETRICA	CHICAMA	78°23' W	7°25' S	3200		1934 - 1971												
153276	KANZEL	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	CHICAMA	78°21' W	7°28' S	3600		1960 - 1969												
153217	ASUNCION	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	JEQUETEPEQUE	78°31' W	7°19' S	2285		1987 - 2002	1987 - 2002	1997 - 2002							1997 - 2002			
153248	CONTUMAZA	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	JEQUETEPEQUE	78°49' W	7°21' S	2452		1965 - 2000	1965 - 2000	1965 - 2000							1965 - 2000			
153223	CACHACHI	PLUVIOMETRICA	MARAÑON	78°16' W	7°27' S	3237		1965 - 2002	1965 - 2002											
153206	SINSICAP	PLUVIOMETRICA	MOCHE	78°45' W	7°51' S	2125		1965 - 2002	1965 - 2002											
153261	OTUZCO	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	MOCHE	78°34' W	7°54' S	2635		1964 - 1979	1964 - 1979											

xxx: CODIGOS CREADOS PARA EL PROYECTO

Fuente: SENAMHI, INRENA, CHAVIMOCHIC

CUADRO 2.3 ESTACIONES HIDROLÓGICAS

CODI DE ESTACION	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO DE ESTACION	UBICACIÓN HIDROGRAFICA		UBICACIÓN POLITICA			UBICACIÓN GEOGRAFICA		
			CUENCA	FUENTE DE AGUA	DPTO.	PROV.	DIST.	ESTE	NORTE	ALTITUD (m.s.n.m.)
201303	TAMBO	LIMNIMETRICA	CHICAMA	RIO CHICAMA	LA LIBERTAD	GRAN CHIMU	CASCAS	753038	9162114	712
201302	SALINAR	LIMNIMETRICA	CHICAMA	RIO CHICAMA	LA LIBERTAD	ASCOPE	ASCOPE	724315	9152012	350
201501	HUACAPONGO	LIMNIMETRICA	VIRU	RIO VIRU	LA LIBERTAD	VIRU	VIRU	756991	9074394	280
201401	QUIRIHUAC	LIMNIMETRICA	MOCHE	RIO MOCHE	LA LIBERTAD	TRUJILLO	LAREDO	735118	9105863	200

Fuente: SENAMHI, INRENA, CHAVIMOCHIC

2.6 ECOLOGÍA.

La Clasificación climática de la Cuenca del río Chicama 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 , Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa – Cuenca del río Chicama" de ONERN 1973.

De acuerdo a esta clasificación y considerando el factor altitudinal desde el litoral hasta la divisoria se han identificado 6 formaciones ecológicas en la Cuenca del Río Chicama las cuales están asociadas a un tipo climático que varía desde per- árido y semi-cálido a per-húmedo y muy frío, Las características de estas formaciones ecológicas, que nos determinan las zonas de vida en la cuenca, se muestran en el CUADRO 2.4 y se puede apreciar su distribución espacial en el MAPA N°05.

CUADRO 2.4 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICO - ECOLÓGICA

FORMACION ECOLOGICA	TIPO CLIMATICO	NIVEL ALTITUDINAL (m.s.n.m.)	TEMP. PROMEDIO (°C)	SECTORES DE USO	SUELO	LIEVE	APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS VEGETALES Y EDAFICOS	
							ACTUAL	POTENCIAL
Desierto Pre-Montano 835.3Km ²	PER - ARIDO Y SEMI - CALIDO	0 - 600	21 - 20	Area agricola de Costa 398.2Km ²	Aluvial	Plano	Agricultura Intensiva y altamente mecanizado. Cultivo de plantas industriales y alimenticios bajo riego permanente	Excelente. El incremento de la producción requiere mejoramiento de riego.
				Area agricola de Quebrada 20.3Km ²	Coluviales y aluviales	Plano a ondulado	Agricultura semi - intensiva. Cultivo de arroz y otras plantas alimenticias con riego permanente	Pobre. La escasez de buenos suelos las dificultades de riego, son los factores limitantes de la producción.
				Pampas Eriázas 67.3Km ²	Eólicos	Plano a ondulado	Sin uso actual por falta de agua	Muy Bueno. Se estima unos 27950 Ha susceptibles de irrigación, para agricultura intensiva y forestación.
				Bosques Residuales y/o artificiales 9.2Km ²	Eolicos y aluviales	Plano	Fuente de extracción de leña y maderas duras. Eventual pastoreo de caprinos.	Bueno. El área puede ser desmontada para integrarla a la agricultura y/o forestarla con especies madereras de mejor calidad que las actuales.
				Area Salinizada 2.9Km ²	Eolicos	Plano a ondulado	Pastoreo muy ligero. Extracción limitada de totora y junco.	Pobre. Su recuperación es difícil por el alto costo de las obras de drenaje.
				Pampas y Colinas con muy escasa vegetación xerofita 337.4Km ²	Residuales y eolicos	Muy accidentado	Sin uso actual . Muy escasa actividad biótica.	Nulo. Carece de suelo y es en su mayor parte, una área rocosa
Matorral desértico Pre - Montano 1070.4Km ²	ARIDO Y SEMI CALIDO	500 - 1300	20.5 - 20	Area Agrícola de Quebrada y Piedemonte 36.2Km ²	Coluviales y aluviales	Semi accidentado	Agricultura de Subsistencia, cultivo de plantas alimenticias con riego	Pobre. No hay posibilidades de incrementar las áreas de cultivo por limitaciones topográficas e hídricas.
				Area de Cactáceos 1034.2Km ²	Litosolicos	Muy accidentado	Sin uso mayormente, se utilizan algunos arbustos como leña y estacionalmente se aprovecha para el pastoreo de caprinos.	Pobre. Se podría ensayar cultivos de cactáceos de cierto uso, como tuna y ariocarpus.
Monte (Maleza) espinoso Pre Montano 957.0Km ²	SEMI -ARIDO Y TEMPLADO	1200 - 2100	20 - 16	Area Agrícola de Quebrada y Piedemonte 83.3Km ²	Coluviales y residuales	Accidentado	Agricultura de subsistencia. Cultivo de plantas alimenticias y frutales bajo riego.	Regular. La zona se puede dedicar al cultivo de frutales bajo asistencia técnica.
				Area de Montañas con vegetación Estacional (Lomas Andinas) 873.7Km ²	Coluviales y residuales	Accidentado	Pastoreo temporal. Explotación de la vegetación como leña.	Pobre. Se puede mejorar el uso de las pasturas naturales mediante uso racional.
Bosque seco Montano Bajo 949.6Km ²	SUB - HUMEDO Y TEMPLADO	2000 - 2800	16 - 12	Area agricola de piedemonte y ladera 145.5Km ²	Residuales	Ligeramente accidentado	Agricultura de subsistencia al seco: de cereales y tubérculos, forestación con eucaliptos.	Regular. Es factible mejorar la agricultura con mejores variedades y asistencia técnica directa.
				Area de montaña con arbustos y maleza alta 804.1Km ²	Residuales	Accidentado	Pastoreo estacional de ganado vacuno. Explotación de algunas especies arbóreas para leña y madera.	Bueno. La forestación es factible: además, se puede establecer praderas artificiales en las áreas más aparentes.
Pradera húmeda Montano 966.4Km ²	HUMEDO Y FRIO	2700 - 4000	12 - 8	Area agricola de ladera 124.0Km ²	Residuales	Accidentado	Agricultura de subsistencia al seco de cereales y tubérculos, pastura y forestación con eucaliptos.	Bueno. Se puede introducir variedades de mejor entendimiento para la agricultura y para pastos cultivados.
				Praderas naturales (pastizales) 842.4Km ²	Residuales	Ondulado a accidentado	Pastoreo extensivo de ganado vacuno, saturación de algunas áreas para pastos mejorados o áreas agrícolas.	Bueno. Puede mejorarse las pasturas, con buen manejo e introducción de especies de buen valor nutritivo.
Pradera muy húmeda Montano 35.5Km ²	PER - HUMEDO Y MUY FRIO	4000 - 4200	8 - 4	Praderas naturales y montañas perhumedadas 35.5Km ²	Residuales	Ondulado a accidentado	Pastoreo extensivo de ovinos en las áreas de topografía accesible.	Regular. Puede mejorarse las pasturas con buen manejo e introducción de mejores especies.

Fuente: Inventario, evaluación y uso racional de recursos naturales del Perú, ONERN, 1973

2.7 GEOLOGÍA.

La información Geológica, obtenida del "Inventario , Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa – Cuenca del río Chicama" de ONERN 1973", 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.

Se presenta a continuación en el CUADRO 2.5 el resumen de la secuencia estratigráfica conjuntamente con sus unidades litológicas y la evolución de los suelos en estas formaciones. VER MAPA N°06

CUADRO 2.5 SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

ERA	PERIODO	FORMACION	LITOLOGIA	LUGARES DE EXPOSICION	RASGOS ESTRUCTURALES	SUELOS FORMADOS
1.- ROCAS SEDIMENTARIAS						
CENOZOICO	CUATERNARIO	Depósitos edóicos (Q-e)	Arenas de grano fino, en constante actividad; cubren parcialmente afloramientos mas antiguos. No presentan estratificación alguna.	Forman pequeños depositos, tanto en los flancos de los cerros Portachuelo y Piedra parada, como entre las playas la Bocana y el Milagro.	No presentan evidencias de estructuras geológicas, debido a que la mayor parte de los movimientos tectónicos que afectaron la corteza terrestre en esta zona ocurrieron antes de la deposición de los materiales litológicos que lo componen.	Transportados, arenosos, permeables. Profundidad y pH variables.
		Depósitos fluviales (Q-f)	Arenas, gravas, guijarros y clastos heterométricos de variada composición. No presentan clasificación definida.	Su presencia esta limitada a lo largo del curso del río Chicama y en la quebrada Mala Alma.		Transportados, de composición heterogénea, profundos, permeables y preferentemente ácidos.
		Depósitos fluvio-aluviales (Q-fal)	Arcilla, arenas, fragmentos rocosos heterométricos, angulares y subangulares, de diversa composición. No presentan estratificación definida. Se han originado por la acción intermitente del agua y de la gravedad.	Ocurren principalmente en el flanco occidental andino; sus afloramientos son de diversa magnitud, tales como el área de playa de Mocán; Hacienda Jaguay El Espinal; Río Santanero; Pampa Paján; Hacienda Chicamita - Quebrada Huascar, etc.		Transportados, de composición heterogénea, de profundidad y permeabilidad variables.
		Depósitos aluviales (Q-al)	Conglomerado semiconsolidado dispuesto horizontalmente. Esta compuesto por arcillas, arenas, gravas y guijarros y sus diferentes niveles conforman antiguos pisos de valles	Están distribuidos ampliamente en el sector inferior de la cuenca constituyendo el área agrícola de mayor importancia de la misma.		Transportados, areno-arcillosos, profundos, de permeabilidad y pH variables.
MESOZOICO	CRETACEO SUPERIOR TERCARIO INFERIOR	Formación volcánica Calipuy (Kstl-vca)	Consiste de una extensa y variada formación volcánica; piroclastos, derrames, brechas y tufos de composición dacítica, riolítica y andesítica, de colores violáceos, pardos, verdosos y amarillentos.	En épocas anteriores, sus afloramientos cubrieron grandes extensiones; ahora, debido a la erosión, solo existen pequeñas ocurrencias ubicadas en los sectores Noroccidental, Centrico oriental y Surcentrico-oriental	Yacen generalmente en forma horizontal con marcada discordancia sobre rocas mas antiguas. Ha sido disturbado por el Batolito andino y presenta fallas y pliegues de menor significación.	Residuales, arcillo-arenosos, comúnmente profundas, de permeabilidad y pH variables.
		Formación Huaylas (Kstl-hu)	Comprende una serie alternante de conglomerados, areniscas y lutitas, caracterizada por una típica coloración rojiza que contrasta con las formaciones supra e infrayacentes.	Existen dos pequeños afloramientos en el sector suroccidental de la cuenca. Uno, en el área de Muchamaca y otro en el cerro Tambillo.	Sus contactos formacionales, tanto en la base como en el tope, acusan marcadas discordancias angulares. El afloramiento del cerro Tambillo se halla formando una estructura anticlinal.	Residuales, areno-arcillosos, profundos y permeables.
	CRETACEO MEDIO	Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo (Km-ichp)	La formación Pariatambo consiste de calizas de color gris con esporádicas intercalaciones de lutitas negras. La formación Chulec se caracteriza por su contenido de margas amarillentas y la formación Inca, por la presencia de calizas gris negruzcas.	Afloran en franjas delgadas con rumbo SE-NO en el extremo Nororiental de la cuenca, observándose su su prolongación hacia las cuencas de los ríos Jequetepeque y Marañón.	Estas formaciones se hallan constituyendo principalmente los núcleos de estructuras sinclinales, cuyo rumbo general es SE-NO. Existe discordancia paralela entre una formación y otra.	Residuales, comúnmente arcillosos, profundos, poco permeables y de características alcalinas.
		Grupo Goylarisquiziza (Ki-g)	Comprende las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. La Formación Chimú consiste de areniscas y cuarcitas blancas, con intercalaciones de lutitas pizarrosas y mantos de carbon. La formación Santa se compone de una serie interestratificada de lutitas y caliza de color gris negruzco. La formación Carhuaz está representada por lutitas arenosas pardo rojizas, limolitas marrón rojizas y algunos intercalaciones de areniscas arcillosas y la formación Farrat consiste principalmente de cuarcitas grises y blancas de grano medio a grueso con intercalaciones de areniscas cuarzosas y lutitas color gris.	Esta ampliamente distribuido en la zona constituyendo afloramientos de grandes dimensiones. Sus principales exposiciones se localizan en las partes media y alta de la cuenca.	Ha sufrido un intenso diastrorfismo. Sus estratos acusan plegamientos y fallamientos cuyo mayor desarrollo han alcanzado en el sector andino de la cuenca. El rumbo general de las estructuras mayores es SE-NO.	Residuales, poco desarrollados, areno-arcillosos y generalmente ácidos, aunque cierto sector ofrece reacción básica por haberse formado sobre calizas.
JURASICO SUPERIOR	Formación Chicama (Js-chic)	Comprende una secuencia de lutitas de variados colores interestratificados con pizarras, areniscas, limolitas, tufos volcánicos y bancos de calizas de color gris negruzco.	Sus afloramientos cubren una gran extensión en el sector central de la cuenca, prolongándose a manera de una faja estrecha hasta el extremo Suroccidental de la misma.	Se halla disturbado a consecuencia de movimientos orogénicos, epirogénicos y a la intrusión ígnea, se halla muy fracturada y plegada, particularmente en el sector Centrico y Suroccidental de la cuenca.	Residuales, generalmente arcillosos y arcillo-arenosos, profundos y poco permeables.	
2.- ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS						
CRETACEO TERCARIO	Batolito Andino (KT-i)	Rocas plutónicas: granitos, granodioritas, dioritas, etc. Intrusiones menores: apilitas, pegmatitas, etc.	Está ampliamente distribuido en la cuenca constituyendo afloramientos de diversa magnitud	Presenta fracturas de tensión, principalmente originadas durante la consolidación magmática. Ha disturbado principalmente formaciones rocosas correspondientes al mesozoico.	Granito:suelos residuales, arenosos y arcillo-arenosos, de profundidad variable, generalmente ácidos. Granodiorita, diorita, etc.:suelos residuales, arcillosos y areno-arcillosos, ricos en cal y alcalis de profundidad variable, muy fértiles.	

Fuente: Inventario, evaluación y uso racional de recursos naturales del Perú, ONERN, 1973

2.8 GEOMORFOLOGÍA

La información de las formaciones geomorfológicas, obtenida del Inrena en formato SIG, nos proporciona por región geográfica los tipos de formaciones existentes en la CUENCA, con alta predominancia de vertientes montañosas en la costa, zona bajo andina, alto andina y meso andina tal como se puede apreciar en el CUADRO 2.6 y cuya distribución espacial se muestra en el MAPA N°07.

En este mapa también se puede apreciar algunos procesos geomorfológicos identificados en la fase de reconocimiento del Inventario de Fuentes de Agua Superficial desarrollado conjuntamente con el presente estudio Hidrológico. Las mas importantes áreas se aprecian en las vertientes montañosas y específicamente en la subcuenca del río Huancay donde se evidencian derrumbes, deslizamientos y erosiones en cárcavas.

CUADRO 2.6 FORMACIONES GEOMORFOLÓGICAS

REGION	DESCRIPCION	SIMBOLO	SUPERFICIE	
			km ²	%
Costa	Llanura	LI-a	99.8	2.1%
	Llanura Disectada	LId-c	6.1	0.1%
	Llanura Ondulada	Llo-b	150.9	3.1%
	Valle y Llanura Irrigida	V-a	432.4	9.0%
	Vertiente montañosa empinada a escarpada	Vc-e	1010.4	21.0%
Zona Altonadina	Vertiente montañosa moderadamente empinada	Vc-d	73.1	1.5%
	Altiplanicie disectada	Ad-c	10.8	0.2%
	Altiplanicie ondulada	Ao-b	6.7	0.1%
	Vertiente montañosa y colina empinada a escarpada	Vs1-e	185.5	3.9%
	Vertiente montañosa y colina moderadamente empinada	Vs1-d	142.7	3.0%
Zona Bajoandina	Vertiente montañosa empinada a escarpada	Vs3-e	1021.7	21.2%
Zona Mesoandina	Vertiente allanada a disectada	Vso-c	38.5	0.8%
	Vertiente montañosa empinada a escarpada	Vs2-e	1589.7	33.0%
	Vertiente montañosa moderadamente empinada	Vs2-d	46.0	1.0%
TOTAL			4814.3	100.0%

Fuente: INRENA

2.9 SUELOS.

La información de suelos obtenida del estudio realizado por la ONERN en 1973 nos brindan una idea generalizada de los suelos en toda la cuenca y esta representada mediante 11 unidades cartográficas amplias denominadas Asociaciones de Suelos y como unidades taxonómicas de abstracción, los Grandes Grupos de Suelos (ver CUADRO 2.8) agrupados de dos a más por cada asociación, además se ha añadido las clases de capacidad de uso dominantes (ver CUADRO 2.7) dentro de cada asociación, a fin de señalar el potencial agropecuario general de cada una de ellas. La distribución espacial de las capacidades de uso y grandes grupos de suelos se aprecian en el MAPA N°08 y N°09.

CUADRO 2.7 CAPACIDAD DE USO

TIPO DE AGRICULTURA	CLASE	CARACTERISTICAS GENERALES
INTENSIVA	I	Tierras muy buena para cultivos intensivos y otros usos. Arables
	II	Tierras buenas para cultivos intensivos y otros usos. Arables.
	III	Tierras moderadamente buenas para cultivos intensivos y otros usos. Arables.
	IV	Tierras marginales para cultivos intensivos. Arables.
PERMANENTE	V	Tierras muy apropiados para cultivos permanentes, pastoreo y lotes de árboles. Generalmente no arables.
	VI	Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pastoreo y lotes de árboles. No arables.
MARGINALES	VII	Tierras marginales para fines agrícolas, aparentes solo pastoreo extensivo y forestales. No arables
Sin Uso	VIII	Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni forestales

Fuente: Inventario, evaluación y uso racional de recursos naturales del Perú, ONERN, 1973

CUADRO 2.8 ASOCIACIONES DE SUELOS

GRUPOS DOMINANTES	CAPACIDAD DE USO	EXTENSION	DESCRIPCION
FLUVISOL EUTRICO (Irrigado)	I a III	Se encuentra en la mayor parte de la superficie cultivada del valle de Chicama	La topografía es suave, de pendiente casi a nivel (0 - 2%) y sobre depósitos recientes de origen aluvial.
FLUVISOL EUTRICO (seco)	III, IV y VIII	Se encuentra principalmente en las quebradas de la parte alta del valle y en la mayoría de las pampas vecinas al área agrícola.	Es de topografía variada, con pendiente desde casi a nivel hasta ligeramente inclinada y con microrelieve de ondulado a algo disectado en zonas vecinas a la base de los contrafuertes andinos, sobre depósitos de origen coluvio - aluvial, con algunas áreas muy pedregosas.
REGOSOL EUTRICO	IV y VIII	Se le encuentra abundantemente repartida en las zonas eriazas.	Generalmente de topografía plana a ligeramente ondulada y también consta de áreas definitivamente onduladas, constituidas por dunas pequeñas como laderas algo disectadas.
REGOSOL EUTRICO - SOLONCHAK GLEICO	IV y VIII	Se encuentra principalmente en las Pampas "La Pampa - El Palomar)	Se presenta sobre una topografía suave, ligeramente ondulada, con una pendiente promedio de 1 - 2 %, sobre depósitos de origen eólico.
SOLONCHAK ORTICO	VIII	Se distribuye en la parte baja de la pampa El Alto.	Se desarrolla bajo una topografía plana a ligeramente ondulada, sobre depósitos de origen eólico y marino, en la playa de mar.
SOLONSHAK GLEICO	IV y VIII	Se encuentra principalmente en la parte baja del área agrícola del valle de Chicama.	Es de topografía suave, con pendiente casi a nivel y desarrollada sobre depósitos recientes de origen aluvial.
LITICO (no suelo) - LITOSOL DESERTICO	VIII	Se extiende desde la porción inferior del flanco occidental andino hasta los 1600 m.s.n.m., evidenciando así un límite superior altitudinal descendente, a medida que se progresa hacia el norte del país, debido al cambio climático resepectivo.	Presenta una topografía muy accidentada, con relieves pronunciados, de pendientes de 50% a 70%, asentado en su mayor parte sobre materiales litológicos de origen sedimentario y metamórfico y en menor proporción sobre materiales ígneos intrusivos y volcánicos.
LITOSOL ANDINO EUTRICO - PHAEZEM	VIII - IV y VIII	Se extiende desde los 1600 m.s.n.m. hasta los límites más altos de la cuenca.	Presenta una topografía accidentada, con relieves pronunciados, de 50% a 70%, desarrollados sobre materiales litológicos, predominantemente de origen sedimentario y metamórfico y ocasionalmente, sobre materiales ígneos intrusivos y volcánicos.
LITOSOL ANDINO DISTRICO	VIII	Se encuentra por encima de los 3000 m.s.n.m., en los límites con la cuenca alta del río Moche.	Presenta una topografía accidentada, con relieves pronunciados, de 50% a mas de 70%, desarrollado sobre materiales litológicos volcánicos.
PARAMO ANDOSOL (húmico) - LITOSOL ANDITRICO	VII y VIII	Se extiende a partir de los 3700 m.s.n.m., observándose cierto predominio del Páramo andosol sobre los Litosoles andinos.	El relieve topográfico es complejo, accidentado, asociado con áreas de relieve más suave. Se desarrolla sobre una base litológica esencialmente volcánica.
PARAMOSOL EUTRICO - LITOSOL ANDINO EUTRICO	VII y VIII - VIII	Se extiende a partir de los 3700 m.s.n.m., observándose cierto predominio del Páramo eutrico sobre los Litosoles andinos.	El relieve topográfico es complejo, accidentado, asociado con áreas de relieve más suave. Se desarrolla sobre una base litológica predominantemente sedimentaria y, en menor proporción, metamórfica.

Fuente: Inventario, evaluación y uso racional de recursos naturales del Perú, ONERN, 1973

2.10 COBERTURA VEGETAL

Se ha recopilado información de las coberturas vegetales presentes en la cuenca del río Chicama de la base temática del INRENA.

En ella se describen 7 tipos de coberturas. De la información existente tenemos una gran área de zonas sin vegetación pertenecientes a las zonas costeras y parte de la cuenca media siguiéndole en orden de magnitud los terrenos con matorrales que ocupan la parte media y alta de las cuencas en mención. En el CUADRO 2.9 se presentan las características de cada una de ellas y en el MAPA 10 se muestra la zonificación de las diferentes coberturas.

CUADRO 2.9 COBERTURA VEGETAL

SIMBOLO	DESCRIPCION	SUPERFICIE	
		km ²	%
Bh-m	Bosque humedo de montañas	138.8	2.9%
Bs-m	Bosque seco de montañas	952.6	19.8%
Cuap	Cultivos Agropecuarios	817.9	17.0%
Ma	Matorrales	2051.1	42.6%
Pj	Pajonal	145.2	3.0%
Pj/Cp	Pajonal / Cesped de Puna	56.2	1.2%
Plea/sv	Planicies costeras y estribaciones andinas sin vegetación	652.7	13.6%
TOTAL		4814.3	100.0%

Fuente: INRENA

2.11 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

La Cuenca del río Chicama tiene un área total de 4814,3 Km²; el río principal es de orden 6 y drena las escorrentías superficiales o excedentes desde sus nacientes en las alturas de la divisoria de la subcuenca Huancay hasta la desembocadura en el Océano Pacífico realizando un recorrido de 169,2 Km.

La cuenca esta conformada por 07 subcuencas principales, 05 de las cuales son subcuencas tributarias:

- ✓ Subcuenca Río Huancay
- ✓ Subcuenca Río Chuquillanqui
- ✓ Subcuenca Río Ochape
- ✓ Subcuenca Río Santanero
- ✓ Subcuenca Río Quirripano

y 02 de ellas conforman el cauce principal

- ✓ Subcuenca Media (desde la confluencia de los ríos Huancay y Chuquillanqui hasta la estación hidrométrica Salinar)
- ✓ Subcuenca Baja (desde la estación hidrométrica Salinar hasta su desembocadura en el Océano Pacífico)

Para poder determinar cual es el comportamiento que presentan los curso de agua superficial se han determinado las características fisiográficas mas importantes de la cuenca que se resumen en el CUADRO 2.10.

Los datos para obtener las características fisiográficas se han obtenido del mapa base y los resultados se pueden apreciar en los MAPAS 11 y 12.

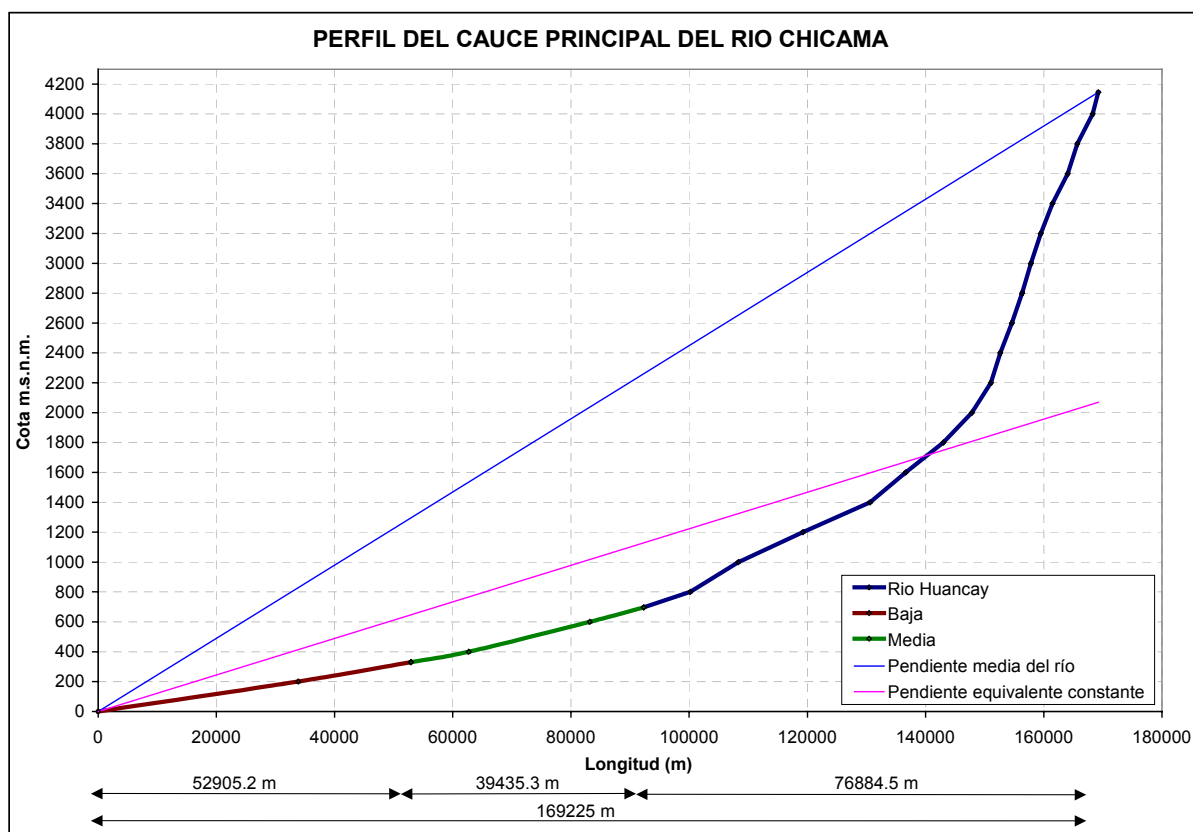
El cauce principal del río Chicama nace en la subcuenca del río Huancay con una longitud de 76.9Km, luego recorre la cuenca media de 39.4Km para finalmente atravesar el valle en la cuenca baja de 52.9Km; haciendo un total de 169.2Km (VER FIGURA 2.1)

CUADRO 2.10 CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS

PARAMETROS		SUBCUENCA							Cuenca	
		Baja	Media	Río Chuquillanqui	Río Huancay	Río Ochape	Río Quirripaño	Río Santanero		
SUPERFICIE TOTAL (km²)		1149.2	457.7	909.2	1186.0	217.2	327.6	567.4	4814.3	
PERIMETRO (km)		168.3	139.5	147.4	192.7	75.5	87.9	111.4	417.8	
FORMA	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	-	-	1.38	1.58	1.44	1.37	1.32	1.70	
	FACTOR DE FORMA	-	-	0.33	0.20	0.23	0.25	0.42	0.17	
S I D R E N A J E M A	ORDEN DE RIOS	-	-	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	6.0	
	FRECUENCIA DE LOS RIOS (# total de rios / km²)	-	-	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	
	DENSIDAD DE DRENAJE (km/km²)	-	-	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	
	EXTENSIÓN MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (m)	-	-	433.4	472.9	428.0	426.8	406.7	486.5	
R E L I E V E	RECTANGULO EQUIVALENTE	LADO MAYOR (km)	-	-	58.0	81.8	30.7	34.4	42.3	182.6
		LADO MENOR (km)	-	-	15.7	14.5	7.1	9.5	13.4	26.4
	ALTUD MEDIA DE LA CUENCA (m)	-	-	2519.6	2617.9	2304.3	1741.4	1382.5	1748.7	
	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (%)	-	-	53.4%	52.4%	52.2%	55.4%	45.3%	44.8%	
	ALTURA MINIMA DEL CAUCE (m)	0.0	330.0	697.0	697.0	525.0	333.0	375.0	0.0	
	ALTURA MAXIMA DEL CAUCE (m)	330.0	697.0	3984.0	4146.0	3857.0	3673.0	2828.0	4146.0	
	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)	52.9	39.4	52.2	76.9	30.6	36.3	36.8	169.2	
	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE (%)	0.6%	0.9%	6.3%	4.5%	10.9%	9.2%	6.7%	2.4%	
PENDIENTE EQUIVALENTE CONSTANTE DEL CAUCE (%)		0.7%	1.4%	4.4%	3.2%	10.1%	6.6%	3.6%	1.2%	
COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD (ríos/km²)		-	-	0.14	0.10	0.15	0.16	0.14	0.12	
COEFICIENTE DE MASIVIDAD (m/km²)		-	-	2.77	2.21	10.61	5.32	2.44	0.36	

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

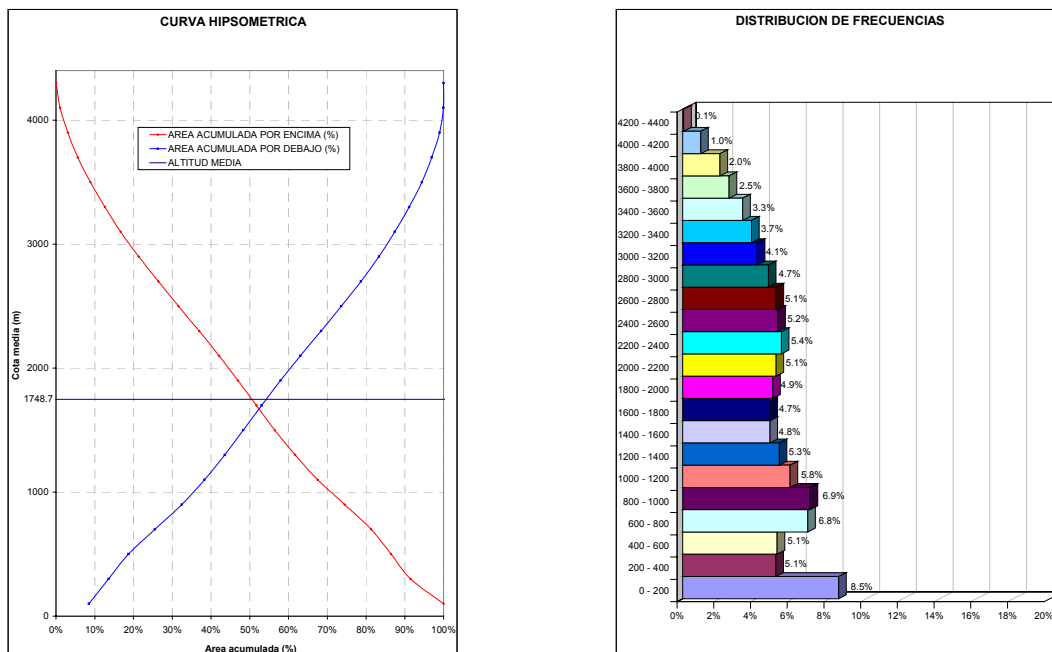
FIGURA 2.1 PERFIL CAUCE PRINCIPAL DEL RIO CHICAMA



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

En las siguientes figuras se muestran las curvas hipsométricas y distribución de frecuencias por subcuencas.

FIGURA 2.2 CURVA HIPSONOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

2.12 SISTEMA HIDROGRÁFICO

El cauce principal de la CUENCA recorre en dirección noroeste desde las nacientes del río Huancay hasta su confluencia con el río Chuquillanqui, a partir del cual, cerca de la localidad de Panana a 700 m.s.n.m se desplaza en dirección sureste con el nombre de río Chicama hasta llegar al Océano Pacífico.

El río Huancay y Chuquillanqui son los principales afluentes del río Chicama que además se encargan de abastecerlo en épocas de estiaje.

En su recorrido –luego de la confluencia de sus principales afluentes - recibe los aportes por la margen derecha primero del río Ochape a 550 m.s.n.m, seguido del río Santanero a 400 m.s.n.m. y finalmente por su margen izquierda los aportes del río Quirripaño a 350 m.s.n.m. Estos ríos no tienen la capacidad de abastecer al río Chicama en épocas de estiaje pero que sin embargo cubren algunas necesidades propias de las comunidades ubicadas en estas.

Estos cinco ríos mencionados conforman cinco subcuencas importantes, además de que por cuestiones técnicas se ha dividido el cauce principal del río Chicama en subcuenca media y baja y que abarcan los tributarios del río de menor magnitud e importancia. VER MAPA N°13.

2.12.1 Subcuenca río Huancay

Nace en las proximidades de la mina Callacuyan a 4200 m.s.n.m. en el río Perejil –nombre que se le da al río Huancay en sus naciente- y se unen con el río Huacamochal en la localidad de Coina a partir del cual se denomina río Huancay.

El río Huancay recibe aportes -de menor importancia que el Perejil- primero en la margen izquierda del riachuelo Charat, luego por su margen derecha del riachuelo Huaranchal, seguido en su margen izquierda del río Succhabamba y finalmente en su margen derecha del riachuelo Lucma.

Cada uno de los ríos y riachuelos mencionados hacen un total de 06 microcuencas y una intercuenca compuesta por el río Huancay y pequeños tributarios en su recorrido.

Microcuenca del río Perejil

Conforma las nacientes del cauce principal de la subcuenca del río Huancay con un área de drenaje de 210.9Km².

Los aportes de esta microcuenca son de la laguna El Chorro y de sus tributarios mas importantes: los riachuelos Río Negro, Maskarat, Canibamba, Chacomas, Derumbe blanco y La Juna.

Microcuenca del riachuelo Huacamochal

Nace en el paraje Cabildillo a 3850 m.s.n.m y entrega en la margen derecha del cauce principal del río Huancay en la confluencia con el río Perejil. El área de drenaje es de 97.7Km².

Recibe los aportes de las lagunas Molino, Verde y Brava y de riachuelos tributarios.

Microcuenca del río Huaranchal

Nace a una altitud de 3900 m.s.n.m en la comunidad campesina de Ascate y esta en la margen derecha del río principal. Cuenta con un área de drenaje de 123.1Km².

Esta microcuenca cuenta con el aporte de la laguna Prieto en sus nacientes y la laguna Lucmacocha en su parte media, del mismo modo recibe el aporte de los riachuelos tributarios, de las cuales podemos diferenciar Ascate, Pauganchi, Infiernillo y Huaranchal.

Microcuenca del riachuelo Charat

Nace una altitud de 3900 m.s.n.m. y esta en la margen izquierda del río principal contando con un área de drenaje de 60.7Km².

Esta microcuenca recibe el aporte principal de los riachuelos Congo y Charat. No posee lagunas permanentes.

Microcuenca del río Succhabamba

Sus nacientes se encuentran a 4200 m.s.n.m en la comunidad campesina de Muchamaca. Entrega sus agua en la margen izquierda del río principal. El area de drenaje es de 59.73Km².

El principal aporte que recibe es del río Chugur. Al igual que Charat no posee lagunas permanentes.

Microcuenca del riachuelo Lucma

Es una de las microcuencas mas pequeñas de Huancay que nace a 3600 m.s.n.m y tiene un área de drenaje de 46.2Km².

2.12.2 Subcuenca Río Chuquillanqui

Nace en el riachuelo de Huaycot a 4000 m.s.n.m. y continua su recorrido por el río san Jorge hasta la confluencia con el río Cospan a la altura de los Baños Chimú. A partir de éste se denomina río Chuquillanqui.

Esta subcuenca contrasta con la de Huancay. A pesar de tener pocas lagunas (solo dos importantes) y un área de drenaje un tanto menor , supera o iguala los caudales de Huancay.

Se han identificado dos microcuencas importantes y una intercuenca compuesta por el río Chuquillanqui y pequeños tributarios a lo largo de su

recorrido.

Microcuenca del río San Jorge

Su nacimiento corresponden a las del cauce principal de la subcuenca del río Chuquillanqui a 4000 m.s.n.m y posee un área de drenaje de 580.8Km²

Existen tres lagunas que se encuentran en proceso de extinción. Los riachuelos mas importantes son Quepayoc, Sacranchi, Casais, Salagual, Peña Blanca, La Colpa, Farrat y Simbrón.

Microcuenca del río Cospan

Nace en la localidad de Huariguro a una altitud de 3800 m.s.n.m. y cuenta con un área de drenaje de 238.5Km².

Sus nacientes son alimentadas por la laguna Mamacocho que hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Jequetepeque. Los riachuelos mas importantes son Salcha, San Martín y Siracat. La quebrada de Salcha es la que alimenta a la Central Hidroeléctrica Cospan que genera 25 KW para el poblado del mismo nombre.

2.12.3 Subcuenca Río Ochape

Sus nacientes parten desde las proximidades de Cascabamba (Contumazá) en el cerro Anúas a 3600 m.s.n.m. recorriendo por el río Cascas hasta la confluencia con el río Chepate –en la localidad de Palmira- a partir del cual se denomina río Ochape. Entre sus aguas al río Chicama en su margen derecha en las cercanías de la localidad El Cruce, a 550 m.s.n.m.

Se han identificado dos microcuencas importantes y una intercuenca pequeña

Microcuenca del río Chepate

Nace en el caserío de Membrillo a 4200 m.s.n.m y cuenta con un a extensión de 115.8Km².

Esta microcuenca cuenta con el aporte de la laguna Coan y las Pircas en sus nacientes del mismo modo recibe el aporte de los ríos Colorado y Chingavillan y los riachuelos Socche y Lladen.

Microcuenca del río Cascas

Conforma el cauce principal de la subcuenca del río Ochape con una extensión de 97.1Km².

No cuenta con lagunas y el principal aporte proviene de los riachuelos Cachil, Chumbiles, Corlas y El Pajonal.

2.12.4 Subcuenca Río Santanero

Se extiende desde el cerro del Angulo y Amanchaloc a un nivel de 3250 m.s.n.m. recorriendo por el río Santa Ana hasta la confluencia con el río San Benito -en las cercanías de la localidad El Algarrobal- a partir del cual se denomina río Santanero. Entrega sus aguas al río Chicama en su margen derecha cerca de la localidad de Hacienda Jaguay, a 400 m.s.n.m.

Esta subcuenca presenta dos microcuencas importantes:

Microcuenca del río San Benito

Nace en las cercanías de la localidad de Culleros a 3400 m.s.n.m y su extensión es de 161.7Km²

Esta microcuenca no posee lagunas y cuenta con el aporte de los riachuelos El Palmo, Chichanon, Chinac, Yetón, Los Paltos y Los Chorros.

Microcuenca del río Santa Ana

Conforma el cauce principal de la subcuenca del río Santa Ana y cuenta con una extensión de 180.3Km².

Al igual que la microcuenca de San Benito no cuenta con lagunas y sus principales aportes provienen de los riachuelos Membrillar, Chapotan, Huandamarca, Huayaba, Honda, Llapalen y Pampa Larga.

2.12.5 Subcuenca Río Quirripano

Se extiende desde el cerro Tuanga, a un nivel de 4297 m.s.n.m. recorriendo por el río Grande hasta unirse con el riachuelo Playa Grande en donde recibe el nombre propiamente dicho de río Quirripano. Entrega sus aguas al río Chicama en su margen izquierda en las cercanías de la localidad de Pampas de Jaguay a 350 m.s.n.m.

Esta subcuenca al igual que la del río Santanero presenta dos microcuencas importantes:

Microcuenca del río Grande

Corresponde al cauce principal de la subcuenca del río Quirripano y tiene una extensión de 149.3Km².

No presenta lagunas y son los riachuelos su principal aporte, entre los que podemos mencionar Agua Blanca, Miragon, Potrero y El Infiernillo.

Microcuenca del riachuelo Playa Grande

Nace en las cercanías de la localidad de Viscacha a 3200 m.s.n.m y tiene una extensión de 93.2Km².

Esta microcuenca cuenta con el aporte de los riachuelos Poroto, Playa Grande, Los Corrales y La Poza.

2.12.6 Subcuenca Media.

La Subcuenca Media se localiza aproximadamente entre la localidad de Panana a unos 700 m.s.n.m. hasta la estación hidrométrica Salinar a 350 m.s.n.m.

Esta conforma el río principal de la Cuenca Chicama desde la confluencia de Huancay y Chuquillanqui hasta la Estación Salinar.

Esta conformado por dos microcuencas importantes, siendo su principal aporte la precipitación pluvial.

Microcuenca del río San Felipe

Nace en las proximidades de Cascabamba en el cerro Vizcachas a 4200 m.s.n.m. y tiene una extensión de 70.8Km². Entrega sus aguas al río Chicama en su margen y cerca de Puente Tambo.

Recibe el aporte de las lagunas San Felipe y Chuño, además de pequeños riachuelos tributarios intermitentes y de corto recorrido.

Microcuenca del riachuelo Machasen

Nace a 3800 m.s.n.m. y presenta una extensión de 67.51Km². Se une al río Chicama en su margen derecha cerca del Puente Talluco.

Recibe los aportes de los riachuelos Lengua de Vaca, Guayan, Membrillar y San Andrés.

2.12.7 Subcuenca Baja.

Conforma el río principal de la Cuenca Chicama desde la Estación Salinar hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Con escasa precipitación pluvial.

3. DESCRIPCIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO

3.1 UBICACIÓN

3.1.1 Política

Políticamente comprende parte de las provincias de Pacasmayo, Ascope, Trujillo, Gran Chimú, Otuzco, Santiago de Chuco del departamento de la Libertad y de las provincias de Cajamarca y Contumazá del departamento de Cajamarca (VER MAPA N°03).

3.1.2 Administrativa

Administrativamente limita por el:

Norte: Distrito de Riego Jequetepeque
Este: Distrito de Riego Huamachuco
Sur: Distrito de Riego Moche – Virú - Chao
Oeste: Océano Pacífico
Noreste: Distrito de Riego Cajabamba
(VER MAPA N°04)

3.2 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA

La administración técnica del distrito de riego Chicama, encargada de supervisar el uso y manejo del agua en toda su jurisdicción, tiene su sede en el distrito de Paiján, provincia de Ascope en el departamento de La Libertad, cuya oficina se encuentra ubicada en la Av. Panamericana Norte N°903 – Paiján.

La delimitación del Distrito de Riego se aprueba según Resolución Jefatural N° 0075-93-INRENA y para una mejor organización del manejo y administración del agua se encuentra dividido en dos (02) Sub – Distritos de Riego, teniendo como referencia de divisoria el Caserío Punta Moreno a 450 m.s.n.m.

- ✓ Sub Distrito de Riego Alto Chicama (Parte Alta).
- ✓ Sub Distrito de Riego Chicama (Parte Baja).

Según Resolución Administrativa N° 210-2002 – DRALL/ATDRCH, se aprueba a la Sectorización y Sub – Sectorización del Sub – Distrito de Riego Chicama el cual cuenta con (05) cinco Sectores de Riego y 12 Subsectores tal como se muestra en el CUADRO 3.1

CUADRO 3.1 SECTORIZACION DEL SUB DISTRITO DE RIEGO CHICAMA

SECTORES	SUB SECTORES	COMISIONES DE REGANTE
ASCOPE	Tesoro	ASCOPE
	Ascope	
	Facalá	
PAIJAN	Paiján	PAIJAN
	La Pampa	LA PAMPA
CHOCOPE	Yalpa	MAGDALENA DE CAO Y YALPA
	Magdalena	
SANTIAGO DE CAO	Chiclin – Chiquitoy	SANTIAGO DE CAO
	Cartavio - Pongochongo	
SAUSAL	Pampas de Jaguey	SAUSAL
	Salinar – Quemazón	
	Chicama	

Fuente: ATDRCH

3.3 ORGANIZACIÓN DE USUARIOS

La Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Chicama presenta (06) Comisiones de Regantes:

- ✓ Sausal
- ✓ Ascope
- ✓ Magdalena de Cao y Yalpa
- ✓ Paiján
- ✓ La Pampa
- ✓ Santiago de Cao

Los cinco sectores de riego definidos en la organización administrativa agrupan a las cinco comisiones del Subdistrito de riego Chicama tal como se muestra en el CUADRO 3.1.

La Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Alto Chicama presenta 15 Comisiones de Regantes:

- ✓ Lucma
- ✓ Santa Ana
- ✓ Jaguey
- ✓ Punguchique Tambo
- ✓ Porvenir Sayapullo
- ✓ San Benito
- ✓ Ochape
- ✓ Tambo Puquio
- ✓ Puente Ochape
- ✓ Usquil
- ✓ Huaranchal
- ✓ Cascas
- ✓ Marmot
- ✓ Jolluco

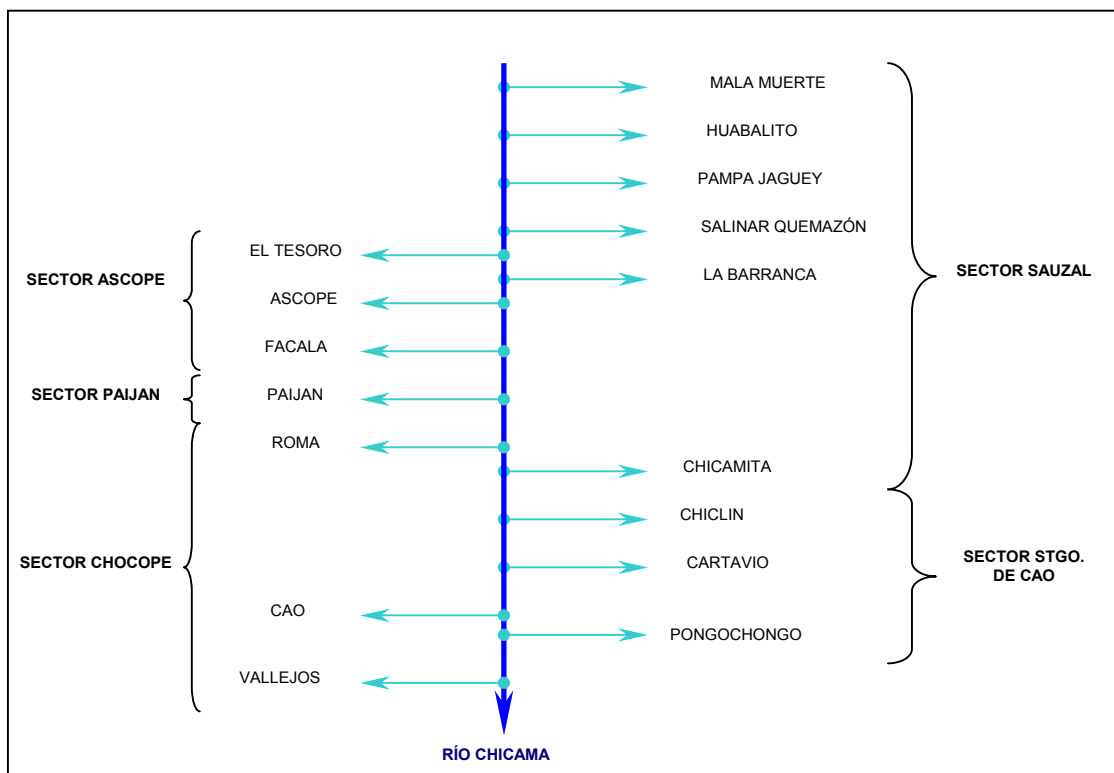
✓ Sinupe – Punta Moreno

3.4 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

La captación de las aguas del río Chicama para abastecer a los cinco sectores de riego del Subdistrito de riego Chicama se realizan de manera no regulada con 16 bocatomas rústicas y semirústicas. Ninguna bocatoma tiene compuerta metálica; la captación, regulación y control del agua se realizan utilizando palos y fajinas. Además la bocatoma Pongochongo fue destruida por el Fenómeno El Niño.

Aguas arriba en su margen izquierda se encuentran las bocatomas que abastecen al sector Sausal (5 de 6), seguido aguas abajo en su margen derecha con las bocatomas del sector Ascope (3), Paiján (1) y una bocatoma del sector Chocope. Continuando nuevamente en su margen izquierda con la bocatoma restante del sector Sausal y las 3 bocatomas del sector Santiago de Cao para finalmente terminar en su margen derecha con las dos bocatomas restantes del sector Chocope.

FIGURA 3.1 ESQUEMA HIDRÁULICO DEL VALLE



Fuente: ATDRCH

Los canales importantes por su recorrido y área de servicio son Tesoro, Ascope y Facalá en Ascope; Paiján en el sector del mismo nombre; Roma en Chocope; Pampas de Jaguey, Salinar-Quemazón y Chicamita en Sausal y Cartavio en Santiago de Cao

La operación del sistema hidráulico mayor la realiza la JUSDRCH mientras que la infraestructura menor es manejada por las comisiones de regantes.

4. ANÁLISIS METEOROLÓGICO

4.1 VARIABLES CLIMÁTICAS

El estudio ha contemplado 10 estaciones climatológicas ordinarias, 04 en el valle del río Chicama, 03 en la cuenca alta del río del mismo nombre, 02 en la cuenca alta del río Jequetepeque y 01 en la cuenca alta del río Moche. De estas estaciones se ha recopilado la siguiente información histórica.

En el valle del río Chicama:

- ✓ Estación Puerto Chicama (Evaporación; Humedad relativa; Temperatura máxima, media y mínima; velocidad del viento)
- ✓ Estación Cartavio (Evaporación; Horas de Sol; Humedad relativa máxima, mínima y media; Temperatura máxima, media y mínima; velocidad del viento)
- ✓ Estación Chiclin (Evaporación; Horas de Sol; Humedad relativa máxima, mínima y media; Temperatura máxima, media y mínima; velocidad del viento)
- ✓ Estación Casa Grande (Evaporación; Horas de Sol; Humedad relativa máxima, mínima y media; Temperatura máxima, media y mínima; velocidad del viento)

En la cuenca alta del río Chicama:

- ✓ Estación Cascas (Evaporación; Humedad relativa; Temperatura máxima, media y mínima; velocidad del viento)
- ✓ Estación Cospan (Temperatura media)
- ✓ Estación Kanzel (sin información disponible)

En la cuenca alta del río Jequetepeque:

- ✓ Estación Asunción (Evaporación; Temperatura media;)
- ✓ Estación Contumazá (Evaporación; Temperatura media;)

En la cuenca alta del río Moche:

- ✓ Estación Otuzco (sin información disponible)

La información completa de las variables climáticas esta contenida en el VOLUMEN III

4.1.1 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, salvo en los años en que se ha presentado el fenómeno del niño donde se ha registrado temperaturas por encima del promedio normal en las zonas de la costa. La recolección de esta información se realiza a través termómetros y termógrafos de las estaciones meteorológicas.

La temperatura media anual en el valle es de 21°C con máximas diarias medias mensuales que pueden alcanzar los 29.9°C en los meses de verano y mínimas que alcanzan los 13.8°C en los meses de invierno.

En la cuenca media la temperatura media anual se encuentra en el orden de los 20.5°C con máximas diarias medias mensuales que pueden alcanzar los 25.7°C en los meses de verano y mínimas que alcanzan los 14.8°C en los meses de invierno.

Finalmente en la cuenca alta hasta los 3000 m.s.n.m. la temperatura media anual se encuentra en el orden de los 15.2°C.

No se tienen registros para altitudes mayores a 3000 m.s.n.m.

4.1.2 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 el litoral es de 84.7%, mientras que en el valle es de 77.3 con máximas diarias medias mensuales que alcanzan el 94.3% en los meses de invierno y una mínima diaria media mensual que llega a 55.81% en los meses de verano.

No se tienen registros para la cuenca alta excepción de Cascas a 1330 m.s.n.m en donde se registra una humedad relativa media anual de 71.92%.

4.1.3 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 el valle es de 6.1hr/día con medias mensuales máximas de 7.35hr/día en los meses de verano y medias mensuales mínimas en invierno de 3.97hr/día.

No se tienen registros para la cuenca alta.

4.1.4 Velocidad del Viento

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

La velocidad del viento media anual en el litoral es de 9.3km/h mientras que en el valle es de 3.6km/h.

No se tiene registros para la cuenca alta.

4.1.5 Evaporación

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

La evaporación media anual en el valle es de 1368.4 mm, mientras que en la cuenca media es de 1227.0 mm y en la cuenca alta hasta los 3000 m.s.n.m. es de 761.1mm.

No existen registros para la cuenca alta por encima de los 3000 m.s.n.m.

4.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

La Evapotranspiración es la suma del agua que evapora directamente del suelo y 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 escurrentía la disponibilidad en la cuenca.

4.2.1 Evapotranspiración en el valle

La determinación de la Evapotranspiración potencial a nivel del valle del río Chicama fue procesada en el Sistema de Información de Riego (SIR) para las estaciones de Puerto Chicama, Cartavio, Casa Grande, Chiclin y Cascas. La información climática disponible se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO 4.1 INFORMACIÓN CLIMÁTICA REQUERIDA

	PUERTO CHICAMA	CARTAVIO	CHICLIN	CASA GRANDE	CASCAS
Temperatura Máxima (°C)	X	X	X	X	X
Temperatura Media (°C)	X	X	X	X	X
Temperatura Mínima (°C)	X	X	X	X	X
Humedad Relativa Máxima (%)		X	X	X	
Humedad Relativa Media (%)	X	X	X	X	X
Humedad Relativa Mínima (%)		X	X	X	
Velocidad del viento (m/s)	X	X		X	X
Evaporación Tanque tipo A (mm)	X	X	X	X	X
Heliofanía media (hr/día)		X	X	X	

X = indica la existencia de registro histórico

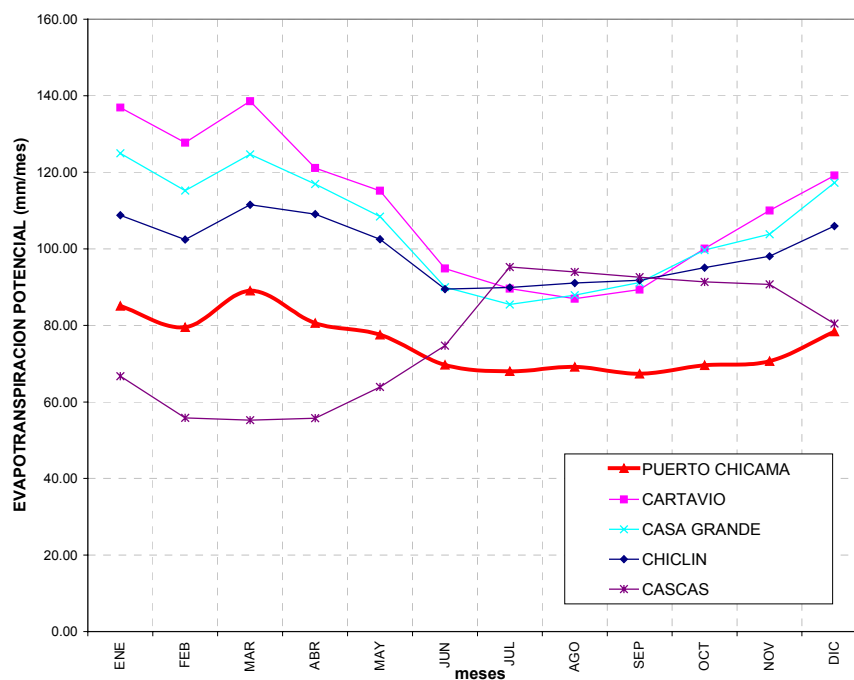
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Se plantearon los métodos de Blanney – Criddle, Radiación, Penman Modificado, Penman Moteith, Evaporímetro y Hargreaves para cada estación, el desarrollo de ello se muestra en el VOLUMEN II: ANEXO DE CÁLCULO

Luego de obtener la evapotranspiración potencial por las metodologías antes mencionadas se optó por utilizar los resultados del método de Penman Moteith para el cálculo de la demanda en el valle por presentar un mejor ajuste de acuerdo a la zona del estudio, a excepción de Cascas donde se eligió el método del Evaporímetro por no disponer de información climática para otra metodología.

CUADRO 4.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN EL VALLE (mm/mes)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PUERTO CHICAMA	85.10	79.55	89.06	80.61	77.56	69.69	68.01	69.16	67.35	69.60	70.65	78.37	904.71
CARTAVIO	136.90	127.74	138.57	121.11	115.17	94.86	89.59	86.96	89.37	100.07	110.01	119.13	1329.46
CASA GRANDE	124.96	115.22	124.68	116.91	108.44	89.97	85.48	87.92	91.20	99.67	103.83	117.27	1265.54
CHICLIN	108.78	102.42	111.51	109.08	102.49	89.46	89.90	91.05	91.77	95.08	98.04	105.96	1195.53
CASCAS	66.71	55.84	55.23	55.76	63.89	74.69	95.26	93.98	92.60	91.36	90.70	80.47	916.47



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

4.2.2 Evapotranspiración en la CUENCA

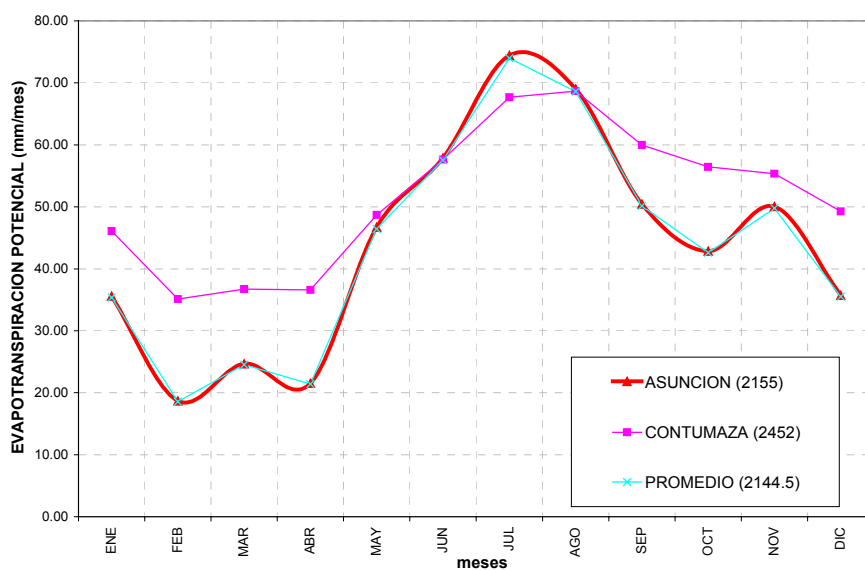
La determinación de la Evapotranspiración potencial media mensual se realizó para la cuenca por el método del evaporímetro.

Se determinó la Evapotranspiración potencial media mensual sobre la base de 2 estaciones disponibles en las cuencas de los ríos Moche y Jequetepeque.

En el CUADRO 4.3 se presentan la evapotranspiración potencial media mensual en mm/mes y el promedio adoptado para la cuenca hasta la estación Salinar.

CUADRO 4.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL CUENCA

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ASUNCION (2155)	35.58	18.68	24.69	21.54	46.71	57.89	74.42	69.02	50.46	42.86	50.06	35.72	527.63
CONTUMAZA (2452)	46.10	35.14	36.74	36.60	48.70	57.64	67.67	68.66	59.97	56.45	55.34	49.26	618.25
PROMEDIO (2144.5)	35.37	18.57	24.54	21.41	46.43	57.53	73.97	68.60	50.15	42.60	49.76	35.51	524.42



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

5. ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO

5.1 RED DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

5.1.1 Registros históricos

Los registros históricos pluviométricos fueron procesados en el SIH (Sistema de Información Hidrológica), software elaborado por la Intendencia de Recursos Hídricos (IRH) para el análisis de la Información Hidrológica. Los registros históricos se presentan en el VOLUMEN III: REGISTROS HISTÓRICOS y el periodo de registros en el CUADRO 5.1

5.1.2 Funcionamiento

Se han registrado 28 estaciones de las cuales 22 pertenecen a la CUENCA, 2 a la de Jequetepeque, 1 al Marañón, 2 a Moche y una a la Intercuenca de la quebrada Culebra.

De las 22 estaciones pluviométricas de la CUENCA 11 de ellas han dejado de funcionar -la mayoría de ellas el año de 1971- reduciendo el número de estaciones operativas a 8 –4 controladas por el SENAMHI y 6 por otras entidades.

De estas 8 estaciones solo se obtuvo los registros históricos de los últimos años de 3 que opera el SENAMHI –1 en Huancay y 2 en Chuquillanqui- y 1 estación que opera otra entidad en la cuenca Baja tal como se detalla a continuación por subcuenca.

En Huancay esta operativa la estación de Callancas (SENAMHI) y se encuentran no operativas Usquil, Coina, Capachique y Santa Rosa.

En Chuquillanqui las estaciones operativas de Cospan y Sayapullo que las controla el SENAMHI tienen registros hasta la actualidad. Mientras tanto las estaciones operativas de Salagual, Sunchubamba y Casais que las controla la Coop. J.C. Mariategui tienen registros hasta la fecha pero no lo obtuvimos. Las estaciones no operativas en Chuquillanqui son Huaycot, Chicden, Turbina, Kanzel, Campoden y La Rosa.

En Ochape la única estación existente es Casca y la opera el CEFOP Instituto Tecnológico Manuel Díaz. No se obtuvo información existente de los últimos años.

En Santanero existe solo la estación de San Benito y a pesar de reportar al SENAMHI no se consiguió la información de ella para los últimos años.

En Quirripa no existen estaciones pluviométricas

En la cuenca media esta no operativa la estación Tambo y en la cuenca Baja están operativas las estaciones de Cartavio y Casagrande controladas por las empresas de Cartavio y Casa Grande respectivamente. De estas se obtuvo información reciente de la estación Casa Grande. Finalmente la estación Chiclin esta no operativa.

CUADRO 5.1 PERIODOS DE REGISTROS PLUVIOMÉTRICOS

CÓDIGO ESTACION	NOMBRE DE ESTACION	PRECIPITACION MENSUAL	1945 - 2001		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	REGIST HISTOR.			
			1945	2001																																	
153257	PUERTO CHICAMA	1945 - 2001																																		32	
153260	CARTAVO	1944 - 1971																																			28
153262	CHICLIN	1930 - 1936																																			7
153254	CASA GRANDE	1934 - 2002																																			58
153279	TAMBO	1938 - 1971																																			34
153250	CASCAS	1964 - 1982																																			19
153201	SAN BENITO	1965 - 1971																																			7
153101	CALLANCAS	1967 - 2000																																			29
153258	COINA	1960 - 1974																																			10
153278	CAMPODEN	1938 - 1971																																			34
153264	SAYAPULLO	1960 - 2002																																			30
153216	COSPAN	1963 - 2002																																			13
153275	SUNCHUBAMBA	1931 - 1971																																			41
153287	CASAIS	1957 - 1971																																			15
153221	CAPACHIQUE	1963 - 1971																																			9
153274	CHICDEN	1939 - 1971																																			33
153297	SALAGUAL	1940 - 1971																																			32
153265	LA ROSA	1924 - 1946																																			23
153309	TURBINA	1964 - 1971																																			8
153266	USQUIL	1957 - 1960																																			4
153267	SANTA ROSA	1967 - 1969																																			3
153271	HUAYCOT	1934 - 1971																																			38
153276	KANZEL	1960 - 1969																																			10
153217	ASUNCION	1987 - 2002																																			14
153248	CONTUMAZA	1965 - 2000																																			36
153223	CACHACHI	1965 - 2002																																			38
153206	SINSICAP	1965 - 2002																																			37
153261	OTUZCO	1964 - 1979																																			16

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

5.1.3 Implementación de nuevas estaciones

La Organización Meteorológica Mundial estableció la densidad mínima recomendada de estaciones pluviométricas a partir de una zonificación basada en 7 unidades fisiográficas. En la CUENCA existen dos unidades fisiográficas: zonas costeras y zonas montañosas.

CUADRO 5.2 DENSIDAD MÍNIMA RECOMENDADA DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Unidad Fisiográfica	Densidad mínima (Km ² /estación)
Zonas costeras	900
Zonas montañosas	250
Llanuras interiores	575
Zonas escarpadas / ondulantes	575
Pequeñas islas	25
Zonas urbanas	-
Zonas polares y áridas	10000

Fuente: Guía de Practicas Hidrológicas – Organización Meteorológica Mundial (OMM)

La situación actual de la CUENCA, considerando las estaciones operativas del SENAMHI, es deficiente en su totalidad porque no alcanza el mínimo de 17 estaciones que la OMM recomienda.

Sin embargo si es que se pone a disposición los registros de las otras instituciones como sucedió en la cuenca Baja con las estación de Casa Grande entonces las deficiencias se reducirían a las subcuencas de Huancay, Santanero, Quirripango y Media que requieren incrementar sus estaciones a 5, 2, 2 y 2 respectivamente. Ver CUADRO 5.3

CUADRO 5.3 NÚMERO DE ESTACIONES MÍNIMAS RECOMENDADA

Subcuenca	Área (Km ²)	Número de Estaciones pluviométricas				Numero de estaciones mínima recomendado	Densidad mínima (Km ² /est)
		Total	Operativas SENAMHI	Operativas OTROS	No operativas		
Huancay	1186.1	5	1	0	4	5	250
Chuquillanqui	909.2	11	2	3	6	4	250
Ochape	217.1	1	0	1	0	1	250
Santanero	567.4	1	1	0	0	2	250
Quirripango	327.6	0	0	0	0	2	250
Media	457.8	1	0	0	1	2	250
Baja	1149.2	3	0	2	1	1	900
Cuenca	4814.3	22	4	6	12	17	-

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

La red mínima de 17 estaciones pluviométricas, que se recomienda, debe distribuirse en la cuenca de tal manera de obtener una relación de precipitación – altitud de mayor representación. A continuación presentamos un conjunto de recomendaciones para la permanencia, reactivación e implementación de estaciones pluviométricas.

Subcuenca del río Huancay

- ✓ Mantener operativa las estación de Callancas (SENAMHI).
- ✓ Solicitar al SENAMHI la reactivación de la estación Coina.

- ✓ Implementar nuevas estaciones en las localidades de Huaranchal y Compín a las que denominaríamos Huaranchal y Compín respectivamente.
- ✓ Realizar un convenio para tener acceso a la información de una de las estaciones que controla la Minera Barrick y que denominan Callacuyan.
- ✓ Finalmente se tendrían 5 estaciones: Callancas, Coína, Huaranchal, Compín y Callacuyan.

Subcuenca del río Chuquillanqui

- ✓ Mantener operativas las estaciones de Cospan y Sayapullo (SENAMHI).
- ✓ Realizar un convenio para tener acceso a la información que controla la Coop. J.C. Mariategui en especial la estación de Sunchubamba.
- ✓ Solicitar al SENAMHI la reactivación de la estación Huaycot
- ✓ Implementar una nueva estación en la localidad de Baños Chimú a la que denominaremos Chimú.
- ✓ Finalmente se tendrían 5 estaciones: Huaycot, Sunchubamba, Sayapullo, Cospan y Chimú.

Subcuenca del río Ochape

- ✓ Realizar un convenio para tener acceso a la información que controla el CEFOP Instituto Tecnológico J.C. Mariategui con respecto a la estación de Cascas.

Subcuenca del río Santanero

- ✓ Mantener operativa las estación de San Benito (SENAMHI)
- ✓ Implementar una nueva estación en la localidad de Algarrobal cerca de la confluencia del río San Benito y Santa Ana, a la que denominaremos Algarrobal.
- ✓ Finalmente se tendrían 2 estaciones: San Benito y Santa Ana.

Subcuenca del río Quirripaño

- ✓ Implementar una nueva estación en la localidad de Miragon y otra en la confluencia de los río Grande y Playa Grande, a la que denominaremos Quirripaño.
- ✓ Finalmente se tendrían 2 estaciones: Miragon y Quirripaño.

Subcuenca Media

- ✓ Solicitar al SENAMHI la reactivación de la estación Tambo (SENAMHI)
- ✓ Implementar una nueva estación en la localidad de Punta Moreno a la que denominaremos Punta Moreno.
- ✓ Finalmente se tendrían 2 estaciones: Tambo y Punta Moreno.

Subcuenca Baja

- ✓ Realizar un convenio para tener acceso a la información que controla la Empresa Casa Grande con respecto a la estación del mismo nombre.

Alcanzar una red mínima permitiría el desarrollo de modelos de Precipitación – Escorrentía de mayor confiabilidad y más representativo en la Cuenca.

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.

5.2 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

5.2.1 Análisis Gráfico

Del total de 28 estaciones pluviométricas repartidas en la cuenca del río Chicama y las cuencas e intercuencas aledañas y luego de hacer una revisión de los histogramas y la longitud de sus registros se eliminaron 3 de ellas:

- ✓ La estación de Chiclin por contar con poca información (07 años de registro)
- ✓ La estación de Turbina por contar con poca información (08 años de registro)
- ✓ No se considero la estación de Santa Rosa por su escasa información (03 años de registro)

Del mismo modo se detectaron periodos de registros que presentaban errores sistemáticos:

- ✓ Se detectó inconsistencia en la información de los años 1951,1952,1953,1954 y 1969 de la estación Puerto Chicama, desestimándose dicha información.
- ✓ Se detectó inconsistencia en la información de los meses febrero y marzo de 1967; abril, mayo y junio de 1969; febrero de 1983 de la estación Cachachi, desestimándose dicha información.

Con las 25 estaciones seleccionadas y libres de errores sistemáticos se realizó el análisis de consistencia.

5.2.2 Análisis de doble masa y análisis estadístico de saltos

Una vez descartados los errores sistemáticos de las series históricas se determinó con el diagrama de doble masa y los análisis estadísticos la existencia de saltos en las series.

Las estaciones seleccionadas fueron agrupadas en cuatro grupos tomando en consideración su cercanía, altitud y periodo común de registros.

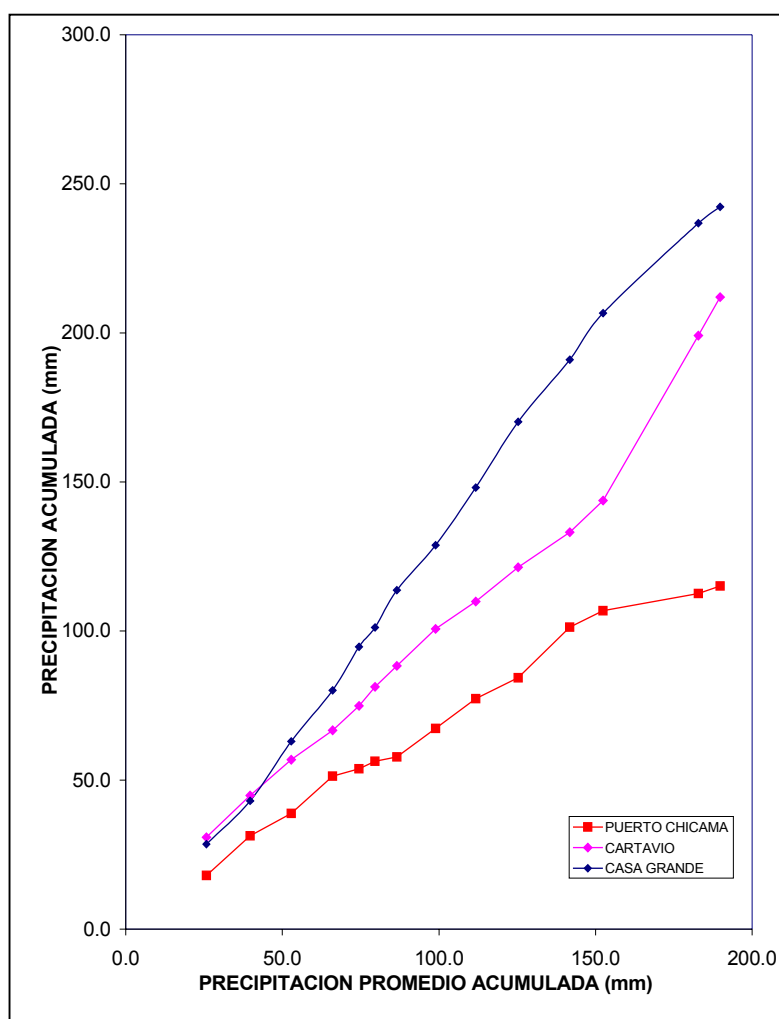
Grupo de Análisis 1

Se seleccionaron las estaciones pertenecientes al valle del río Chicama e Intercuenca de la quebrada Culebra considerando un periodo común de 1955 – 1968. Las estaciones seleccionadas son Puerto Chicama, Cartavio, Casa Grande.

El diagrama de doble masa (FIGURA 5.1) nos ayudo a detectar saltos estadísticamente significativos en la estación Cartavio. Se analizó los periodos 1944-1966 y 1967-1971 corrigiéndose el segundo periodo de acuerdo a la ecuación que se muestra en el CUADRO 5.4.

En el segundo periodo de Cartavio no se corrigieron las precipitaciones nulas, ello estuvo presente en los siguientes meses: marzo, abril, mayo, agosto, setiembre, noviembre y diciembre de 1967; marzo, abril, junio, setiembre, noviembre y diciembre de 1968; enero, abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre de 1969; enero, mayo, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1970; enero, febrero, abril, mayo, junio de 1971.

FIGURA 5.1 ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 1 (1955 – 1968)



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

CUADRO 5.4 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.	
CARTAVIO	1944	1966	276	0.8525	1.7686	3.76693	1.967	14.9778	1.397	SI	SI	3.870X-0.645
	1967	1971	51	2.6549	6.8448							0.258X+0.167

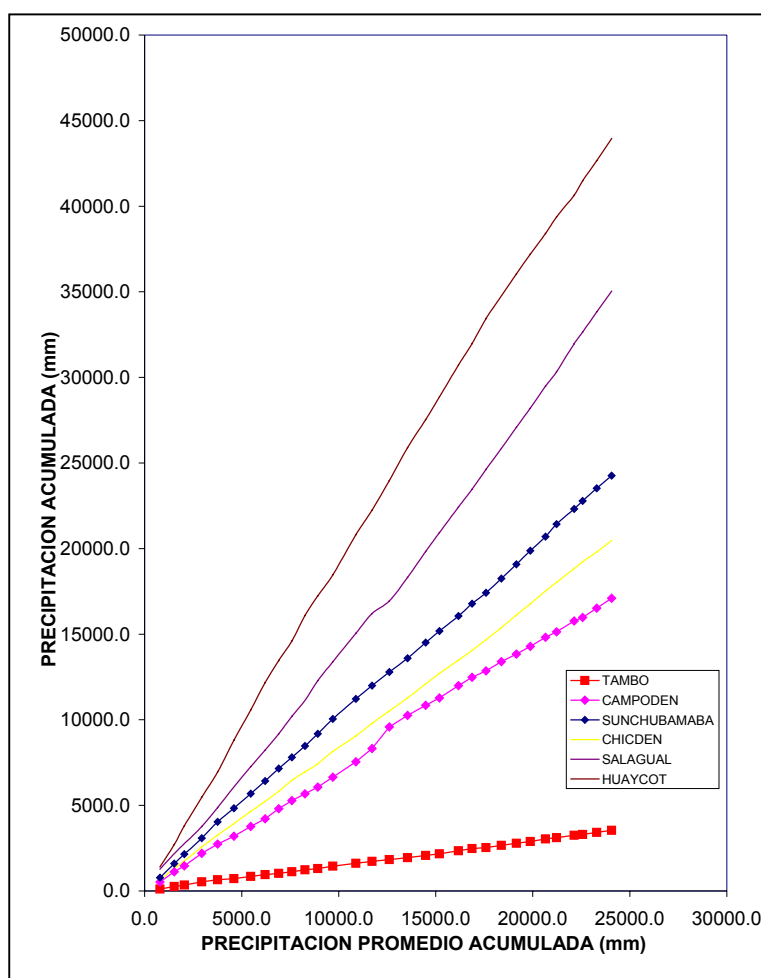
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Grupo de Análisis 2

Se seleccionaron las estaciones pertenecientes a la subcuenca del río Chuquillanqui considerando un periodo común de 1940 – 1970. Las estaciones seleccionadas son Tambo, Campoden, Sunchubamba, Chicden, Salagual, Huaycot.

Con ayuda del diagrama de doble masa (FIGURA 5.2) y el análisis estadístico no se detectaron saltos significativos en las estaciones seleccionadas en este grupo.

FIGURA 5.2 ANALISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 2 (1940 – 1970)



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

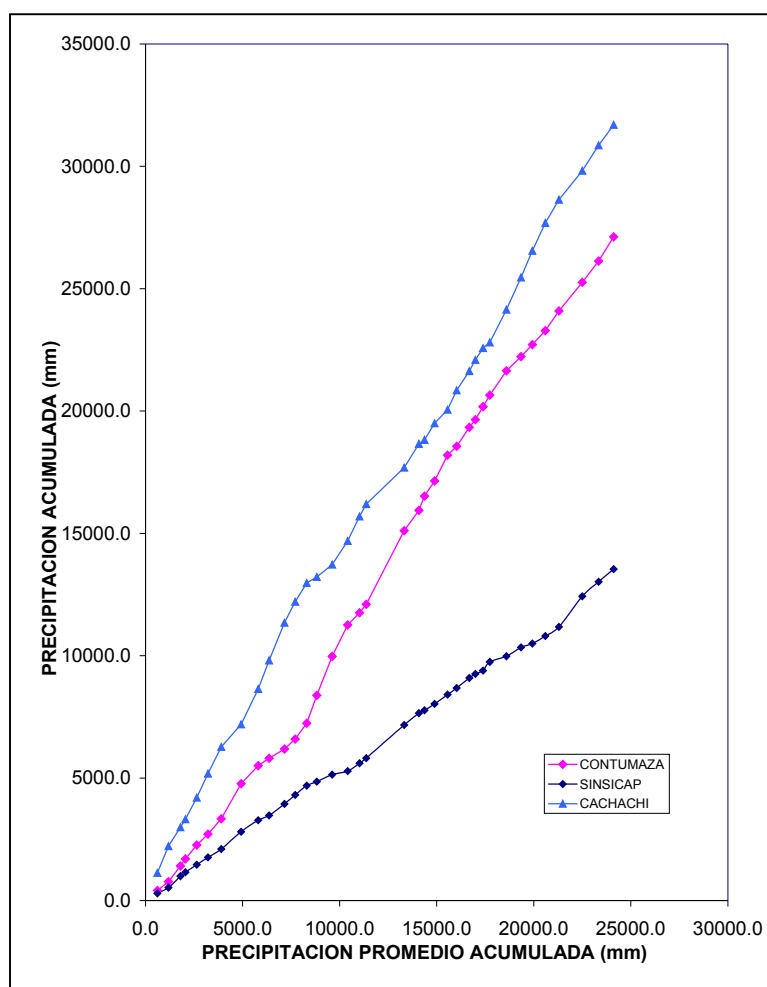
Grupo de Análisis 3

Se seleccionaron las estaciones Sinsicap, Contumazá y Cachachi de las cuencas del río Moche, Jequetepeque y Marañón respectivamente considerando un periodo común de 1965 – 2000.

El diagrama de doble masa (FIGURA 5.3) nos ayudó a detectar saltos estadísticamente significativos en la estación de Contumazá. Se analizó los periodos 1977–1984 y 1985–2000 corrigiéndose el primer periodo de acuerdo a la ecuación que se muestra en el CUADRO 5.5.

En el primer periodo, de la estación Contumazá, no se corrigieron las precipitaciones nulas, ello estuvo presente en los siguientes meses: junio, julio y agosto de 1977; junio y agosto de 1978; junio y octubre de 1979; junio, julio, agosto, setiembre de 1980; mayo, junio, julio, setiembre de 1981; junio, julio, agosto de 1982; mayo, julio, agosto y setiembre de 1983; agosto de 1984.

FIGURA 5.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 3 (1965 – 2000)



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

CUADRO 5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SALTOS – GRUPO 3

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Std.	
CONTUMAZA	1977	1984	95	98.1326	189.305	2.43692	1.968	4.5885	1.354	SI	SI	0.467X-12.402
	1985	2000	192	58.2135	88.3743							2.142X+26.566

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

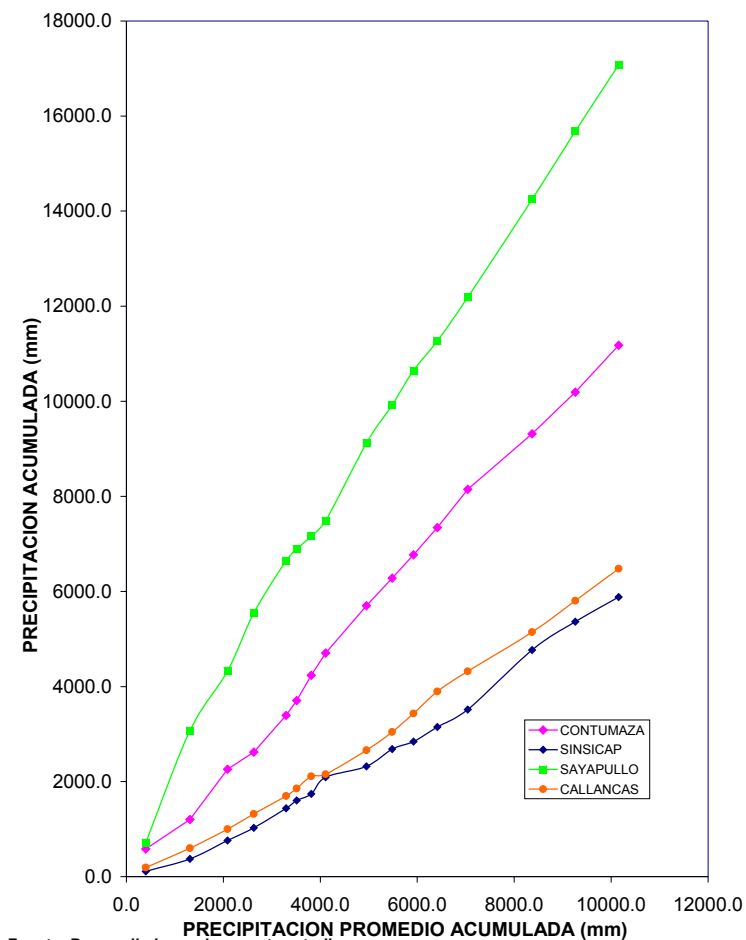
Grupo de Análisis 4

Se seleccionaron las estaciones de Sinsicap, Callancas, Sayapullo y Contumazá considerando un periodo común de 1985 – 2000.

El diagrama de doble masa (FIGURA 5.4) nos ayudo a detectar saltos estadísticamente significativos en la estación Sayapullo. Se analizó los periodos 1982-1986 y 1987-2002 corrigiéndose el primer periodo de acuerdo a la ecuación que se muestra en el CUADRO 5.6.

En el primer periodo, de la estación Sayapullo, no se corrigieron las precipitaciones nulas, ello estuvo presente en los siguientes meses: mayo, junio, julio, agosto de 1982; agosto de 1983; julio, agosto, octubre de 1984; mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre de 1985; junio, julio y octubre de 1986.

FIGURA 5.4 ANÁLISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 4 (1985 – 2000)



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

CUADRO 5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SALTOS – GRUPO 4

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo		Ecuación de Corrección
						Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Std.	
SAYAPULLO	1982	1986	60	243.84	544.1463	3.64712	1.969	15.2797	1.444	SI	SI	0.256X+24.487
	1987	2002	192	86.8672	139.2059							3.909X-95.718

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

5.3 COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN 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 **1934 – 2002**.

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.

Hubieron estaciones que contaban con poca información que se completaron, sin embargo algunas de estas se descartaron porque la información completada era inconsistente.

Grupo de Análisis 1

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones de Puerto Chicama, Cartavio (corrección por salto), Casa Grande, Tambo, Cascas, San Benito, Contumazá

(corrección por salto) y Sinsicap. Con este análisis se completaron las estaciones de Puerto Chicama, Cartavio, Casa Grande, Tambo, Cascas, San Benito, Contumazá y Sinsicap.

Grupo de Análisis 2.1

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones de Tambo (información completada), Callancas, Sayapullo (corrección por salto), Sunchubamba, Capachique, Huaycot, Sinsicap (información completada), Otuzco. Con este análisis se completaron las estaciones de Callancas y Otuzco.

Grupo de Análisis 2.2

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones de Tambo (información completada), Callancas (información completada), Usquil, Coina, Capachique, Sinsicap (información completada), Otuzco (información completada). Con este análisis se completó la estación de Coina y Capachique y se descartó la estación Usquil.

Grupo de Análisis 3.1

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones de Tambo (información completada), Campoden, Sayapullo (corrección por salto), Salagual, La Rosa, Asunción, Contumazá (información completada) y Cospan. Con este análisis se completó las estaciones de Campoden, Sayapullo, Salagual, Asunción, Cospan y se descartó la estación La Rosa.

Grupo de Análisis 3.2

Se realizó la correlación múltiple de las estaciones de Sayapullo (información completada), Sunchubamba, Casais, Chicden, Salagual (información completada), Huaycot, Kanzel y Cachachi. Con este análisis se completó las estaciones de Sunchubamba, Huaycot y Kanzel y se descartó las estaciones de Casais, Chicden y Cachachi.

Al final el proceso de completación se seleccionaron 20 de las 25 estaciones (se descartaron por inconsistencia las estaciones Usquil, La Rosa, Casais, Chicden y Cachachi) quedando actas para el desarrollo del análisis pluviométrico. La lista de estas estaciones se presentan a continuación:

- ✓ Puerto Chicama
- ✓ Cartavio
- ✓ Casa Grande
- ✓ Tambo
- ✓ Cascas
- ✓ San Benito
- ✓ Callancas
- ✓ Coina
- ✓ Sinsicap
- ✓ Capachique
- ✓ Otuzco
- ✓ Asunción
- ✓ Campoden
- ✓ Sayapullo

- ✓ Contumazá
- ✓ Cospan
- ✓ Sunchubamba
- ✓ Salagual
- ✓ Huaycot
- ✓ Kanzel

Ver el VOLUMEN IV: REGISTROS GENERADOS.

5.4 PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL Y MENSUAL

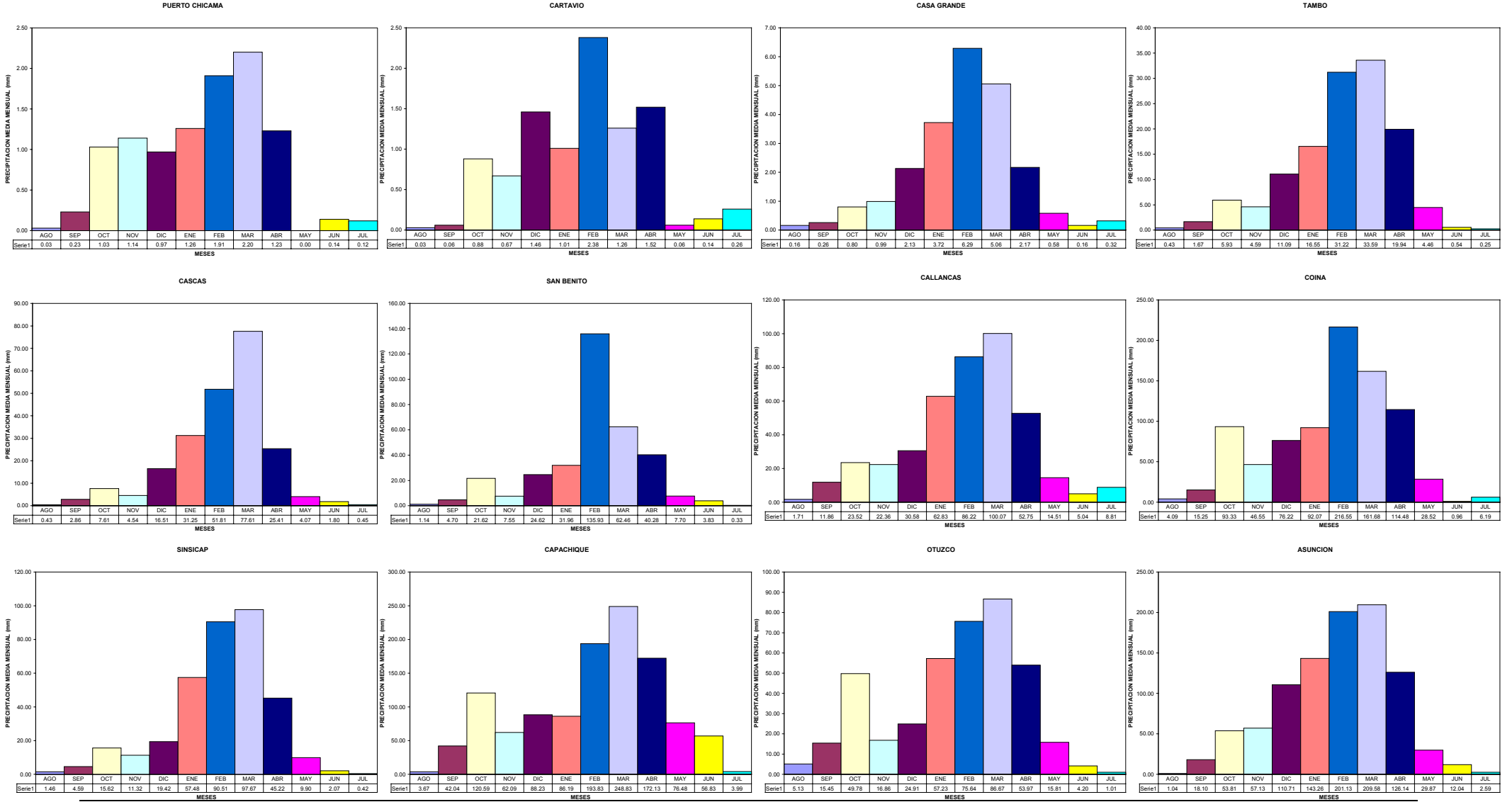
Las precipitaciones medias de las 20 estaciones pluviométricas seleccionadas para el estudio hidrológico describen en los meses de máxima intensidad (enero, febrero y marzo) para la zona alta de la cuenca precipitaciones medias que alcanzan los 293.28 mm con un promedio anual de 1192.75mm, mientras que en las parte baja de la cuenca, estas llegan a 33.59mm con un promedio anual de 130.26mm.

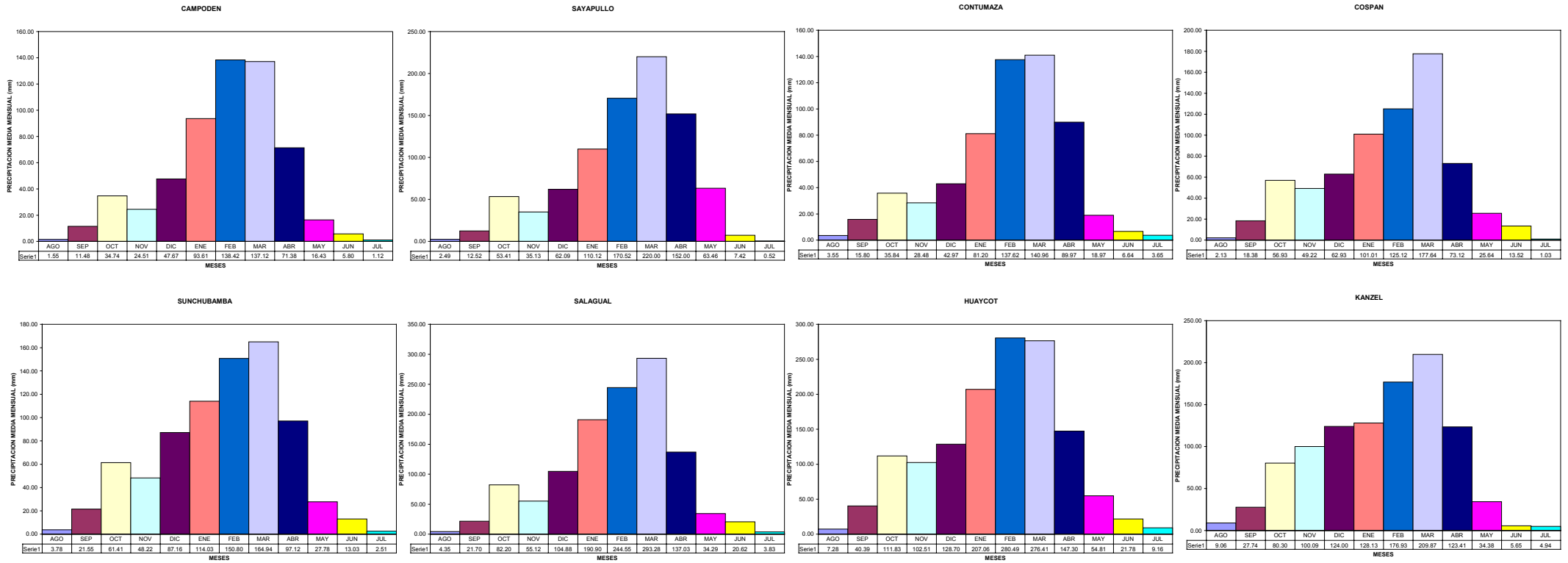
CUADRO 5.7 PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA MENSUAL Y ANUAL

CODIGO	ESTACION	ALTITUD	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	ANUAL
153257	PUERTO CHICAMA	5	0.03	0.23	1.03	1.14	0.97	1.26	1.91	2.20	1.23	0.00	0.14	0.12	10.26
153260	CARTAVIO	58	0.03	0.06	0.88	0.67	1.46	1.01	2.38	1.26	1.52	0.06	0.14	0.26	9.73
153254	CASA GRANDE	150	0.16	0.26	0.80	0.99	2.13	3.72	6.29	5.06	2.17	0.58	0.16	0.32	22.64
153279	TAMBO	850	0.43	1.67	5.93	4.59	11.09	16.55	31.22	33.59	19.94	4.46	0.54	0.25	130.26
153250	CASCAS	1208	0.43	2.86	7.61	4.54	16.51	31.25	51.81	77.61	25.41	4.07	1.80	0.45	224.35
153201	SAN BENITO	1345	1.14	4.70	21.62	7.55	24.62	31.96	135.93	62.46	40.28	7.70	3.83	0.33	342.12
153101	CALLANCAS	1511	1.71	11.86	23.52	22.36	30.58	62.83	86.22	100.07	52.75	14.51	5.04	8.81	420.26
153258	COINA	1874	4.09	15.25	93.33	46.55	76.22	92.07	216.55	161.68	114.48	28.52	0.96	6.19	855.89
153206	SINSICAP	2125	1.46	4.59	15.62	11.32	19.42	57.48	90.51	97.67	45.22	9.90	2.07	0.42	355.68
153221	CAPACHIQUE	2550	3.67	42.04	120.59	62.09	88.23	86.19	193.83	248.83	172.13	76.48	56.83	3.99	1154.90
153261	OTUZCO	2635	5.13	15.45	49.78	16.86	24.91	57.23	75.84	86.67	53.97	15.81	4.20	1.01	406.66
153217	ASUNCION	2155	1.04	18.10	53.81	57.13	110.71	143.26	201.13	209.58	126.14	29.87	12.04	2.59	965.40
153278	CAMPODEN	2300	1.55	11.48	34.74	24.51	47.67	93.61	138.42	137.12	71.38	16.43	5.80	1.12	583.83
153264	SAYAPULLO	2400	2.49	12.52	53.41	35.13	62.09	110.12	170.52	220.00	152.00	63.46	7.42	0.52	889.68
153248	CONTUMAZA	2452	3.55	15.80	35.84	28.48	42.97	81.20	137.62	140.96	89.97	18.97	6.64	3.65	605.65
153216	COSPAN	2453	2.13	18.38	56.93	49.22	62.93	101.01	125.12	177.64	73.12	25.64	13.52	1.03	706.67
153275	SUNCHUBAMBA	2456	3.78	21.55	61.41	48.22	87.16	114.03	150.80	164.94	97.12	27.78	13.03	2.51	792.33
153297	SALAGUAL	2594	4.35	21.70	82.20	55.12	104.88	190.90	244.55	293.28	137.03	34.29	20.62	3.83	1192.75
153271	HUAYCOT	3200	7.28	40.39	111.83	102.51	128.70	207.06	280.49	276.41	147.30	54.81	21.78	9.16	1387.72
153276	KANZEL	3600	9.06	27.74	80.30	100.09	124.00	128.13	176.93	209.87	123.41	34.38	5.65	4.94	1024.50

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 5.5 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL





Fuente: Desarrollado en el presente estudio

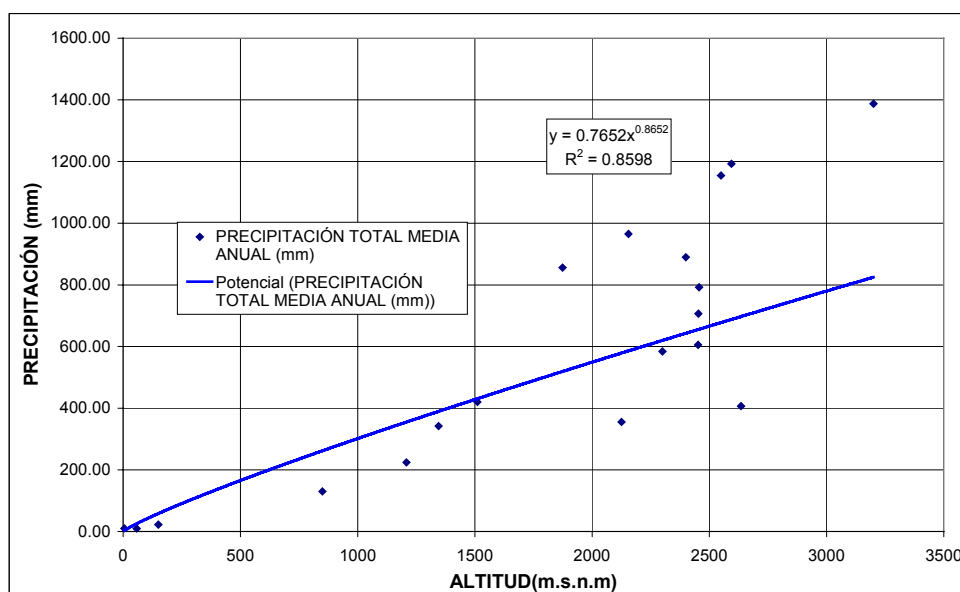
5.5 ECUACIÓN REGIONAL DE PRECIPITACIÓN

El comportamiento orográfico de las precipitaciones en la región hicieron posible desarrollar la ecuación regional, primero considerando todas las estaciones y luego zonificando en parte baja y media de la CUENCA, parte alta de la CUENCA subcuenca Chuquillanqui y parte alta de la CUENCA subcuenca Huaycan, los mismos que se detallan a continuación.

La ecuación regional de las estaciones ubicadas en la vertiente del Pacífico correspondientes a las cuencas de los ríos Jequetepeque, Moche y Chicama tiene una correlación de $R^2 = 0.86$ con una tendencia potencial tal como se aprecia en el siguiente cuadro.

CUADRO 5.8 ECUACIÓN REGIONAL VERTIENTE PACIFICO

	CODIGO	ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m)	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)
1	153257	PUERTO CHICAMA	5	10.26
2	153260	CARTAVIO	58	9.73
3	153254	CASA GRANDE	150	22.64
4	153279	TAMBO	850	130.26
5	153250	CASCAS	1208	224.35
6	153201	SAN BENITO	1345	342.12
7	153101	CALLANCAS	1511	420.26
8	153258	COINA	1874	855.89
9	153206	SINSICAP	2125	355.68
10	153221	CAPACHIQUE	2550	1154.90
11	153261	OTUZCO	2635	406.66
12	153217	ASUNCION	2155	965.40
13	153278	CAMPODEN	2300	583.83
14	153264	SAYAPULLO	2400	889.68
15	153248	CONTUMAZA	2452	605.65
16	153216	COSPAN	2453	706.67
17	153275	SUNCHUBAMBA	2456	792.33
18	153297	SALAGUAL	2594	1192.75
19	153271	HUAYCOT	3200	1387.72
20	153276	KANZEL	3600	1024.50

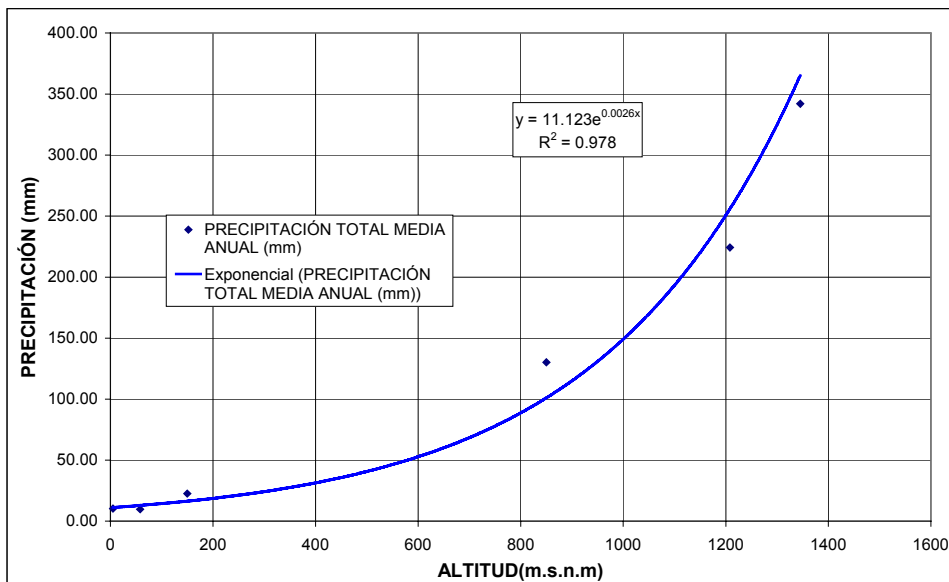


Fuente: Desarrollado en el presente estudio

La ecuación regional para la parte baja y media de la CUENCA tiene una correlación de $R^2 = 0.98$ con una tendencia exponencial. Ver el siguiente cuadro.

CUADRO 5.9 ECUACIÓN REGIONAL PARTE BAJA Y MEDIA DE LA CUENCA

	CODIGO	ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m)	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)
1	153257	PUERTO CHICAMA	5	10.26
2	153260	CARTAVIO	58	9.73
3	153254	CASA GRANDE	150	22.64
4	153279	TAMBO	850	130.26
5	153250	CASCAS	1208	224.35
6	153201	SAN BENITO	1345	342.12

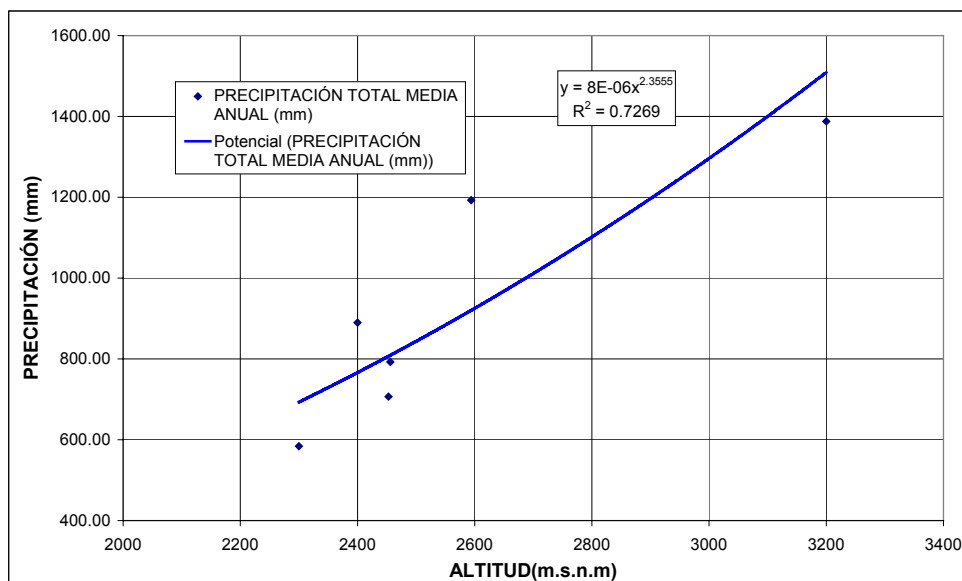


Fuente: Desarrollado en el presente estudio

En la parte alta de la CUENCA subcuenca Chuquillanqui la ecuación regional tiene una correlación de $R^2 = 0.73$ con una línea de tendencia exponencial tal como se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO 5.10 ECUACIÓN REGIONAL PARTE ALTA DE LA CUENCA – SUBCUENCA CHUQUILLANQUI

	CODIGO	ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m)	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)
1	153278	CAMPODEN	2300	583.83
2	153264	SAYAPULLO	2400	889.68
3	153216	COSPAN	2453	706.67
4	153275	SUNCHUBAMBA	2456	792.33
5	153297	SALAGUAL	2594	1192.75
6	153271	HUAYCOT	3200	1387.72
7	153276	KANZEL	3600	1024.50

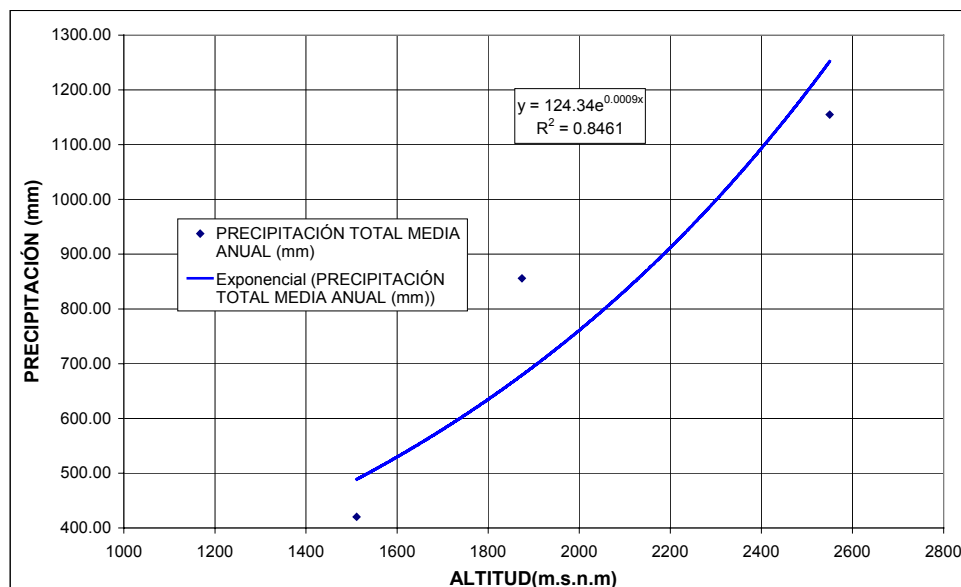


Fuente: Desarrollado en el presente estudio

La ecuación regional para la parte alta de la cuenca subcuenca Huancay tiene una correlación de $R^2 = 0.85$ con una tendencia exponencial. Ver el cuadro siguiente.

CUADRO 5.11 ECUACIÓN REGIONAL PARTE ALTA DE LA CUENCA – SUBCUENCA

	CODIGO	ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m)	CIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL (mm)
1	153101	CALLANCAS	1511	420.26
2	153258	COINA	1874	855.89
3	153221	CAPACHIQUE	2550	1154.90



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

5.6 PRECIPITACION AREAL

La precipitación representativa para una área dada se le denomina precipitación areal.

Se emplearon tres metodologías: thiessen, isoyetas, y thiessen modificado.

El método de thiessen consiste en atribuir un factor de peso a los totales de precipitación en cada polígono, proporcionales al área de influencia de cada uno. Cada polígono se forma a partir de las mediatrices de las líneas rectas que unen entre sí los puntos de ubicación de las estaciones. Este método no considera la influencia orográfica propia de la CUENCA.

El método de isoyetas es considerado de mayor precisión porque se utilizan isolíneas de igual precipitación llamadas isoyetas cuyo trazado es semejante al de una curva de nivel. El factor de peso en este caso es proporcional al área encerrada entre dos isoyetas y la precipitación considerada es la media entre ellas. Este método permite introducir los efectos orográficos en la CUENCA regidos por las ecuaciones regionales descritas en el ítem anterior.

El método de thiessen modificado es un método práctico basado en el de thiessen pero con una modificación de sus pesos para poder reproducir los resultados del método de isoyetas. Lo importante entonces de este método son los pesos calculados ya que con ellos y los polígonos de thiessen se pueden generar precipitaciones sin necesidad de generar las isoyetas y de dar una respuesta aproximada a ella. En el presente estudio los pesos modificados calculados en las precipitación areal media será usado para el cálculo de la precipitación areal histórica.

5.6.1 Media Anual

La precipitación anual por subcuenca se calculó a partir de las precipitaciones media anuales de los registros completados y homogenizados de 20 estaciones pluviométricas en el periodo 1934 – 2002.

Para el método de thiessen, los polígonos se formaron a partir de las estaciones Puerto Chicama, Cartavio, Casa Grande, Tambo, Cascas, San

Benito, Callancas, Coina, Sinsicap, Capachique, Otuzco, Asunción, Campoden, Sayapullo, Contumazá, Cospan, Sunchubamba, Salagual, Huaycot, Kanzel.

En el método de isoyetas se generaron cada 100mm., a partir de las mismas estaciones empleadas en el polígono de thiesen.

Finalmente se muestra en el siguiente cuadro las diferencias existentes entre los dos métodos, de los cuales el método de las isoyetas ofrece mayor confiabilidad debido a que representa mejor el comportamiento orográfico de las precipitaciones en la CUENCA. Cuando tratamos precipitación areal media el método de isoyetas es apropiado, sin embargo cuando se trata de precipitación areal histórica se usara el método de Thiessen modificado porque mantiene el comportamiento de las isoyetas pero su metodología es mas práctica.

CUADRO 5.12 PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA ANUAL (mm)

METODO	Subcuenca Baja	Subcuenca Media	Subcuenca Río Chuquillanqui	Subcuenca Río Huancay	Subcuenca Río Ochape	Subcuenca Río Quirripango	Subcuenca Río Santanero	CUENCA	CUENCA hasta Salinar
THIESEN	79.9	190.4	786.3	630.8	357.9	291.3	341.9	417.3	523.1
ISOYETAS	64.3	123.9	738.3	639.8	296.6	145.0	240.7	375.8	473.4
THIESEN MODIFICADO	64.3	123.9	738.0	639.8	296.6	145.0	240.7	375.7	473.4

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

5.6.2 Media Mensual

La precipitación mensual por subcuenca se calculó a partir de las precipitaciones media anuales de los registros completados y homogenizados de 20 estaciones pluviométricas en el periodo 1934 – 2002.

Se emplearon en el método de thiesen los mismos polígonos empleados en el calculo de la precipitación anual. El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos por este método.

CUADRO 5.13 PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL (mm) – THIESEN

METODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Subcuenca Río Chuquillanqui	113.3	157.1	184.0	100.4	33.1	10.6	2.0	2.9	16.8	54.8	42.9	68.5	786.3
Subcuenca Río Huancay	70.2	130.4	139.2	90.0	31.0	12.2	4.7	2.5	15.8	54.3	31.7	48.8	630.8
Subcuenca Río Ochape	48.9	80.6	100.0	47.0	9.5	3.7	1.5	1.5	7.4	18.1	13.6	26.3	357.9
Subcuenca Río Quirripango	45.4	73.0	81.8	37.3	8.0	1.7	0.4	1.1	3.8	12.5	9.0	17.3	291.3
Subcuenca Río Santanero	35.6	121.5	70.9	41.6	8.0	3.7	0.6	1.2	5.3	20.3	8.7	24.6	341.9
CUENCA	53.6	93.8	97.9	55.3	16.8	6.0	1.8	1.6	8.8	29.5	19.4	32.9	417.3
CUENCA hasta Salinar	66.5	116.7	121.9	69.6	21.5	7.7	2.3	2.0	11.2	37.6	24.6	41.6	523.1

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Se determinaron 12 distribuciones de isoyetas. Los meses de enero a abril se generaron cada 10mm, los meses de octubre a diciembre y mayo se generaron cada 5mm, junio y setiembre cada 2mm, julio cada 1 mm y agosto cada 0.5mm.

A continuación se presenta un resumen de las precipitación areal media mensual adoptada a partir del método de isoyetas.

CUADRO 5.14 PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL (mm) - ISOYETAS

METODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Subcuenca Río Chuquillanqui	104.2	151.5	171.6	94.8	29.7	9.1	2.6	2.8	15.8	51.1	41.6	64.3	738.3
Subcuenca Río Huancay	67.9	127.3	141.2	93.0	33.8	14.4	3.7	2.5	16.1	54.8	33.3	50.3	639.8
Subcuenca Río Ochape	40.4	57.1	87.9	39.8	8.3	2.9	1.2	1.1	7.0	14.7	13.9	22.7	296.6
Subcuenca Río Quirripango	23.2	37.3	41.9	18.4	3.3	1.1	0.5	0.4	1.3	5.3	5.4	10.8	145.0
Subcuenca Río Santanero	24.0	90.4	48.0	28.4	5.7	2.6	0.8	0.9	3.6	14.7	6.4	17.4	240.7
CUENCA	46.4	81.4	86.5	50.4	16.2	6.1	1.7	1.4	8.3	27.1	19.0	30.1	375.8
CUENCA hasta Salinar	58.1	102.9	109.5	63.9	20.5	7.8	2.1	1.8	10.5	34.8	24.1	38.5	473.4

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Los pesos de thiesen modificado se presentan en el VOLUMEN II: ANEXO DE

CALCULOS conjuntamente con el procedimiento de calculo de las precipitación areal media anual y mensual para cada método.

5.6.3 Mensual Histórica

Considerando los polígonos de Thiessen y los pesos de thiessen modificado por mes y por subcuenca se ha calculado la precipitación areal histórica en cada subcuenca. Estos registros se presentan en el VOLUMEN IV: REGISTROS GENERADOS. Los valores medios de estas precipitaciones son las mismas que las generadas por el método de isoyetas en el CUADRO 5.14.

6. ANÁLISIS HIDROMÉTRICO

6.1 RED DE ESTACIONES HIDROLÓGICAS

6.1.1 Registros históricos

Los registros históricos hidrométricos fueron procesados en el SIH (Sistema de Información Hidrológica), software elaborado por la Intendencia de Recursos Hídricos (IRH) para el análisis de la Información Hidrológica. Los registros históricos se presentan en el VOLUMEN III: REGISTROS HISTÓRICOS.

6.1.2 Funcionamiento

Existen 02 estaciones hidrométricas en la cuenca media del río Chicama cuyo funcionamiento ha sido discontinuo, por lo que se tuvo que recurrir a la información de tres fuentes para estas dos estaciones, siendo sin embargo el ente oficial SENAMHI. Las estaciones hidrométricas en cuestión son Salinar y Tambo.

Estación Salinar

Ubicada en el río Chicama aguas abajo de la entrega del río Quirripango en las coordenadas 78°58' de longitud y 7°40' de latitud sur a una altitud de 350 m.s.n.m.

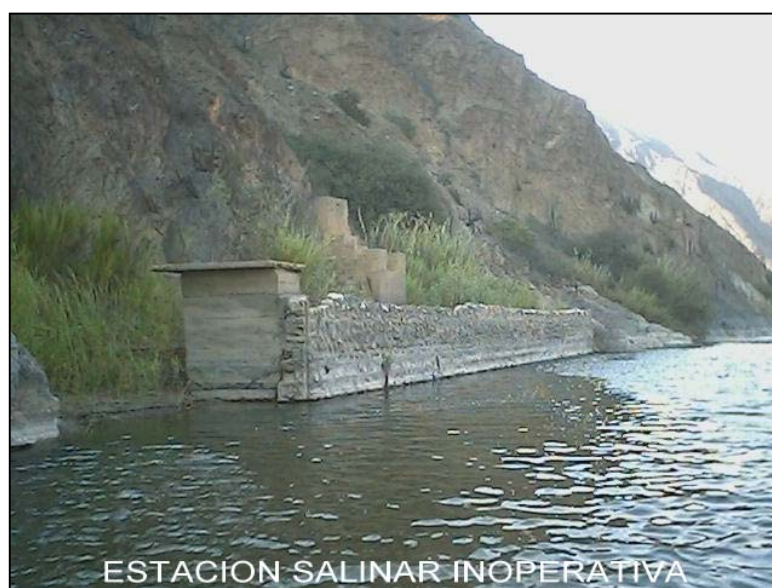
La visita el presente año evidenció que hace varios años se encuentra no operativa y de condición general destruida debido a los embates del Fenómeno El Niño.

En la margen derecha del río se aprecian algunos restos de lo que fue esta estación como son: la caseta de la mira, el muro de encauzamiento y el pilar de apoyo para la oroya antes existente. Mientras que en la margen izquierda no existe ninguna evidencia de esta y solo se aprecia una zona de inundación amplia. Al momento de la evaluación se midió el ancho del cauce de 21m.

La sección de control se encuentra bien definida en su margen derecha por el muro y el afloramiento rocoso mientras que en su margen izquierda existe una ribera móvil (no permanente) y variable debido a que esta compuesto por material granular semi redondeado sobre una matriz limo arenosa.

Según el SENAMHI esta estación entro en funcionamiento el año 1910 y funcionó hasta 1972, quedando inoperativa desde 1972 hasta 1980, año en que fue reactivada para seguir funcionando hasta 1993.

FIGURA 6.1 FOTO DE LA ESTACIÓN SALINAR



Fuente: Foto tomada en el presente estudio – octubre 2003

Con esta evaluación y teniendo como base al SENAMHI se realizó un análisis de la información existente en el ámbito del estudio, encontrándose información en la Empresa Casa Grande y la Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Chicama.

La Empresa Casa Grande tiene registros diarios de esta estación desde 1920 hasta el día de hoy, sin embargo no se tiene la certeza de la validez de esta información en los últimos años porque no encontramos la mira Limnimétrica con la que se realiza la medición.

Del mismo modo la información diaria reportada al IRH por la junta de usuarios del Sub Distrito de Riego Chicama es de 1960 hasta 1982.

El periodo considerado para el análisis hidrométrico es de 1920 – 1972 / 1980 - 1993

De 1920 – 1959 se obtuvo de la Empresa Casa Grande, de 1960 – 1972 del reportado de la Junta de Usuarios y de 1980 – 1993 del SENAMHI.

Estación Tambo

Ubicada en el río Chicama aguas abajo de la entrega del río San Felipe en las coordenadas 78°42' de longitud y 7°34' de latitud sur a una altitud de 712 m.s.n.m.

El SENAMHI operó esta estación desde 1972 hasta 1980.

En la visita realizada este año se pudo apreciar que la estación se encuentra no operativa desde hace varios años tipificándola como destruida totalmente debido también a los efectos del Fenómeno El Niño.

En la margen derecha del río Chicama existen restos de la caseta de la mira como único vestigio de la estación. Se debe señalar que la mira existente pertenece a la Empresa Casa Grande.

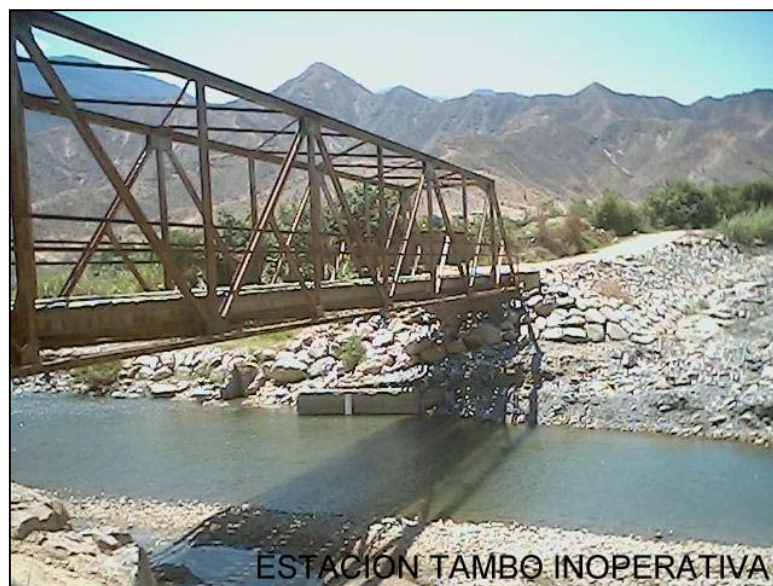
La ubicación de la sección de control es inadecuada por encontrarse cerca al cono de deyección del río San Felipe inmediatamente aguas arriba del Puente, lo que provoca la acumulación de sedimentos y flujo de escombros en sus cercanías alterándola continuamente.

Además la sección de control presenta riberas móviles (no permanentes) de material granular sobre un material limo arenoso con zonas de inundación amplias en la margen izquierda.

Con esta evaluación y teniendo como base al SENAMHI se realizó un análisis de la información existente en el ámbito del estudio, encontrándose información diaria en la Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Chicama, la cual es reportada al IRH desde 1983 hasta 2003. De las lecturas se tiene conocimiento que en los últimos años (desde 1998) se toman de una mira arbitraria que no cuenta con curva de calibración, lo que impide obtener los caudales. Sin embargo la Junta de Usuarios reporta como caudales del río la suma del agua de todas las captaciones que controlan sin considerar otras captaciones pertenecientes a alto Chicama y los excedentes que no son captados. Esta situación nos llevo a considerar no valida la información de 1998 a la fecha.

El periodo considerado para el análisis hidrométrico es de 1972 – 1980 / 1993 – 1998.

De 1972 – 1980 se obtuvo del SENAMHI y de 1993 – 1998 del reportado de la Junta de Usuarios.

FIGURA 6.2 FOTO DE LA ESTACIÓN TAMBO

Fuente: Foto tomada en el presente estudio – octubre 2003

6.1.3 Implementación de nuevas estaciones hidrométricas

La cuenca del río Chicama no cuenta con una estación hidrométrica operativa y es de vital importancia que se tomen las medidas necesarias para que se implemente como mínimo una estación.

Según la Organización Meteorológica Mundial en su “Guía de Prácticas Hidrológicas” recomienda para la selección del sitio lo siguiente:

- ✓ El curso general del río debe ser recto unos 100m aguas arriba y aguas debajo de la estación de aforo.
- ✓ La corriente total debe estar confinada en un solo cauce para todos los niveles y no pueden existir corrientes subterráneas.
- ✓ El lecho del río no debe estar sujeto a socavaciones ni a rellenos y debe estar libre de plantas acuáticas
- ✓ Las orillas deben ser permanentes, lo suficientemente altas para contener las crecidas y deben estar libres de arbustos.
- ✓ Deben haber controles naturales inalterables: afloramientos de roca en el fondo o un cañón estable durante el estiaje, y un cauce encajonado para las crecientes, caídas o cascadas, insumergibles en todos los niveles de manera de tener una relación estable entre el nivel y el caudal. Si no hay condiciones naturales satisfactorias para un control de aguas bajas, se debe prever la instalación de un control artificial.
- ✓ Se debe disponer de un sitio conveniente para alojar el limnógrafo, inmediatamente aguas arriba del control, y protegerlo contra posibles daños por los escombros llevados por las aguas durante las crecidas del río. El limnógrafo debe estar por encima de toda crecida probable que pueda ocurrir durante el periodo de vida de la estación.
- ✓ El sitio de aforo debe estar lo suficientemente aguas de la confluencia con otro río o de los efectos de la marea, para evitar toda influencia variable que puedan ejercer sobre el nivel en el sitio de la estación.
- ✓ Se debe disponer de una longitud de tramo suficiente para medir el caudal a todos los niveles dentro de una razonable disponibilidad de la estación de aforo. No es necesario que las mediciones para aguas altas y bajas se efectúen en la misma sección transversal del río.

- ✓ El sitio debe ser fácilmente accesible para facilitar la instalación y el funcionamiento de la estación de aforo.

Sin embargo estas recomendaciones no siempre se pueden cumplir por lo que se debe buscar un sitio con las mejores condiciones posibles.

En el ítem anterior de funcionamiento y de acuerdo a las recomendaciones anteriores se ha determinado que hidráulicamente la ubicación de las estaciones Tambo y Salinar en sus condiciones actuales no son las adecuadas.

Además desde el punto de vista hidrológico se debe agregar que la estación el Tambo registra solo los aporte de los dos principales afluentes del río Chicama –el río Chuquillanqui y el Huancay- mientras que la estación Salinar registra también los aportes de los demás afluentes –ríos Ochape, Santanero y Quirripaño- lo que lo hace hidrológicamente adecuado.

Finalmente se recomienda que la estación se implemente en las cercanías de la actual estación Salinar porque reúne las mejores condiciones hidrológicas y presenta en su margen derecha condiciones hidráulicas adecuadas - producto del afloramiento rocoso- difíciles de encontrar debido a que el río Chicama presenta en su recorrido por lo general grandes zonas planas de inundación con formaciones de meandros y entrelazados que se pronuncian en épocas de estiaje.

Las consideraciones generales que se debe tomar para la implementación y funcionamiento de la nueva estación Salinar son:

- ✓ Realizar un estudio para el encauzamiento y estabilización de la margen izquierda del río. Previendo los efectos que el Fenómeno El Niño dejó en épocas pasadas. Para ello se debe simular mediante un modelo hidráulico -incluyendo el encauzamiento diseñado- los niveles que se alcanzarían del río con los caudales de los dos últimos fenómenos y el caudal de diseño para el periodo de vida de la estación (ver análisis de máximas).
- ✓ Debido a que aguas arriba de la estación Salinar se encuentran captaciones importantes de los sectores de riego del Subdistrito de riego Chicama, el reporte de la estación Salinar debe ser el registro en la misma mas las aguas captadas en las bocatomas aguas arriba de la estación. De esta manera el registro generado permitirá tener un total conocimiento del régimen natural del río.

6.1.4 Implementación de puntos de control

La estación a implementarse resolvería los problemas de información en la cabecera del valle, sin embargo no existen métodos directos de medición que nos determinen cuales son los aportes de cada subcuenca que permitan cuantificar las disponibilidades de sus ríos.

Ante ello y en vista que los costos de instalación, operación y mantenimiento de una estación hidrométrica son altos y mas aun de una estación limnigráfica, es que se propone establecer puntos de aforo de caudales instantáneos para realizarse al menos una vez al mes, con lo cual ayudaría a calibrar un modelo basado en precipitaciones y se determinarían caudales medios.

El equipo empleado para los aforos es un correntómetro SEBA de molinete Universal F1 adquirido para el ATDRCH.

Se determinaron y midieron 8 puntos de aforo para la época de estiaje y se plantean para la época de crecidas aumentar su numero a 12 puntos de control con la finalidad de obtener mediciones en los ríos que en este periodo registran poco o ningún caudal.

Las ubicaciones de los puntos de control no son absolutas, pudiendo variar metros aguas abajo o aguas arriba, tratando de encontrar las mejores condiciones hidráulicas. Sin embargo si es importante que se respete la secuencia y el tiempo (en días) de las mediciones realizadas para asegurar su representatividad.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de cuatro campañas de aforo realizadas en los meses de octubre y noviembre, en el se pueden apreciar que solo los ríos Chuquillanqui y Huancay aportan al río Chicama en esta época.

CUADRO 6.1 CAMPAÑAS DE AFORO

PUNTOS DE AFORO	NOMBRE	RIO	CAUDAL AFORADO (m ³ /s)			
			OCTUBRE		NOVIEMBRE	
			15-18	26-27	08-09	14-15
1	PUENTE DE COINA	Huancay	0.658	0.596	0.592	0.420
2	HUANCA Y	Huancay	0.926	0.817	0.862	0.997
3	PUENTE SAN JORGE	San Jorge	0.289	0.287	0.294	0.258
4	COSPAN	Cospan	0.784	0.562	0.492	0.554
5	BAÑOS CHIMU	Chuquillanqui	1.108	1.300	1.054	0.914
6	PUENTE TAMBO	Chicama	1.837	1.662	2.249	1.791
7	OCHAPE	Ochape	0.000	0.000	0.000	0.000
8	PUNTO 8	Chicama	0.000	0.000	0.000	0.000
9	PUENTE MORENO	Chicama	1.151	0.896	1.452	1.170
10	SANTANERO	Santanero	0.000	0.000	0.000	0.000
11	SALINAR	Chicama	1.057	1.057	1.576	1.277
12	QUIRRIPANO	Quirripiano	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Los puntos de control se encuentran identificado en SIG y se muestran en el MAPA N°24 y los fichas de los aforos realizados se presentan en el VOLUMEN II: ANEXOS DE CALCULO.

El recorrido establecido en época de estiaje es el siguiente:

CUADRO 6.2 RECORRIDO EN EPOCA DE ESTIAJE

RECORRIDO	PARCIAL (Km)	ACUMULADO (Km)
PAIJAN - TRUJILLO	55	55
TRUJILLO - OTUZCO	73	128
OTUZCO - 01	62	190
01 - 02	110	300
02 - BAÑOS CHIMU	17	317
BAÑOS CHIMU - 03	29	346
03 - 04	28	374
04 - 05	1	375
05 - 06	11	386
06 - 09	28	414
09 - 11	11	425
11 - PAIJAN	52	477

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

En este recorrido se consideran llegar a Otuzco la noche anterior del primer día de aforos, donde se medirían el punto 1 y 2, luego del cual se sugiere pernoctar en Baños Chimú para que al día siguiente se aforan los puntos 3, 4, 5, 6, 9 y 11.

Para la época de crecidas se incrementan los puntos 7, 8, 10 y 12 en los ríos Ochape, Chicama, Santanero y Quirripiano respectivamente y se plantea hacer el mismo recorrido de época de estiaje hasta el punto 6 luego del cual y para terminar ese día se aforarían los puntos 7 y 8, dejando para un tercer día los aforos de los puntos 9, 10, 11 y 12.

Las campañas de aforo pierden su representatividad cuando se registran precipitaciones importantes entre día y día de aforo.

6.2 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

Las estaciones de interés, Salinar y Tambo que registran los caudales del río Chicama, se trabajaron como un solo registro con el nombre de Salinar_Tambo y su lugar de ubicación será el de la estación Salinar.

La fusión de las dos estaciones es analizada estadísticamente para verificar si el cambio de ubicación origina saltos significativos estadísticamente los cuales deberán ser corregidos para poder adoptar como estación fusionada la ubicada en Salinar. A este análisis se suma el conocimiento de que Salinar cuenta con el aporte de tres subcuencas (Ochape, Quirripano y Santanero) que el Tambo no registra, pero que sin embargo estas subcuencas solo aportan al río Chicama durante los meses de lluvias, siendo nulo o casi nulo durante los meses de estiaje tal como se evidencia en las campañas de aforo realizados (ver FIGURA 7.6).

El análisis de las estaciones mencionadas se apoya en la información de los ríos de las cuencas vecinas Viru y Moche cuyas estaciones son Huacapongo y Quirihuac respectivamente.

6.2.1 Análisis Gráfico

De acuerdo a lo mencionado en el ítem de funcionamiento de las estaciones Salinar y Tambo es que se consideró que el periodo libre de errores sistemáticos es de 1920 – 1998, dejando de lado los últimos años reportados por la JUSDRCH.

La estación Salinar_Tambo mostró caudales extraordinarios durante el Fenómeno El Niño de los años 1925, 1933, 1983 y 1998. Estos años representan eventos extremos que se tomarán en cuenta para el análisis de consistencia pero no serán involucrados para determinar la disponibilidad hídrica en la CUENCA. Sin embargo estos eventos extremos serán de vital importancia en la determinación de frecuencias de caudales máximos.

6.2.2 Análisis de Doble Masa

El análisis de doble masa se realizó con las estaciones Salinar_Tambo, Quirihuac y Huacapongo para un periodo común de 1960 – 1998. Antes de ello se completo, solo con fines del análisis de salto, los datos faltantes como sigue:

En Huacapongo:

- ✓ 31 Agosto 1960 = 0.048m³/s
- ✓ Octubre 1981 = 0.922m³/s
- ✓ 01 Enero 1992 = 1.12m³/s
- ✓ 02 Enero 1992 = 1.44m³/s
- ✓ 03 Enero 1992 = 1.264m³/s

En Quirihuac:

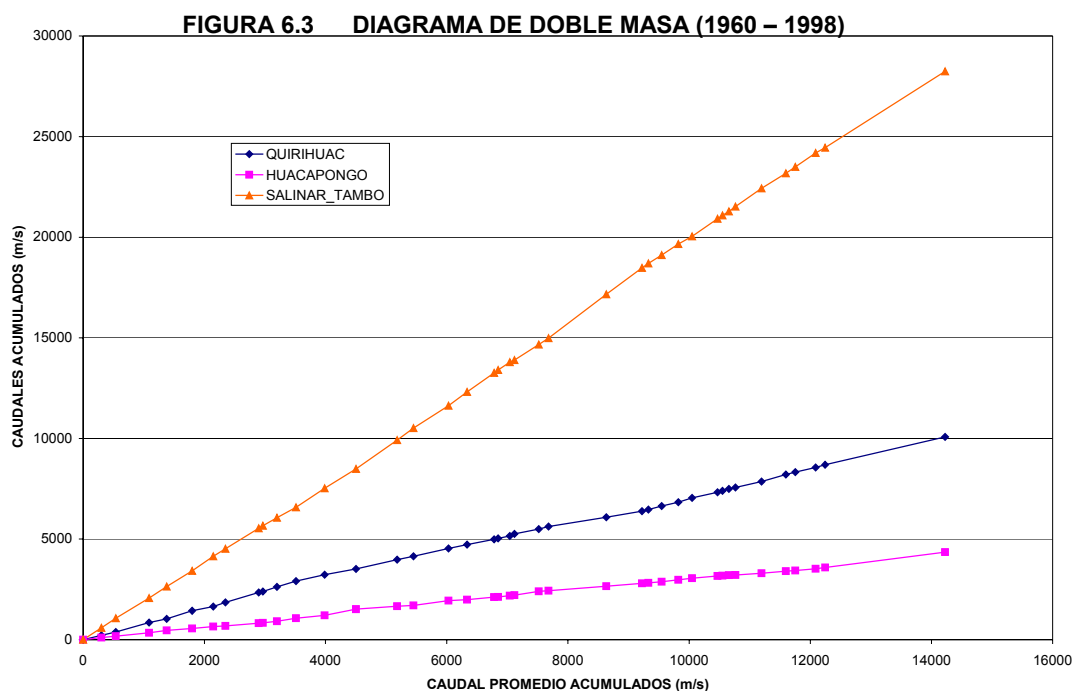
- ✓ 31 Marzo 1971 = 7.92m³/s
- ✓ 01 Enero 1992 = 4.656m³/s
- ✓ 02 Enero 1992 = 3.44m³/s
- ✓ 03 Enero 1992 = 2.224m³/s
- ✓ 28 Febrero 1994 = 31.2m³/s

En Salinar_Tambo:

- ✓ Diciembre 1991 = 4.534m³/s
- ✓ Enero 1992 = 1.935m³/s

En el FIGURA 6.3 se muestra el análisis de doble masa realizado y a simple

vista no se evidencian quiebres importantes en las líneas de caudales acumulados, sin embargo ello fue corroborado con el análisis estadístico, tomando en cuenta sobre todo el cambio de ubicación de la estación de Salinar a Tambo los años 1972, 1980 y 1998.



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

En el análisis estadístico de saltos se realizó tres análisis estadístico tal como muestra el CUADRO 6.3 y se resolvió que los saltos producidos por los cambios de la estación (de Salinar a Tambo y viceversa) no son tales estadísticamente, por lo que no se corrigió ningún periodo de la estación fusionada Salinar_Tambo.

CUADRO 6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS

ESTACIONES	PERIODO		N	Media	Desv. Std.	Prueba Estadística 95%				Salto significativo	
						Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Std.
SALINAR_TAMBO	1920	1972	636	27.9368	43.2971	1.35761	1.963	1.27	1.275	NO	NO
	1973	1980	96	21.597	38.2789						
SALINAR_TAMBO	1972	1980	108	22.5699	39.8596	0.26444	1.969	1.0313	1.348	NO	NO
	1981	1993	154	21.2348	40.4776						
SALINAR_TAMBO	1984	1992	106	15.7464	27.3611	0.67898	1.975	1.0784	1.447	NO	NO
	1993	1997	60	18.7083	26.3481						

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

6.3 COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE REGISTROS

Una vez realizado el análisis de consistencia se completaron los datos faltantes de caudales medios mensuales de las estaciones Salinar_Tambo, Quirihuaq y Huacapongo en un periodo común de **1920 – 1998**.

Esta Completación y extensión se desarrolló por correlación múltiple (usando el HEC4).

Para nuestra estación de interés, Salinar_Tambo, los registros a completar fueron pocos y se detallan a continuación:

- ✓ Diciembre 1991 = 4m³/s
- ✓ Enero 1992 = 5m³/s

Los registros completados se muestran en el VOLUMEN IV: REGISTROS GENERADOS.

6.4 CAUDALES MEDIOS MENSUALES

Los caudales medios de la serie histórica y homogenizada de 1920 – 1998 considerando y sin considerar el Fenómeno El niño se muestra en el siguiente cuadro y figura.

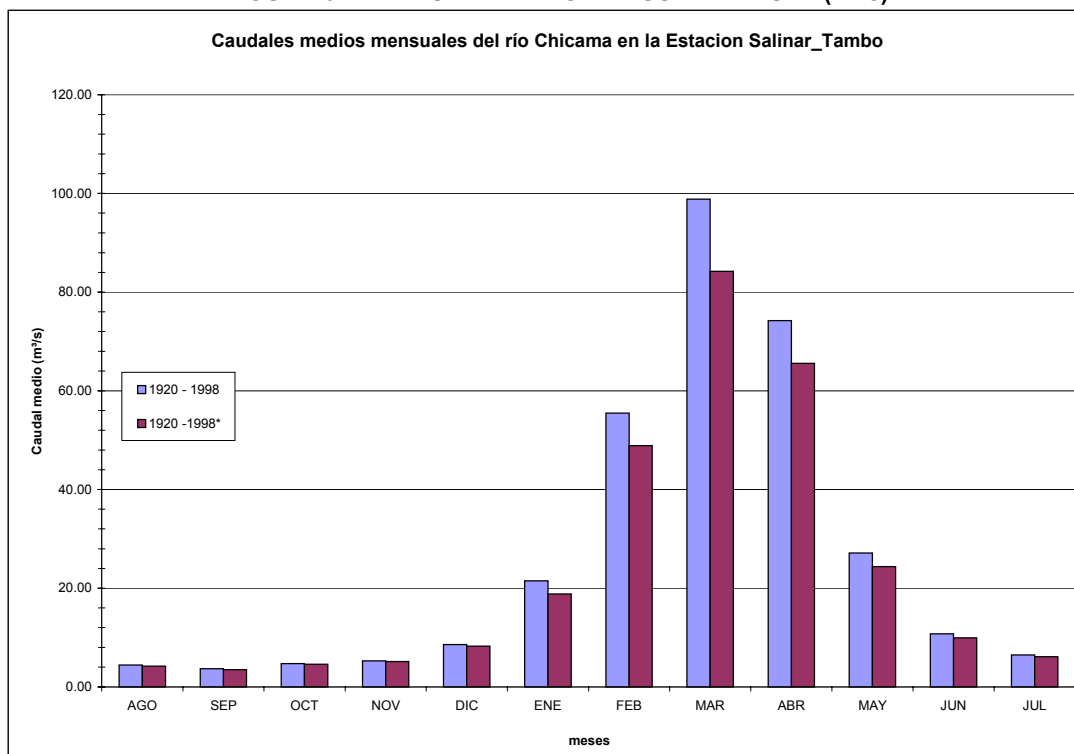
CUADRO 6.4 CAUDAL MEDIO MENSUAL Y ANUAL (m³/s)

ESTACION SALINAR_TAMBO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	ANUAL
1920 - 1998	4.43	3.68	4.72	5.26	8.57	21.49	55.50	98.84	74.22	27.15	10.74	6.45	26.75
1920 -1998*	4.19	3.48	4.59	5.14	8.26	18.84	48.89	84.21	65.56	24.37	9.95	6.12	23.63

* SIN REGISTROS DE 1925, 1933, 1983 y 1998

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 6.4 CAUDAL MEDIO MENSUAL Y ANUAL (m³/s)



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

7. DISPONIBILIDAD HÍDRICA

El recurso hídrico aprovechable en el valle de la Cuenca del río Chicama proviene de varias fuentes, la más importante es el agua superficial, siguiendo en importancia las aguas subterráneas y de recuperación. En el presente estudio se ha desarrollado al detalle la disponibilidad hídrica superficial –usando modelos matemáticos–, mientras que las disponibilidades subterráneas y de recuperación se han extraído de estudios realizados anteriormente.

Por otro lado se hace necesario también determinar el recurso hídrico disponible en cada una de las subcuencas de la parte media y alta de la CUENCA, disponibilidad que se calculó mediante un modelo de precipitación - escurrimiento.

7.1 MODELOS MATEMÁTICOS

7.1.1 Modelo Estocástico Parma

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 importantes.

El sistema hidrológico de la cuenca del río Chicama no cuenta con un sistema hidráulico que aumente mediante transvases las entradas al sistema y/o proyectos como reservorios que alteren las salidas del sistema, por lo que se consideró que el modelo estocástico es aplicable a esta cuenca.

La serie de caudales medios mensuales completada, liberada de errores sistemáticos evidentes y homogenizada de un periodo de 75 años (1920 – 1998, excluyendo 1925, 1933, 1983 y 1998), que se usa en el modelo, pertenece a la cuenca receptora desde las nacientes del río Chicama hasta Salinar (ubicación de la estación Salinar_Tambo).

A. Fundamento

El modelo estocástico genera serie de caudales medios mensuales a partir de una formulación matemática basada en la serie histórica. Esta formulación consta de dos funciones bien definidas: una función determinística (constante en el tiempo) y una función probabilística (aleatoria en el tiempo). Definida la función y mediante la generación de números aleatorios es que se generan varias series del mismo tamaño que la serie histórica simulando su comportamiento. La finalidad de un modelo estocástico no es la predicción de caudales en el tiempo si no mas bien evaluar el comportamiento que pueda presentarse ante los cambios producidos por la aleatoriedad.

El modelo estocástico empleado PARMA es una variante del modelo ARMA que permite la modelación de 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 : representan el orden del modelo

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

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

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 .

El modelo estocástico, antes descrito, se aplica a la serie transformada previamente, la cual debe ajustarse a una distribución normal. Los parámetros p y q resultantes son aquellos para el cual la variable aleatoria es independiente.

B. Determinación del modelo de mejor ajuste

El modelo PARMA se calculó con el programa SAM2000 (Stochastic Analysis, Modeling and Simulation) desarrollado por la Universidad del estado de Colorado y la oficina de reclamación de los Estados Unidos.

Luego de generar varias transformaciones y de chequear la dependencia y la normalidad se determinó que el modelo de mejor ajuste es el PARMA(1,0).

En el siguiente cuadro se muestra la transformación y los parámetros del modelo PARMA(1,0) adoptado.

CUADRO 7.1 TRANSFORMACION Y PARAMETROS DEL MODELO PARMA (1,0)

Stochastic Analysis, Modeling, and Simulation (SAMS) Version 98.1								
Model:PARMA								
Number_of_seasons: 12								
Number_of_sites: 1								
Data Transformations:								
POWER	BOX_COX	BOX_COX	BOX_COX	BOX_COX	BOX_COX	BOX_COX	BOX_COX	POWER
POWER								
a-coef=	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.300000	0.000000	0.100000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000				
b-coef=	0.370000	0.270000	0.600000	0.350000	0.500000	0.800000	0.800000	0.947000
	0.800000	0.280000	0.010000					
Data_Standardization:	YES							
Mean_of_the_process:								
	2.709882	2.659060						
	1.661243	1.521456	13.531976	4.103600	7.392317	6.464328	4.040640	3.019033
			1.017430					2.039437
Standard deviation_of_the_process:								
	0.928580	0.657179						
	1.013033	0.268333	0.009200	1.010333	2.839822	2.891507	2.001379	1.938842
								1.569447
Model_order(p,q): 1 0								
phi_parameters:								
Season_1	phi_1	0.528255			Season_2	phi_1	0.540192	
Season_3	phi_1	0.627675			Season_4	phi_1	0.741013	
Season_5	phi_1	0.805062			Season_6	phi_1	0.920017	
Season_7	phi_1	0.969791			Season_8	phi_1	0.962402	
Season_9	phi_1	0.950591			Season_10	phi_1	0.784719	
Season_11	phi_1	0.626168			Season_12	phi_1	0.565978	
theta_parameters: NONE								
Variance_of_the_residuals:								
Season_1		0.720946						
Season_2		0.708192						
Season_3		0.606024						
Season_4		0.450899						
Season_5		0.351875						
Season_6		0.153568						
Season_7		0.059506						
Season_8		0.073783						
Season_9		0.096376						
Season_10		0.384216						
Season_11		0.607913						
Season_12		0.679668						

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

C. Generación sintética con el modelo aceptado

Con el modelo aceptado se simuló 25 series sintéticas cada una de ellas de 75 años, las cuales se muestran en el VOLUMEN IV – REGISTROS GENERADOS.

Estas series generadas preservan los estadísticos básicos de la serie original y se aprecian ciertas diferencias en los valores extremos máximos y mínimos.

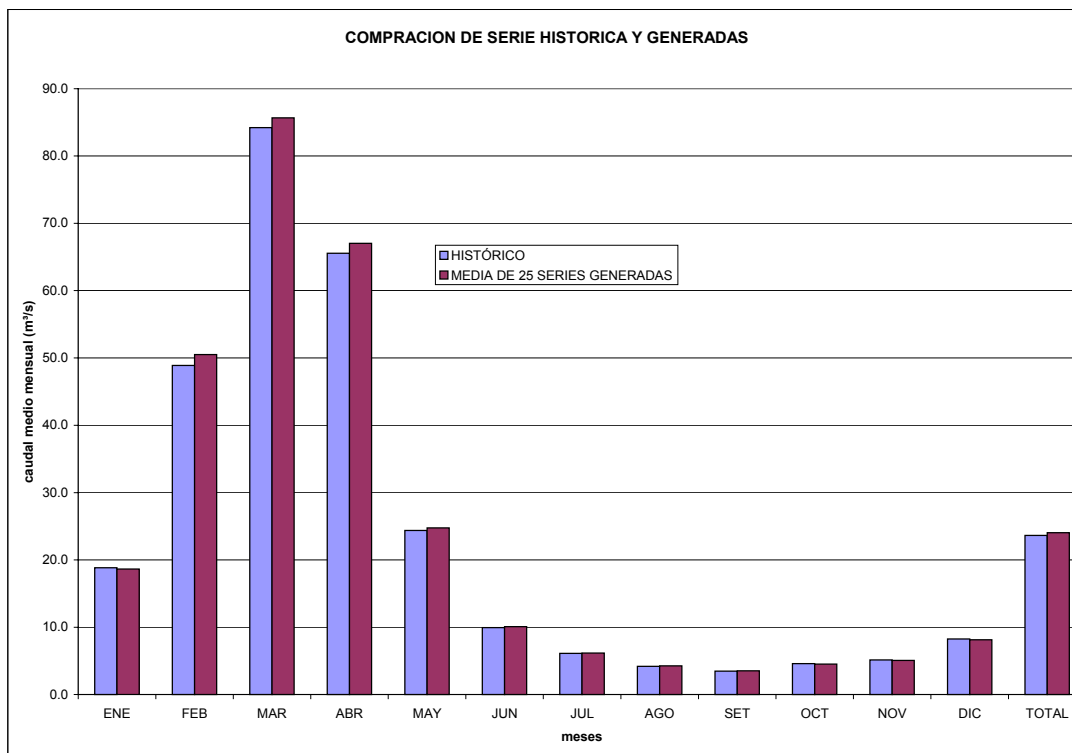
La comparación entre la serie original y la media de las 25 series generadas se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 7.2 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	18.8345	18.6466
2	48.8916	50.5063
3	84.2054	85.6769
4	65.5640	67.0288
5	24.3701	24.7649
6	9.9533	10.0942
7	6.1154	6.1761
8	4.1936	4.2658
9	3.4792	3.5153
10	4.5908	4.5258
11	5.1380	5.0724
12	8.2587	8.1311
Standard Deviation		
1	16.1883	15.8669
2	40.0698	44.4667
3	52.5216	53.4272
4	44.0245	42.7852
5	13.7466	13.1265
6	4.4848	4.2419
7	2.8158	2.6677
8	2.0754	1.9465
9	1.9785	1.8459
10	3.1166	2.9468
11	3.3849	3.0638
12	8.2220	8.2925
Maximum		
1	89.3390	77.0584
2	179.9310	228.5408
3	258.6810	252.9536
4	237.2470	220.1428
5	71.6030	66.5636
6	20.8670	21.5024
7	12.5940	13.5176
8	8.7730	9.2412
9	10.2490	8.6116
10	17.6430	15.1632
11	17.3680	16.2880
12	45.6990	48.2964
Minimum		
1	0.7460	0.3080
2	0.9060	1.6444
3	2.3220	2.8768
4	5.8690	6.2592
5	1.0250	2.8952
6	0.7200	1.6076
7	0.5440	0.6576
8	0.2780	0.2608
9	0.1520	0.1540
10	0.4200	0.5400
11	0.7290	0.6160
12	0.5570	0.5880

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 7.1 COMPARACIÓN ENTRE SERIE HISTÓRICA Y GENERADA



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

7.1.2 Modelo Precipitación – Escorrentía del Numero De Curva

Es un procedimiento empírico desarrollado por hidrólogos del Soil Conservation Service (SCS) en los Estados Unidos de Norteamérica, en base a numerosos datos de cuencas experimentales, para estimar la escorrentía directa, a partir de la precipitación ocurrida y un parámetro denominado número de curva (CN).

Este número de curva CN, que tiene un rango de variación entre 1 y 100 pulg. (no es un número adimensional y en las tablas de la SCS se trabajan en pulgadas), permite el cálculo de la máxima retención potencial de la cuenca en estudio (S) y por ende nos permite el cálculo de la escorrentía actual (Q) ambos calculados en alturas de agua.

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

$$Q = 25.4 \frac{(CN(P + 2) - 200)^2}{CN[CN(P - 8) + 800]}$$

donde:

S: máxima retención potencial de la cuenca (mm)

Q: escorrentía actual (mm)

P: escorrentía potencial o precipitación total (pulg)

CN: número de curva (pulg)

CUADRO 7.3 NUMERO DE CURVAS PARA OTROS TERRENOS DE CULTIVO

DESCRIPCION DE LA CUBIERTA		NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLOGICOS			
TIPO DE CUBIERTA	CONDICION HIDROLOGICA	A	B	C	D
Pradera, Pastizal, campo de forraje continuo para el pastisaje ² .	Pobre	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Pradera – grama continua, protegido del pastisaje y generalmente segado para hacer heno	–	30	58	71	78
Maleza – Mezcla de maleza - grama, siendo la maleza el mayor elemento ³	Pobre	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30 ⁴	48	65	73
Bosques – Combinación con grama (huertos o chacras de arboles) ⁵	Pobre	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques ⁶	Pobre	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30 ⁴	55	70	77
Granjas – edificios, pasajes, autopistas, y lotes aldeaños	–	59	74	82	86

NOTAS

¹ Antecedentes promedios en condiciones húmedas y $I_s = 0.2S$

² Pobre : Menos del 50% de cubierta de terreno con pastizaje fuerte con no mucha mezcla de pajas y hojas

Regular : De 50 a 75% de cubierta de terreno con pastizaje no muy fuerte

Buena : Con más del 75% de cubierta de terreno y con ligeros pastizaje o solo ocasionalmente

³ Pobre : Menos del 50% de cubierta de terreno

Regular : De 50 a 75% de cubierta de terreno

Buena : Con mas del 75% de cubierta de terreno

⁴ El actual numero de curva es menos de 30; use CN = 30 para cálculos por computadora

⁵ CN_s Muestran que fueron calculados para áreas con 50% de maderas y 50% de cubierta de grama (pradera). Otras combinaciones de condiciones pueden ser calculados de la CN_s para madera y grama

⁶ Pobre : Bosque de pajas, pequeños arboles y maleza son destrozados por un fuerte pastoreo o quemado regular

Regular : La madera es pastoreado pero no quemadas y algo de bosque de botaderos cubre el suelo

Buena : La madera es protegido del pastoreo, las pajas y malezas adecuadamente cubren el suelo.

Fuente: **HIDROLOGÍA – Ven te Chow**

CUADRO 7.4 NUMERO DE CURVAS PARA TERRENOS ARIDOS Y SEMIÁRIDOS

DESCRIPCION DE LA CUBIERTA		NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLOGICOS			
TIPO DE CUBIERTA	CONDICION HIDROLOGICA ²	A ³	B	C	D
Herbáceo - mezcla de grama, maleza y rastrojos crecientes bajos, con malezas de menor elemento	Pobre		80	87	93
	Regular		71	81	89
	Buena		62	74	85
Alamo - roble – mezcla de rastrojo de montaña de arbusto de roble, álamo y otros malezas	Pobre		66	74	79
	Regular		48	57	63
	Buena		30	41	48
Cedro, pino-cedro, pino o ambos ; pastizal	Pobre		75	85	89
	Regular		58	73	80
	Buena		41	61	71
Artemisa con pastizal	Pobre		67	80	85
	Regular		51	63	70
	Buena		35	47	55
Arbusto desértico, arbusto salado, marbustos grasosos, arbusto de creosol, bursage, palo verde mezquite y cactus	Pobre	63	77	85	88
	Regular	55	72	81	86
	Buena	49	68	79	84

NOTAS

¹ Antecedentes promedios en condiciones húmedas y $I_a = 0.2S$ para rangos en regiones húmedas ver otras tablas

² Pobre : Menos del 30% de cubierta de terreno (pajas, herbaje y maleza)

Regular : De 30 a 70% de cubierta de terreno

Buena : Con mas del 70% de cubierta de terreno

³ El numero de curva para el grupo han sido desarrollados solo para arbustos desérticos

Fuente: **HIDROLOGÍA – Ven te Chow**

CUADRO 7.5 NUMERO DE CURVAS PARA TERRENOS DE CULTIVOS

Uso del suelo y cubierta	Tratamiento o método	Condición para la infiltración	Grupo hidrológico del suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	SR		77	86	91	94
Cultivos en hileras	SR	Mala	72	81	88	91
	SR	Buena	67	78	85	89
	C	Mala	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C y T	Mala	66	74	80	82
Granos pequeños	C y T	Buena	62	71	78	81
	SR	Mala	65	76	84	88
	SR	Buena	63	75	83	87
	C	Mala	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
Legumbres tupidas o rotación de pradera	C y T	Mala	61	72	79	82
	C y T	Buena	59	70	78	81
	SR	Mala	66	77	85	89
	SR	Buena	58	72	81	85
	C	Mala	64	75	83	85
Pradera o pastizal	C	Buena	55	69	78	83
	C y T	Mala	63	73	80	83
	C y T	Buena	51	67	76	80
		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
Pradera perm. Bosques (lotes de bosque)		Buena	39	61	74	80
	C	Mala	47	67	81	88
	C	Regular	25	59	75	83
	C	Buena	6	35	70	79
		Mala	30	58	71	78
Cascos ranchos		Regular	45	66	77	83
		Buena	36	60	73	79
			25	55	70	77
Camino revest.			59	74	82	86
Pavimentos			72	82	87	89
			74	84	90	92

SR = hileras rectas
C = por líneas de nivel
T = terrazas
C y T = terrazas a nivel

Fuente: HIDROLOGÍA – Chereque

El número de curva mostrado en los cuadros anteriores es una función de las siguientes condiciones de la cuenca:

A. Clasificación Hidrológica de los Suelos

Los suelos han sido clasificados hidrológicamente en cuatro grupos: A, B, C, D, de acuerdo con el potencial de escorrentía:

Bajo potencial de escorrentía (A).

Suelos que tienen alta tasa de infiltración, aún cuando muy húmedos. Consisten de arenas o gravas profundas, bien o excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua ($> 0.30 \text{ pulg/h}$).

Moderadamente bajo potencial de escorrentía (B).

Suelos con tasa de infiltración moderada, cuando muy húmeda. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente drenados a bien drenados, suelos con textura moderadamente finas a moderadamente gruesas y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasa de transmisión de aguas moderadas (0.15 – 0.30pulg/h).

Moderadamente alto potencial de escorrentía (C).

Suelos con infiltración lenta cuando muy húmedos. Un estado que impide el movimiento del agua hacia abajo; texturas moderadamente finas a finas; infiltración lenta debido a sales o álcali o suelos con mesas moderadas. Esos suelos pueden ser pobremente, o bien, moderadamente bien drenados con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100cm). Estos suelos tienen una baja transmisión de aguas (0.05 – 0.15pulg/h)

Alto potencial de escorrentía (D).

Suelos con infiltración muy lenta cuando muy húmedos. Consiste de suelos arcillosos con alto potencial de expansión; nivel freático alto permanente; suelos con “claypan” o estrato arcilloso superficial, con infiltración muy lenta debido a sales o álcali y poco profundo sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta (0 – 0.05pulg/h).

Esta clasificación en la CUENCA se determinó a partir de La información geológica descrita en los primeros capítulos de este informe, clasificación del cual se desprende los suelos hidrológicos que se muestran en el ANEXO V - MAPA N°19 y se describen en el CUADRO 7.6.

CUADRO 7.6 SUELOS HIDROLÓGICOS

SUELO HIDROLOGICO	CARACTERISTICA	SUPERFICIE (km ²)	PORCENTAJE (%)
A	Arenas con poco limo y arcilla (suelos profundos). Alta tasa de Transmisión de Agua.	539.6	11.2%
B	Arenas finas y limos (suelos poco profundos). Tasa de Transmisión de aguas moderadas.	510.4	10.6%
C	Arenas muy finas limos, suelos con alto contenido de arcilla (suelos poco profundos). Baja Tasa de Transmisión de agua.	2582.4	53.6%
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizonte de roca sana. Tasa de transmisión de agua muy lenta.	1181.8	24.5%
TOTAL		4814.3	100.0%

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

B. Condición Hidrológica

El tipo de cobertura vegetal tiene un marcado efecto sobre el proceso de interceptación, evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración. Los diferentes tipos de vegetación existentes sobre una cuenca, gobiernan el grado de influencia de la cobertura vegetal sobre estos procesos; sin embargo, durante la tormenta prevalece la infiltración.

La condición hidrológica, como indicador de la situación para la infiltración, se usa como índice de la cobertura vegetal; así, se define como sigue:

Buena: cobertura del 75%

Regular: cobertura entre el 50% y 75%

Mala: cobertura menor del 50%

C. Usos de la Tierra

El uso de la tierra tiene efecto sobre la respuesta de la cuenca a los fenómenos hidrometeorológicos. A medida que se deforesta una cuenca aumentan los picos de crecida y baja el caudal de estiaje (caudal mínimo del río, a partir del cual se miden las crecidas).

La condición Hidrológica y el Uso del Suelo que queda determinado por el tipo de vegetación existente fueron determinados a partir de la Información Climático – Ecológica , Cobertura, Grandes Grupo de Suelo así como de la Información obtenida en la Evaluación de campo desarrollada en el Inventario

de Fuentes de agua Superficial.

Como resultado se obtiene lo que hemos denominado para esta cuenca Actualización de la cobertura vegetal para fines hidrológicos y se muestran en el ANEXO V- MAPA N°20 y se describen en la CUADRO 7.7.

CUADRO 7.7 Actualización de la cobertura vegetal para fines hidrológicos

TIPO DE CUBIERTA	CONDICION HIDROLOGICA	CODIGO	SUPERFICIE (km ²)	PORCENTAJE (%)
Cultivos en hileras por lineas de nivel	MALA	CM	46.6	1.0%
	BUENA	CB	1198.0	24.9%
Pradera, Pastizal, campo de forraje continuo para el pastisaje	POBRE	PP	119.6	2.5%
	REGULAR	PR	113.7	2.4%
Bosques - Combinación con grama (huertos o chacras en árboles)	POBRE	BP	1039.6	21.6%
	REGULAR	BR	285.4	5.9%
Herbáceo - mezcla de grama, maleza y rastrojos crecientes bajos, con malezas de menor elemento	POBRE	HP	884.3	18.4%
	REGULAR	HR	483.0	10.0%
Arbusto desértico, arbusto salado, marbustos grasosos, arbusto de creosol, bursage, palo verde mezquita y cactus	POBRE	AP	644.2	13.4%
TOTAL			4814.3	100.0%

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

D. Condición de humedad antecedente.

Se refiere a la acontece en la cuenca en los 5 días precedentes a La tormenta en consideración. Estas condiciones básicamente dependen del volumen de precipitación en ese período ya que a mayor precipitación inicial, mayor será el escurrimiento directo que ocurre en una tormenta dada; sin embargo también dependen de los efectos de la infiltración y evapotranspiración ya que pueden aumentar o disminuir el efecto de la precipitación inicial.

Debido a las dificultades para determinar las condiciones de humedad antecedente producidas por la precipitación inicial de los datos normales disponibles, el SCS reduce estas condiciones a los siguientes casos:

Condición I (suelo seco, lámina 0-35mm).

Los suelos se secan sin llegar al punto de perder la cohesión; o sea, cuando se puede arar o cultivar en buenas condiciones.

Condición II (suelo normal, lámina 35-50mm)

Es el caso medio para crecidas anuales, es decir, las condiciones medias existentes antes de que se produjera la máxima crecida anual en dichas cuencas.

Condición III (suelo húmedo, lámina >50mm)

Cuando se han producido lluvias fuertes o lluvias tenues con bajas temperaturas en los cinco días precedentes y el suelo esta casi saturado (lámina mayor de 50mm).

Nosotros para poder introducir la influencia de estas condiciones al cálculo del CN es que primero determinamos el CN de acuerdo a las condiciones de la cuenca y para la condición II de humedad antecedente (que es la que esta en las tablas de la SCS) y luego si es que se desea calcular el CN para las condiciones I y III se tendrá que recurrir a las siguientes ecuaciones:

$CNI = \frac{4.2 CNI}{10 - 0.058 CNI}$	<i>donde :</i> <i>CNI : CN para condición I</i> <i>CNII : CN para condición II</i> <i>CNIII : CN para condición III</i>
$CNIII = \frac{23 CNI}{10 + 0.13 CNI}$	

Basados en los dos Mapas descritos anteriormente es que se elaboró la zonificación por Número de Curva de la CUENCA y sus subcuencas (ver ANEXO V- MAPA N°21). Los resultados de los Números de Curva por subcuenca se muestran en el CUADRO 7.8.

Se ha calculado el número de curva para cada una de las subcuencas, la cuenca baja y la cuenca media, esta última subdividida en tres partes:

- ✓ 3 Media: cuenca media desde la confluencia con el río Santanero hasta la estación Salinar
- ✓ 5 Media: cuenca media desde la confluencia del río Ochape hasta la del río Santanero.
- ✓ 7 Media: cuenca media desde la confluencia de los ríos Chuquillanqui y Huancay hasta la del río Ochape.

Dada una precipitación se determina que a mayor número de curva la escorrentía superficial es mayor, de esta manera se determinó por condiciones de cobertura y suelo que las escorrentías son similares en la subcuenca Chuquillanqui (81.2) y en Huancay (80.3), mientras que en Quirripango la respuesta de escorrentía es mayor (85.0) debido a la baja permeabilidad de su suelo y a la escasa cobertura vegetal presente.

CUADRO 7.8 NUMERO DE CURVA

CONDICION DE HUMEDAD ANTECEDENTE	Subcuencas																											Cuenca			Cuenca hasta Salinar		
	Baja			3 Media			5 Media			7 Media			Chuquillanqui			Huancay			Ochape			Quirripano			Santanero			NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)
	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)	NC	Máx. Retenc. (mm)	Ia=0.2* S (mm)						
AMCI	57.8	185.7	37.1	62.4	153.4	30.7	61.3	160.0	32.0	61.1	161.8	32.4	65.3	134.8	27.0	63.9	143.7	28.7	61.3	160.6	32.1	71.2	102.9	20.6	66.9	125.4	25.1	63.1	148.6	29.7	64.8	137.8	27.6
AMCII	75.9	80.7	16.1	79.2	66.7	13.3	78.5	69.6	13.9	78.3	70.3	14.1	81.2	58.6	11.7	80.3	62.5	12.5	78.4	69.8	14.0	85.0	44.7	8.9	82.3	54.5	10.9	79.7	64.6	12.9	80.9	59.9	12.0
AMCIII	88.0	34.7	6.9	89.9	28.7	5.7	89.5	29.9	6.0	89.4	30.2	6.0	91.0	25.2	5.0	90.4	26.9	5.4	89.4	30.0	6.0	93.0	19.2	3.8	91.5	23.5	4.7	90.1	27.8	5.6	90.8	25.8	5.2

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Con el número de curva y la precipitación areal se determinó la escorrentía directa que ocurre en cada subcuenca, en la CUENCA y en la CUENCA hasta Salinar. El periodo que se generó fue de 1935 – 1997.

Sin embargo los caudales calculados no incluyen el flujo base producto de la aportación subterránea. Este flujo base se estimó y se adicionó a la escorrentía directa para determinar los caudales totales que discurren.

El flujo base es significativo en las subcuencas Chuquillanqui y Huancay, mientras que en las subcuencas de Quirripango, Ochape y Santanero son pequeños por lo que no fueron considerados. Las campañas de aforo realizadas ayudaron a determinar el comportamiento de las escorrentías directas y flujos base en época de estiaje, pudiendo afinarse los resultados encontrados con las campañas de aforo que la ATDRCH realice.

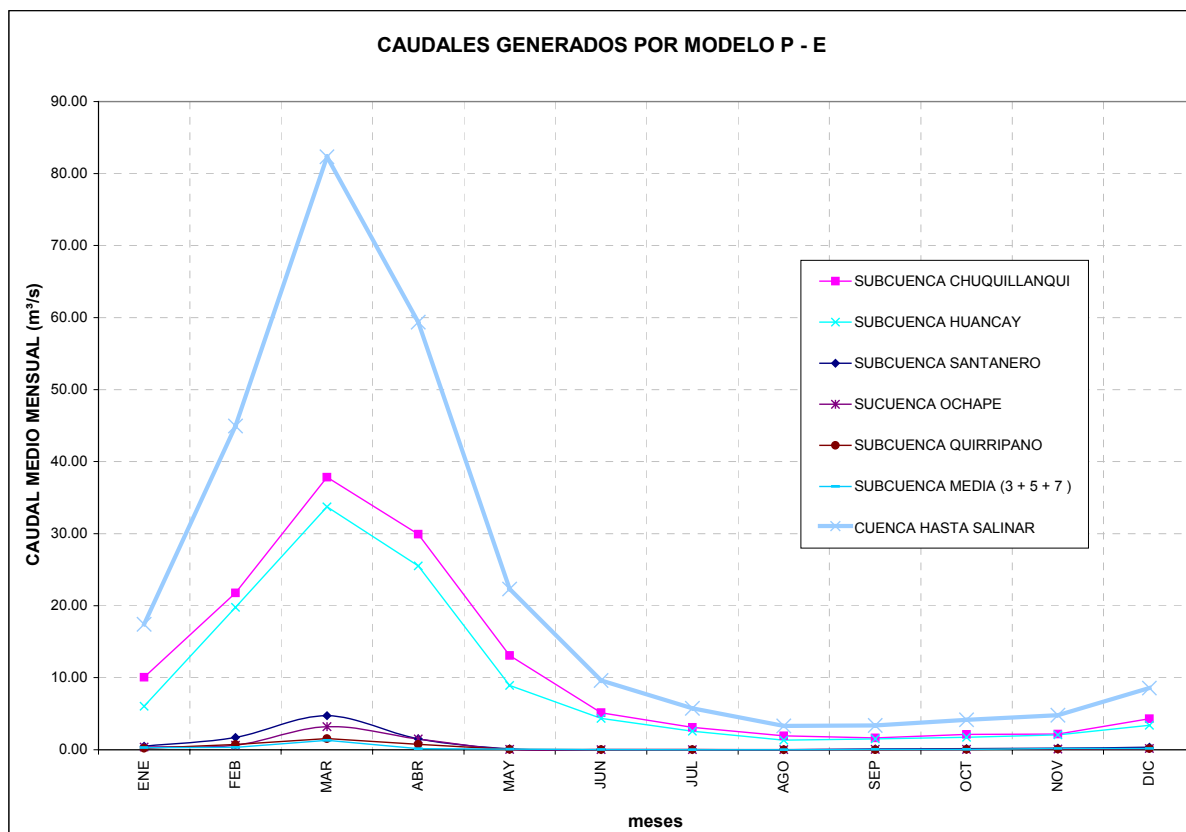
Los resultados se muestran en el VOLUMEN IV: REGISTROS GENERADOS y el resumen y comparación con el caudal histórico se muestran en el CUADRO 7.9, la FIGURA 7.2 y FIGURA 7.3

CUADRO 7.9 CAUDALES GENERADOS A PARTIR DE MODELO PRECIPITACION -

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	UN	UL	GO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
CAUDALES DIRECTO													
CAUDAL DIRECTO - SUBCUENCA CHUQUILLANQUI (m³/s)	9.74	21.25	37.30	23.45	4.77	0.34	0.11	0.14	0.43	0.32	1.40	4.03	8.61
CAUDAL DIRECTO (m³/s) - SUBCUENCA HUANCAY	5.86	19.30	33.25	20.01	3.26	1.17	0.57	0.13	0.73	0.55	1.32	3.18	7.44
CAUDAL DIRECTO (m³/s) - SUBCUENCA SANTANERO	0.50	1.71	4.71	1.52	0.12	0.03	0.02	0.01	0.11	0.14	0.22	0.35	0.79
CAUDAL DIRECTO (m³/s) - SUBCUENCA OCHAPE	0.37	0.64	3.22	1.48	0.05	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.10	0.18	0.52
CAUDAL DIRECTO (m³/s) - SUBCUENCA QUIRRIPANO	0.18	0.74	1.54	0.76	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.09	0.14	0.30
CAUDAL DIRECTO (m³/s) - 3 MEDIA	0.03	0.04	0.16	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
CAUDAL DIRECTO (m³/s) - 5 MEDIA	0.08	0.09	0.38	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06
CAUDAL DIRECTO (m³/s) - 7 MEDIA	0.17	0.18	0.76	0.08	0.05	0.02	0.01	0.00	0.03	0.03	0.10	0.11	0.13
CAUDAL HASTA SALINAR	16.93	43.95	81.32	47.37	8.32	1.60	0.74	0.30	1.37	1.16	3.30	8.05	17.87
CAUDALES TOTALES Y FLUJOS BASES (m³/s)													
FLUJO BASE CHUQUILLANQUI	0.31	0.52	0.53	6.48	8.32	4.80	3.00	1.80	1.20	1.80	0.77	0.28	2.48
SUBCUENCA CHUQUILLANQUI	10.05	21.77	37.83	29.93	13.09	5.14	3.11	1.94	1.63	2.12	2.17	4.31	11.09
FLUJO BASE HUANCAY	0.19	0.48	0.47	5.52	5.68	3.20	2.00	1.20	0.80	1.20	0.73	0.22	1.81
SUBCUENCA HUANCAY	6.04	19.78	33.72	25.53	8.94	4.37	2.57	1.33	1.53	1.75	2.05	3.40	9.25
SUBCUENCA MEDIA (3 + 5 + 7)	0.29	0.31	1.30	0.14	0.08	0.03	0.01	0.00	0.05	0.05	0.17	0.18	0.22
SUBCUENCA SANTANERO	0.50	1.71	4.71	1.52	0.12	0.03	0.02	0.01	0.11	0.14	0.22	0.35	0.79
SUBCUENCA OCHAPE	0.37	0.64	3.22	1.48	0.05	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.10	0.18	0.52
SUBCUENCA QUIRRIPANO	0.18	0.74	1.54	0.76	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05	0.09	0.14	0.30
FLUJO BASE TOTAL	0.50	1.00	1.00	12.00	14.00	8.00	5.00	3.00	2.00	3.00	1.50	0.50	4.29
CUENCA HASTA SALINAR	17.43	44.95	82.32	59.37	22.32	9.60	5.74	3.30	3.37	4.16	4.80	8.55	22.16
CAUDAL HISTORICO (m³/s)													
CUENCA HASTA SALINAR	18.31	47.06	79.04	59.84	22.38	9.24	5.58	3.78	3.12	4.31	5.02	7.96	22.14

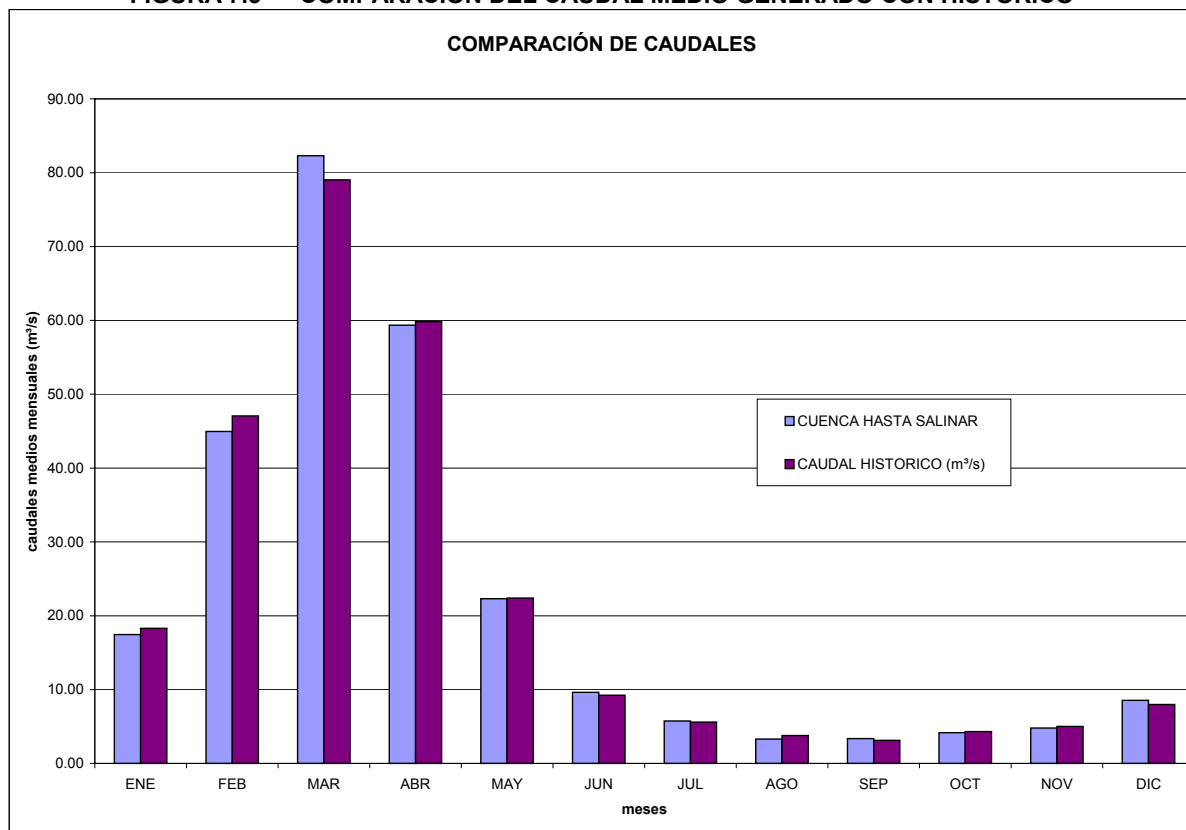
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 7.2 CAUDALES POR SUBCUENCA



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 7.3 COMPARACION DEL CAUDAL MEDIO GENERADO CON HISTÓRICO



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

7.2 DISPONIBILIDAD HÍDRICA SUPERFICIAL EN EL VALLE

La disponibilidad hídrica en el valle proviene del río Chicama. El cálculo de la disponibilidad se desarrolló en base a los caudales medios mensuales históricos (registrados en la estación Salinar_Tambo ubicado en Salinar) y los generados por el modelo estocástico. A partir de ellos y mediante el análisis de persistencia se determinó cuáles eran los caudales por mes que podían ser alcanzados con una probabilidad de excedencia del 75% y 50%.

7.2.1 Serie histórica

Sobre la base de la metodología de Weibull y el ajuste a una curva exponencial, disponible en el SIH, se determinó los caudales para una persistencia del 50% y 75%, de la serie histórica completada y homogenizada del río Chicama en la cabecera del valle. El periodo de análisis fue de 1920 – 1998, sin considerar 1925, 1933, 1983 y 1998, haciendo un total de 75 años. En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos.

CUADRO 7.10 ANALISIS DE PERSISTENCIA – SERIE HISTÓRICA
PERSISTENCIA DE CAUDALES (m³/s)

P%	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
50	2.69	3.64	4.23	5.61	12.39	32.96	63.84	51.37	20.17	8.66	5.26	3.43	17.85
75	1.37	1.99	2.47	2.60	5.20	14.23	31.58	27.20	11.61	5.37	3.20	1.90	9.06

PERSISTENCIA DE VOLÚMENES (MMC)

P%	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
50	6.97	9.75	10.96	15.03	33.19	79.74	170.99	133.15	54.02	22.45	14.09	9.19	559.52
75	3.55	5.33	6.40	6.96	13.93	34.43	84.58	70.50	31.10	13.92	8.57	5.09	284.36

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

7.2.2 Serie generada por modelo estocástico

El análisis de persistencia al 75% y 50% de las 25 series generadas por el Modelo Estocástico cada una de ellas de longitud de 75 años nos dan los siguientes máximos, mínimos y promedios.

CUADRO 7.11 ANALISIS DE PERSISTENCIA AL 50% - SERIES GENERADAS POR MODELO ESTOCÁSTICO
PERSISTENCIA DE CAUDALES AL 50% (m³/s)

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
MAXIMO	3.67	4.17	4.76	6.35	15.23	41.25	76.19	65.44	23.94	10.64	6.49	4.48	21.88
MEDIA	2.85	3.64	4.19	5.46	12.00	33.58	64.24	53.51	20.97	8.97	5.44	3.62	18.21
MINIMO	2.05	3.18	3.76	4.27	9.89	24.22	42.64	44.04	16.74	7.19	4.48	2.65	13.76

PERSISTENCIA DE VOLÚMENES AL 50% (MMC)

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
MAXIMO	9.51	11.17	12.34	17.01	40.79	99.79	204.07	169.62	64.12	27.58	17.38	12.00	685.38
MEDIA	7.39	9.74	10.86	14.62	32.15	81.23	172.06	138.69	56.16	23.25	14.57	9.71	570.42
MINIMO	5.31	8.52	9.75	11.44	26.49	58.59	114.21	114.15	44.84	18.64	12.00	7.10	431.02

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

CUADRO 7.12 ANALISIS DE PERSISTENCIA AL 75% - SERIES GENERADAS POR MODELO ESTOCÁSTICO
PERSISTENCIA DE CAUDALES AL 75% (m³/s)

SERIE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
MAXIMO	2.40	2.55	3.01	3.17	7.02	18.95	42.13	37.07	15.32	7.39	4.58	4.16	11.41
MEDIA	1.59	2.02	2.42	2.52	4.92	14.64	31.77	29.30	12.54	5.88	3.48	2.25	9.44
MINIMO	0.87	1.74	1.94	1.89	3.40	9.77	15.62	21.81	9.58	4.07	2.52	1.30	6.71

PERSISTENCIA DE VOLÚMENES AL 75% (MMC)

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
MAXIMO	6.22	6.83	7.80	8.49	18.80	45.84	112.84	96.09	41.03	19.15	12.27	11.14	386.51
MEDIA	4.12	5.41	6.28	6.76	13.17	35.42	85.09	75.95	33.58	15.23	9.32	6.04	296.39
MINIMO	2.26	4.66	5.03	5.06	9.11	23.64	41.84	56.53	25.66	10.55	6.75	3.48	194.56

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

7.2.3 Disponibilidad adoptada

Se considerará, para el balance hídrico en el valle, las disponibilidades con una persistencia al 75% y 50% de la serie histórica tomando como valores extremos los máximos y mínimos del modelo estocástico.

En el siguiente cuadro se pueden ver los valor mensuales adoptados al 75%,.

CUADRO 7.13 DISPONIBILIDAD AL 75%
PERSISTENCIA DE CAUDALES AL 75% (m³/s)

SERIE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
MINIMO ESTOCÁSTICO	0.87	1.74	1.94	1.89	3.40	9.77	15.62	21.81	9.58	4.07	2.52	1.30	6.71
HISTORICA	1.37	1.99	2.47	2.60	5.20	14.23	31.58	27.20	11.61	5.37	3.20	1.90	9.06
MEDIA ESTOCÁSTICA	1.59	2.02	2.42	2.52	4.92	14.64	31.77	29.30	12.54	5.88	3.48	2.25	9.44
MAXIMO ESTOCÁSTICO	2.40	2.55	3.01	3.17	7.02	18.95	42.13	37.07	15.32	7.39	4.58	4.16	11.41

PERSISTENCIA DE VOLÚMENES AL 75% (MMC)

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
MINIMO ESTOCÁSTICO	2.26	4.66	5.03	5.06	9.11	23.64	41.84	56.53	25.66	10.55	6.75	3.48	194.56
HISTORICA	3.55	5.33	6.40	6.96	13.93	34.43	84.58	70.50	31.10	13.92	8.57	5.09	284.36
MEDIA ESTOCÁSTICA	4.12	5.41	6.28	6.76	13.17	35.42	85.09	75.95	33.58	15.23	9.32	6.04	296.39
MAXIMO ESTOCÁSTICO	6.22	6.83	7.80	8.49	18.80	45.84	112.84	96.09	41.03	19.15	12.27	11.14	386.51

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Del mismo modo se presenta a continuación la disponibilidad adoptada al 50%

**CUADRO 7.14 DISPONIBILIDAD AL 50%
PERSISTENCIA DE CAUDALES AL 50% (m³/s)**

SERIE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
MINIMO ESTOCÁSTICO	2.05	3.18	3.76	4.27	9.89	24.22	42.64	44.04	16.74	7.19	4.48	2.65	13.76
HISTORICA	2.69	3.64	4.23	5.61	12.39	32.96	63.84	51.37	20.17	8.66	5.26	3.43	17.85
MEDIA ESTOCÁSTICA	2.85	3.64	4.19	5.46	12.00	33.58	64.24	53.51	20.97	8.97	5.44	3.62	18.21
MAXIMO ESTOCÁSTICO	3.67	4.17	4.76	6.35	15.23	41.25	76.19	65.44	23.94	10.64	6.49	4.48	21.88

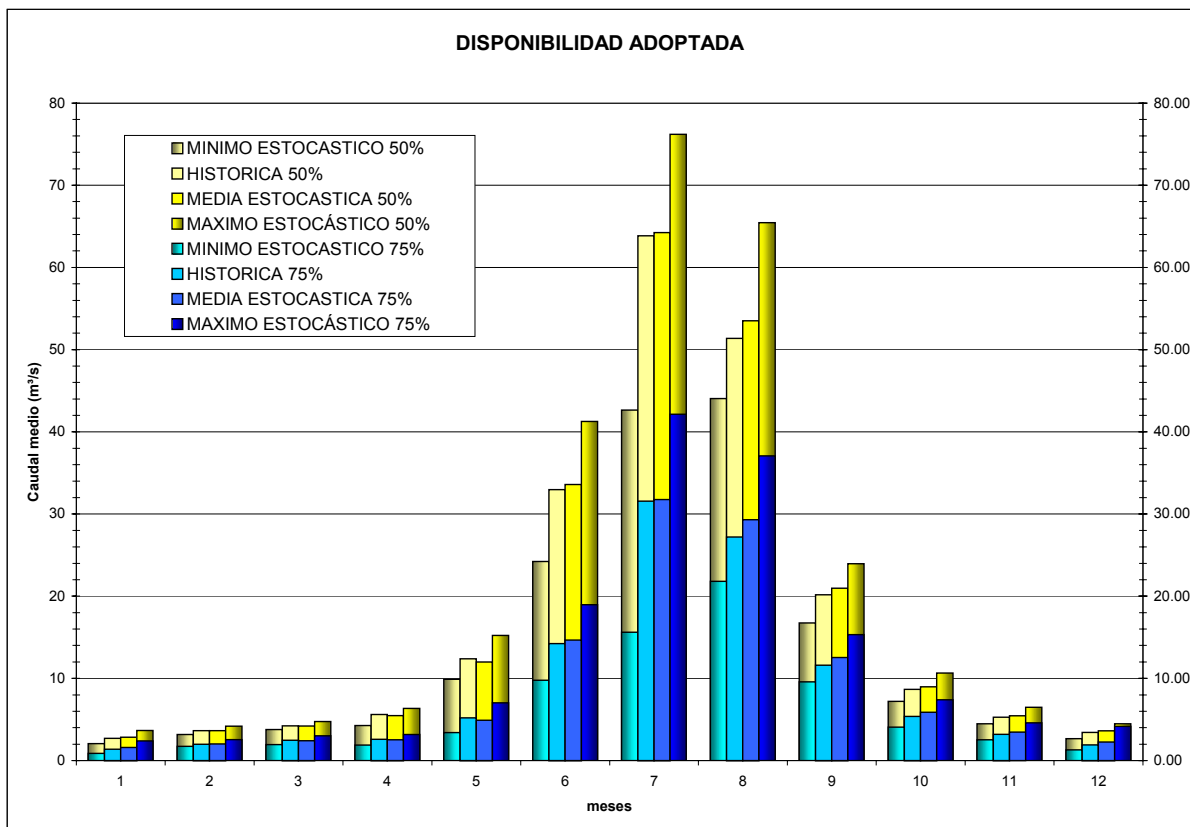
PERSISTENCIA DE VOLÚMENES AL 50% (MMC)

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
MINIMO ESTOCÁSTICO	5.31	8.52	9.75	11.44	26.49	58.59	114.21	114.15	44.84	18.64	12.00	7.10	431.02
HISTORICA	6.97	9.75	10.96	15.03	33.19	79.74	170.99	133.15	54.02	22.45	14.09	9.19	559.52
MEDIA ESTOCÁSTICA	7.39	9.74	10.86	14.62	32.15	81.23	172.06	138.69	56.16	23.25	14.57	9.71	570.42
MAXIMO ESTOCÁSTICO	9.51	11.17	12.34	17.01	40.79	99.79	204.07	169.62	64.12	27.58	17.38	12.00	685.38

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Del 75% al 50% de persistencia existe un incremento que de manera gráfica se muestra a continuación:

FIGURA 7.4 DISPONIBILIDADES ADOPTADAS



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

7.3 DISPONIBILIDAD HÍDRICA SUPERFICIAL POR SUBCUENCAS

7.3.1 Caudales específicos

A partir de los caudales medios mensuales por subcuenca simulados y mostrados en el CUADRO 7.9 y el área de influencia que presenta cada subcuenca se determinaron los caudales específicos de cada una de ellas tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Los caudales específicos son mayores en las subcuencas Chuquillanqui y Huancay donde las precipitaciones son de mayor importancia, disminuyendo considerablemente para las otras subcuencas donde las intensidades de precipitación son mucho menores.

CUADRO 7.15 CAUDALES ESPECÍFICOS ($m^3/s/km^2 \times 10^{-3}$)

SUBCUENCA	AREA(km ²)	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
CHUQUILLANQUI	909.2	1.793	2.332	2.387	4.740	11.054	23.944	41.608	32.919	14.397	5.653	3.421	2.134	12.198
HUANCAY	1186.1	1.290	1.475	1.728	2.867	5.101	16.677	28.429	21.524	7.537	3.684	2.167	1.121	7.800
OCHAPE	217.1	0.230	0.230	0.461	0.829	1.704	2.948	14.832	6.817	0.230	0.092	0.046	0.092	2.376
SANTANERO	567.4	0.194	0.247	0.388	0.617	0.881	3.014	8.301	2.679	0.211	0.053	0.035	0.018	1.386
QUIRRIPANO	327.6	0.031	0.153	0.275	0.427	0.549	2.259	4.701	2.320	0.122	0.061	0.031	0.031	0.913
MEDIA	457.8	0.109	0.109	0.371	0.393	0.633	0.808	2.840	0.306	0.175	0.066	0.022	0.000	0.486

7.3.2 Disponibilidad

El modelo de precipitación – escorrentía se uso en la determinación de las disponibilidades por subcuenca. Considerando un periodo de 75 años (1935 – 1997) excluyendo los eventos extremos de el Fenómeno El Niño.

CUADRO 7.16 COMPARACION SERIE HISTÓRICA VS GENERADO POR MODELO P-E PERSISTENCIA DE CAUDALES (m^3/s)

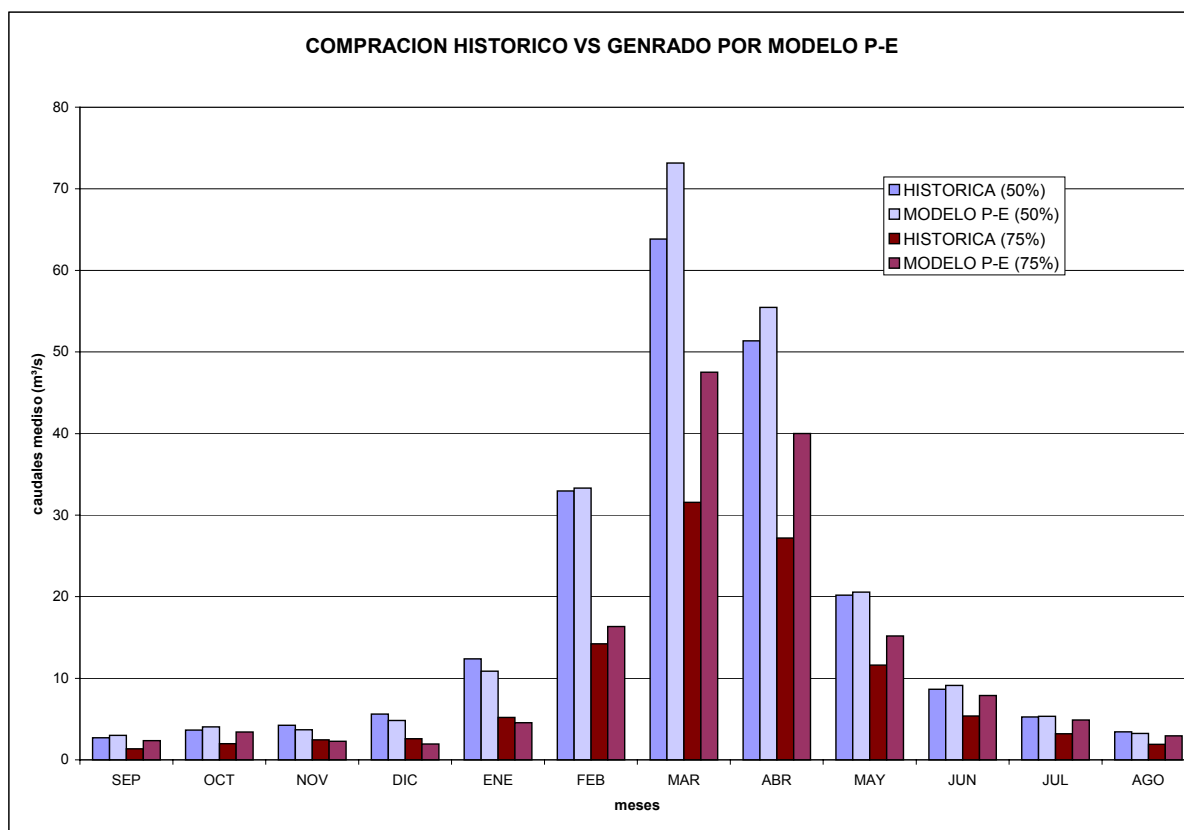
SERIE	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
HISTORICA (50%)	2.69	3.64	4.23	5.61	12.39	32.96	63.84	51.37	20.17	8.66	5.26	3.43	17.85
MODELO P-E (50%)	3.00	4.04	3.69	4.83	10.88	33.31	73.15	55.46	20.57	9.13	5.33	3.24	18.89
HISTORICA (75%)	1.37	1.99	2.47	2.60	5.20	14.23	31.58	27.20	11.61	5.37	3.20	1.90	9.06
MODELO P-E (75%)	2.35	3.40	2.27	1.95	4.55	16.33	47.52	40.02	15.20	7.87	4.87	2.93	12.44

PERSISTENCIA DE VOLÚMENES (MMC)

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
HISTORICA (50%)	6.97	9.75	10.96	15.03	33.19	80.45	170.99	133.15	54.02	22.45	14.09	9.19	560.24
MODELO P-E (50%)	7.78	10.82	9.56	12.94	29.14	81.30	195.92	143.75	55.09	23.66	14.28	8.68	592.92
HISTORICA (75%)	3.55	5.33	6.40	6.96	13.93	34.73	84.58	70.50	31.10	13.92	8.57	5.09	284.66
MODELO P-E (75%)	6.09	9.11	5.88	5.22	12.19	39.86	127.28	103.73	40.71	20.40	13.04	7.85	391.36

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

En el CUADRO 7.16 y la FIGURA 7.5 se comparan las persistencias al 50% y 75% de la serie histórica en la estación Salinar con los generados por el modelo P-E para ese mismo caso. Verificándose un buen ajuste del modelo para persistencias al 50% pero evidenciando una sobreestimación para persistencias al 75% con una diferencia anual de 106MMC.

FIGURA 7.5 COMPARACION SERIE HISTÓRICA VS GENERADO POR MODELO P-E

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Con ello se estableció que el modelo P-E calculado por subcuenca es válido para persistencias al 50%, y no lo es para persistencias al 75%. Recomendándose afinar la calibración del modelo con ayuda de al menos de un periodo completo de campañas de aforo en los puntos de control establecidos en la CUENCA.

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de la disponibilidad adoptada por subcuenca (persistencias al 50%).

CUADRO 7.17 DISPONIBILIDAD POR SUBCUENCA PERSISTENCIA DE CAUDALES 50% (m³/s)

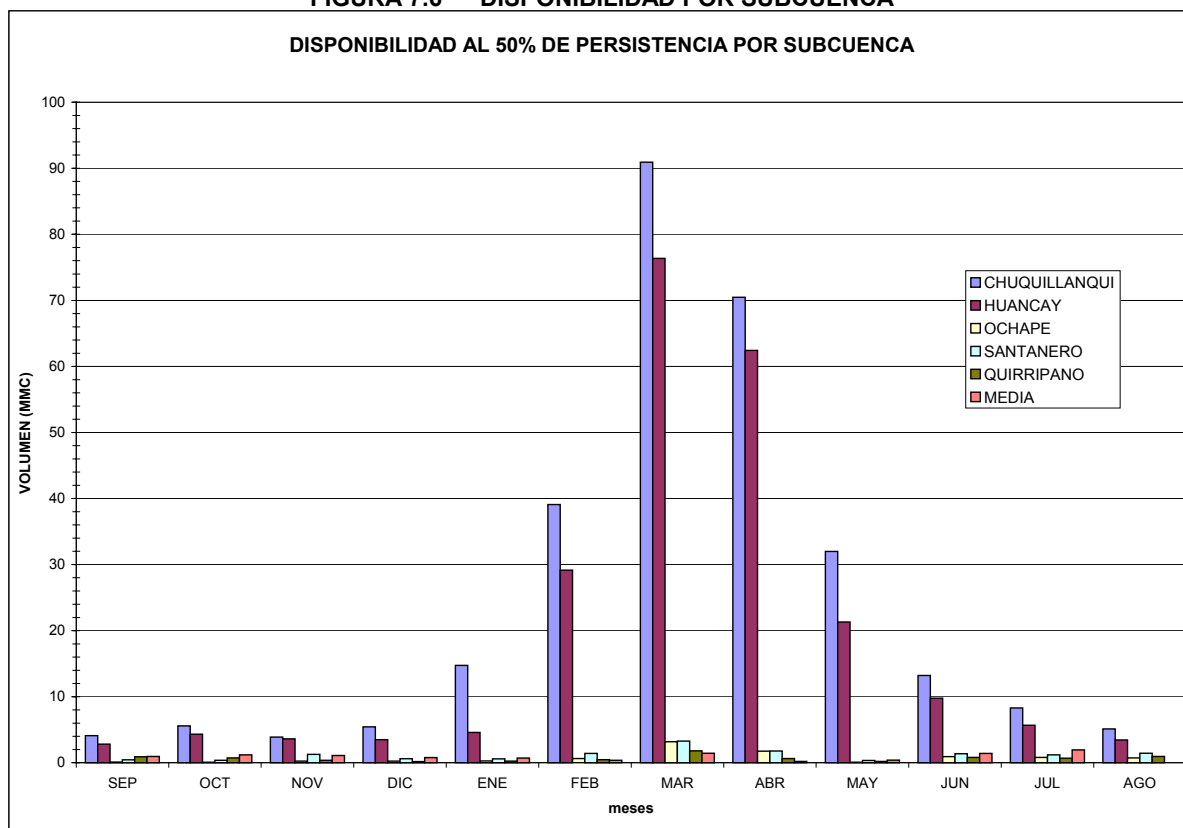
SUBCUENCA	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
CHUQUILLANQUI	1.58	2.08	1.50	2.03	5.50	16.02	33.94	27.19	11.94	5.10	3.09	1.91	9.32
HUANCA Y	1.09	1.61	1.40	1.30	1.71	11.95	28.51	24.08	7.95	3.77	2.12	1.28	7.23
OCHAPE	0.04	0.03	0.09	0.09	0.10	0.26	1.18	0.68	0.03	0.36	0.30	0.28	0.29
SANTANERO	0.17	0.14	0.49	0.23	0.22	0.58	1.23	0.69	0.13	0.52	0.45	0.54	0.45
QUIRRIPANO	0.35	0.28	0.14	0.07	0.09	0.20	0.68	0.25	0.08	0.31	0.26	0.36	0.26
MEDIA	0.37	0.45	0.42	0.29	0.27	0.15	0.54	0.08	0.15	0.54	0.75	0.00	0.33

PERSISTENCIA DE VOLÚMENES 50% (MMC)

SUBCUENCA	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
CHUQUILLANQUI	4.10	5.57	3.89	5.44	14.73	39.10	90.90	70.48	31.98	13.22	8.28	5.12	292.81
HUANCA Y	2.83	4.31	3.63	3.48	4.58	29.17	76.36	62.42	21.29	9.77	5.68	3.43	226.95
OCHAPE	0.10	0.08	0.23	0.24	0.27	0.63	3.16	1.76	0.08	0.93	0.80	0.75	9.03
SANTANERO	0.44	0.37	1.27	0.62	0.59	1.42	3.29	1.79	0.35	1.35	1.21	1.45	14.15
QUIRRIPANO	0.91	0.75	0.36	0.19	0.24	0.49	1.82	0.65	0.21	0.80	0.70	0.96	8.08
MEDIA	0.96	1.21	1.09	0.78	0.72	0.37	1.45	0.21	0.40	1.40	1.94	0.00	10.53

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 7.6 DISPONIBILIDAD POR SUBCUENCA



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

7.4 EXPLOTACIÓN HÍDRICA SUBTERRANEA

El recurso de aguas subterráneas en el valle del río Chicama es explotado en la actualidad, según el “Inventario y Monitoreo de las aguas subterráneas en el valle de Chicama” de Diciembre del 2001, en un volumen anual de 92.16MMC que equivalen a un caudal continuo de explotación de 2.92m³/s.

Del volumen explotado, 75.19MMC corresponden a uso agrícola, seguido en importancia por el uso industrial y doméstico con 10.94MMC y 6.00MMC respectivamente. La manera como se distribuye por uso y por distrito político la explotación de agua subterránea se aprecia en el siguiente cuadro:

CUADRO 7.18 VOLUMEN DE EXLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS POR USOS VALLE CHICAMA - 2001

DISTRITO	EXPLOTACIÓN POR USO (m ³)				VOLUMEN (m ³)
	DOMÉSTICO	AGRÍCOLA	PECUARIO	INDUSTRIAL	
Paján	973910.00	8741099.60	1539.80	0.00	9716549.40
Rázuri	171433.20	9485114.80	6452.50	1092528.00	10755528.50
Chocope	559107.00	5578607.80	105.35	131400.00	6269220.15
Casagrande	3815724.60	5100598.80	1568.00	4625280.00	13543171.40
Chicama	147737.40	8418568.74	19440.00	3079394.30	11665140.45
Magdalena de Cao	119749.20	25899352.80	0.00	0.00	26019102.00
Santiago de Cao	189610.20	6472212.40	0.00	2015697.60	8677520.20
Ascope	25009.80	5493419.00	0.00	0.00	5518428.80
Total	6002281.40	75188973.94	29105.65	10944299.90	92164660.90

* Fuente: INVENTARIO Y MONITOREO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL VALLE CHICAMA – DIC 2001

En el presente estudio se consideran una explotación actual de las aguas subterráneas de 92.16MMC y una explotación potencial que puede alcanzar los 297MMC al año según "Curso de aprovechamiento de aguas subterráneas en el ámbito del Proyecto CHAVIMOCHIC".

Aumentar los niveles de explotación subterránea contribuirían no solo a aumentar la disponibilidad en el valle si no también a disminuir los problemas de drenaje.

7.5 DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE AGUA DE RECUPERACIÓN

Las aguas de recuperación constituyen aguas de filtraciones y aguas drenadas que se presentan en las partes bajas del valle de manera natural o inducido mediante zanjas de drenaje con la finalidad de ser nuevamente utilizadas para riego. En el valle del río Chicama existe un volumen anual estimado de 72.9MMC -según se hace referencia en el PCR 2003 – 2004 desarrollado por la JUSDRCH- distribuidos mensualmente tal como se aprecia en el CUADRO 7.19.

Estos datos fueron estimados mediante aforos realizados en el año de 1994.

CUADRO 7.19 DISPONIBILIDAD DE AGUAS DE RECUPERACIÓN

	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	TOTAL
CAUDAL (m ³ /s)	1.5	1.1	1.1	2.4	3.9	3.9	3.3	2.7	2.2	2.2	1.7	1.7	2.3
CAUDAL (m ³)	3964723	2944512	3028838	6428160	9483264	10499328	8501760	7264512	5806080	5978880	4686336	4354560	72940953

Fuente: PCR 2003 – 2004 DE LA JUSDRCH

8. DEMANDA DE AGUA

El recurso hídrico que llega a la cabecera del valle y que se consume en el Subdistrito de riego Chicama (valle) es predominantemente de uso agrícola y poblacional.

El cálculo de la demanda agrícola es extraído íntegramente del “Estudio de demandas de uso agrícola del valle Chicama” desarrollado por el componente de Sistema de Riego del Proyecto, mientras que la demanda poblacional es obtenida a partir del padrón de usos no agrarios con que cuenta el INRENA – IRH.

8.1 EFICIENCIA DE RIEGO

8.1.1 Eficiencia de Conducción

La eficiencia de conducción se obtuvo a partir del método de aforos diferenciales, practicados en tramos representativos de los Canales de Derivación Paiján (5 puntos), Facalá (8 puntos) y Ascope (17 puntos); considerando periodos de avenidas y estiaje.

Los resultados promedios obtenidos son de 87.57%, 92.73% y 93.05% para los canales de derivación Paiján, Ascope y Facalá respectivamente, evaluados entre los meses de Abril y Octubre del 2003 con una media de 91.12%.

La eficiencia de conducción media ponderada es alta, probablemente debido a que por la antigüedad de los canales deben haber alcanzado un equilibrio físico con su medio y/o a la constante saturación del suelo por las filtraciones y/o intercepción de flujos sub superficiales de agua.

Los resúmenes de estas mediciones se presentan en los siguientes cuadros:

8.1.2 Eficiencia de Distribución

Esta definida como el agua aprovechada entre la toma lateral y la entrega del agua a la toma parcelaria, en la práctica puede ser considerada como otra eficiencia de conducción a nivel de laterales.

La eficiencia de distribución aplicada a la red menor de riego para los sistemas de riego de las Comisiones de Regantes Paiján y Ascope, han sido también determinadas con la metodología de aforos en 6 laterales y 7 laterales respectivamente.

Los resultados promedios obtenidos son de 87.04%, 77.84% y 93.05% para los laterales dentro de la Comisión de regantes Paiján y Ascope respectivamente haciendo con una media de 82.44%.

Los resúmenes de estas mediciones se presentan en los siguientes cuadros:

8.1.3 Eficiencia de Aplicación

Está definida como la cantidad de agua aprovechada entre la Toma parcelaria y los cultivos, vale decir es la relación entre el volumen aplicado y el volumen aprovechado por la planta descontando las pérdidas por escorrentía y percolación profunda; este volumen está en función a la lámina neta de agua aplicada a la planta, y el volumen de agua aplicado en cabecera de parcela.

Para la medición de los caudales a nivel de sistemas de riego especialmente en surcos por gravedad, se ha diseñado y construido un aforador portátil tipo RBC de metal con sus respectivas tablas de aforo.

La determinación de la eficiencia de aplicación en campo se ha realizado utilizando dos métodos: a) el de balance, controlando los ingresos y egresos de la parcela evaluada, relacionándola luego con el volumen requerido en cada riego de acuerdo a las características hidrodinámicas del suelo y b) Mediante la prueba de infiltración en surcos, complementado con los resultados de la prueba de infiltración con los cilindros infiltrómetros.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos en las comisiones de regantes de Paiján y Ascope, promediándose éstos para obtener 54.47% de eficiencia de aplicación a ser usado de manera general en el valle Chicama.

CUADRO 8.1 EFICIENCIA DE APLICACIÓN

MÉTODO	PARCELA I	PARCELA II	PROMEDIO
CR PAIJAN			
BALANCE	51.00	48.85	49.93
INFILTRACIÓN	51.06	51.42	51.24
			50.58
CR ASCOPE			
INFILTRACION	57.94	58.77	58.36
PROMEDIO			54.47

Fuente: ESTUDIO DE DEMANDAS EN EL VALLE CHICAMA (2003) DEL PROYECTO EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RIO CHICAMA – SISTEMA DE RIEGO

8.1.4 Eficiencia de Riego

El concepto de eficiencia de riego está dado por la cantidad de agua que una vez que ha sido entregada, es aprovechada; descontándose las pérdidas que ocurren por diversos factores. En general la eficiencia está definida por el Comité Internacional de Riego y Drenaje (ICID) en todos sus tramos o partes de un sistema de riego desde la fuente de abastecimiento hasta que llega a la planta en las parcelas de los beneficiarios.

La eficiencia total está considerada como el producto de la eficiencia de conducción, de distribución y de aplicación; de acuerdo a las determinaciones de campo de cada uno de los componentes descritos anteriormente, se ha calculado la eficiencia de riego con la siguiente expresión:

$$E_r = E_c \times E_d \times E_a$$

$$E_r = 0.9112 \times 0.8244 \times 0.5447 = 0.4092$$

En consecuencia, estos factores fijan una eficiencia de riego promedio de 41%, valor representativo para las condiciones actuales en que viene operando los sistemas de riego en el valle de Chicama.

8.2 CEDULA DE CULTIVOS

El Estudio de Demandas del presente proyecto en su componente de Sistema de Riego determinó dos cédulas de cultivos, la primera considera las condiciones actuales y la segunda indica una proyección al 100% de áreas agrícolas disponibles.

En el primer caso se consideraron condiciones actuales para cuyo efecto utilizaron la información del PCR 2003-2004, siendo las áreas declaradas con intención de siembra las que se muestran en el CUADRO 8.2

La cédula de cultivos del valle Chicama según el PCR 2003 - 2004 con algunos ajustes del Proyecto (Sistema de Riego) -en cuanto a la introducción de algunos cultivos no considerados como el Marigold, rotación periódica de hortalizas y afectación del 20% como área en descanso y 13% de agoste en el cultivo de caña de azúcar- se muestra en el CUADRO 8.3.

La caña de azúcar es un cultivo que durante su periodo vegetativo para un corte, necesita de un periodo de agoste de 03 meses aproximadamente (variable si es de planta o soca), tiempo durante el cual se le restringe de agua para producción de sacarosa; el presente estudio ha tomado en cuenta este fenómeno biológico en el cálculo de los requerimientos de agua, llegándose a estimar que aproximadamente un 13% del área instalado con este cultivo por cada mes se encuentra en este proceso, los mismos que serán descontados del área mensual cultivada.

El segundo caso considera una demanda de agua proyectada, para lo cual se ha tenido en cuenta el área total bajo riego existente a nivel de valle, esta información ha sido generado a partir del registro de usuarios (padrones de usuarios) bajo regímenes de licencia y permisos oficializada por la Administración Técnica con Resolución

Administrativa N° 210-2002-DRA-LL/ATDRCH, cuyo resumen de áreas se encuentra en el CUADRO 8.4.

Con el registro del área total bajo riego a nivel del valle de Chicama y la cédula de cultivos ajustada del PCR 2003-2004, se estableció una cédula proyectada que se muestra en el CUADRO 8.5

CUADRO 8.2 AREAS DECLARADAS POR CULTIVO A NIVEL DEL VALLE CHICAMA

CULTIVOS	COMISION DE REGANTES (ha)						TOTAL
	ASCOPE	M. DE CAO	S. DE CAO	PAIJAN	SAUSAL	LA PAMPA	
Caña Azúcar	4389.61	13547.44	7339.12	4631.54	3022.85	1661.81	34592.37
Alfalfa	0.47	48.19	66.34	88.52	10.84	333.95	548.31
Frutales	3.10	0.00	14.70	16.98	7.13	4.50	46.41
Hortalizas	0.50	0.39	11.85	0.16	0.00	0.00	12.90
Espárrago	0.00	52.23	4.50	186.77	0.00	290.25	533.75
Plátano	0.00	3.10	2.61	31.42	0.00	0.00	37.13
Vid	3.36	0.50	0.50	34.42	45.38	86.35	170.51
P. Elefante	0.00	0.00	0.00	7.67	0.00	48.00	55.67
Maíz	322.77	101.56	246.77	1103.56	135.89	304.40	2214.95
Camote	0.00	0.50	7.90	0.18	0.00	12.90	21.48
Yuca	2.20	0.00	1.25	17.08	1.00	0.00	21.53
Arroz	8.48	0.00	0.00	17.67	14.64	38.02	78.81
Frijol	0.28	1.00	4.50	2.68	2.00	16.00	26.46
Tomate	0.00	1.44	0.00	23.48	0.00	10.75	35.67
Ají	0.78	1.00	0.00	36.61	0.58	14.65	53.62
Melón	0.00	1.00	0.00	7.56	0.00	1.00	9.56
Algodón	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lenteja	0.00	0.00	5.51	9.69	0.00	76.78	91.98
Cebolla	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	5.20
Maicillo	0.00	0.00	2.00	4.73	0.00	7.58	14.31
Sorgo	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	12.00	12.63
Zapallo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Garbanzo	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Arveja	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sandía	0.00	0.00	0.00	1.92	5.36	4.50	11.78
TOTAL	4733.35	13758.35	7707.55	6223.27	3245.67	2927.84	38596.03

Fuente: PCR 2003-2004

CUADRO 8.3 CEDULA DE CULTIVO ACTUAL A NIVEL DEL VALLE CHICAMA

CULTIVOS	COMISION DE REGANTES (ha)						TOTAL
	ASCOPE	M. DE CAO	S. DE CAO	PAIJAN	SAUSAL	LA PAMPA	
Caña Azúcar	3055.17	9429.02	5108.03	3223.55	2103.91	1156.62	24076.29
Alfalfa	0.38	38.55	53.07	70.82	8.67	267.16	438.65
Frutales	2.48	0.00	11.76	13.58	5.70	3.60	37.13
Hortalizas	0.40	0.31	9.48	0.13	0.00	0.00	10.32
Espárrago	0.00	41.78	3.60	149.42	0.00	232.20	427.00
Plátano	0.00	2.48	2.09	25.14	0.00	0.00	29.70
Vid	2.69	0.40	0.40	27.54	36.30	69.08	136.41
P. Elefante	0.00	0.00	0.00	6.14	0.00	38.40	44.54
Maíz	258.22	81.25	197.42	882.85	108.71	243.52	1771.96
Camote	0.00	0.40	6.32	0.14	0.00	10.32	17.18
Yuca	1.76	0.00	1.00	13.66	0.80	0.00	17.22
Marigol	4.07	0.00	0.00	8.48	7.03	18.25	37.83
Arroz	2.71	0.00	0.00	5.66	4.68	12.17	25.22
Frijol	0.22	0.80	3.60	2.14	1.60	12.80	21.17
Tomate	0.00	1.15	0.00	18.78	0.00	8.60	28.54
Ají	0.62	0.80	0.00	29.29	0.46	11.72	42.90
Melón	0.00	0.80	0.00	6.05	0.00	0.80	7.65
Algodón	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lenteja	0.00	0.00	4.41	7.75	0.00	61.42	73.58
Cebolla	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	3.52	4.16
Maicillo	0.00	0.00	1.60	3.78	0.00	6.06	11.45
Sorgo	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	9.60	10.10
Zapallo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Garbanzo	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80
Arveja	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sandía	0.00	0.00	0.00	1.54	4.29	3.60	9.42
TOTAL	3330.16	9597.75	5402.77	4496.94	2282.16	2169.45	27279.22

EL AREA TOTAL BAJO RIEGO POR CADA COMISIÓN DE REGANTES SE DESCONTÓ EL 20% POR DESCANSO
 EL AREA CON CAÑA DE AZUCAR SE DESCONTO EL 13% POR AGOSTE DEL CULTIVO

Fuente: ESTUDIO DE DEMANDAS EN EL VALLE CHICAMA (2003) DEL PROYECTO EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RIO CHICAMA – SISTEMA DE RIEGO

CUADRO 8.4 **ÁREA BAJO RIEGO A NIVEL DEL VALLE CHICAMA**

COMISIONES DE REGANTES	SECTORES DE RIEGO	AREA BAJO RIEGO (ha)		
		LICENCIAS	PERMISOS	TOTAL
SAUSAL	SAUSAL	4478.85	3813.08	8291.93
ASCOPE	ASCOPE	3713.75	9686.36	13400.11
MAGDALENA DE CAO	CHOCOPE	13187.59	10430.79	23618.38
PAIJAN	PAIJAN	6374.42	2864.78	9,239.20
LA PAMPA	PAIJAN	3660.19	2296.44	5,956.63
SANTIAGO DE CAO	SANTIAGO DE CAO	8825.60	4167.96	12993.56
TOTAL		40240.40	33259.41	73499.81

Fuente: PCR 2003-2004

CUADRO 8.5 **CEDULA DE CULTIVO AREA TOTAL BAJO RIEGO DEL VALLE CHICAMA**

CULTIVOS	COMISION DE REGANTES (ha)						TOTAL
	ASCOPE	M. DE CAO	S. DE CAO	PAIJAN	SAUSAL	LA PAMPA	
Caña Azúcar	8649.18	16186.40	8611.23	4785.75	5374.98	2353.12	45960.66
Alfalfa	1.06	66.18	89.47	105.13	22.15	543.53	827.54
Frutales	7.02	0.00	19.83	20.17	14.57	7.32	68.91
Hortalizas	1.13	0.54	15.98	0.19	0.00	0.00	17.84
Espárrago	0.00	71.73	6.07	221.83	0.00	472.41	772.03
Plátano	0.00	4.26	3.52	37.32	0.00	0.00	45.09
Vid	7.61	0.69	0.67	40.88	92.75	140.54	283.14
P. Elefante	0.00	0.00	0.00	9.11	0.00	78.12	87.23
Maíz	731.01	139.48	332.81	1310.70	277.73	495.44	3287.16
Camote	0.00	0.69	10.65	0.21	0.00	21.00	32.55
Yuca	4.98	0.00	1.69	20.29	2.04	0.00	29.00
Marigol	11.53	0.00	0.00	12.59	17.95	37.13	79.20
Arroz	7.68	0.00	0.00	8.40	11.97	24.75	52.80
Frijol	0.63	1.37	6.07	3.18	4.09	26.04	41.39
Tomate	0.00	1.98	0.00	27.89	0.00	17.50	47.36
Ají	1.77	1.37	0.00	43.48	1.19	23.84	71.65
Melón	0.00	1.37	0.00	8.98	0.00	1.63	11.98
Algodón	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lenteja	0.00	0.00	7.43	11.51	0.00	124.97	143.91
Cebolla	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	7.16	8.97
Maicillo	0.00	0.00	2.70	5.62	0.00	12.34	20.65
Sorgo	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	19.53	20.28
Zapallo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Garbanzo	2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.26
Arveja	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sandía	0.00	0.00	0.00	2.28	10.95	7.32	20.56
TOTAL	9427.69	16476.05	9108.11	6676.25	5830.38	4413.69	51932.17

EL AREA TOTAL BAJO RIEGO POR CADA COMISION DE REGANTES SE DESCANTO EL 20% POR DESCANSO
EL AREA CON CAÑA DE AZUCAR SE DESCANTO EL 13% POR AGOSTE DEL CULTIVO

Fuente: ESTUDIO DE DEMANDAS EN EL VALLE CHICAMA (2003) DEL PROYECTO EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA – SISTEMA DE RIEGO

En la cédula de cultivos del valle de Chicama predomina los cultivos permanentes y dentro de ella destaca el cultivo de caña de azúcar con el 88% del área total cultivada; entre los transitorios el cultivo importante es el maíz con el 6% del área total cultivada,

existen otros cultivos que vienen experimentando buena aceptación entre los pequeños agricultores como son los espárragos y el Marigold por precio y mercado.

De acuerdo a la propiedad de la tierra tenemos que aproximadamente el 75% son de propiedad de las Empresas Agro Industriales asentadas en el valle, y dentro de ellas la EAI Casa Grande es la que mayor área agrícola posee con más o menos el 65% de las tierras de las Empresas.

El uso actual de la tierra en el valle de Chicama, registra cambios importantes en relación al diagnóstico realizado por la ONERN en el año 1,971, principalmente en cultivos transitorios como la introducción de cultivos nuevos (espárrago y Marigold), con buenos resultados de producción, manteniéndose la hegemonía de la caña de azúcar entre los permanentes.

8.3 EVAPOTRANPIRACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración potencial se calculó a partir de los datos de la estación Casagrande y mediante el método de Penman Moteith, los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro. Allí también se puede apreciar las diferencias con el calculado por la componente de Hidrología

CUADRO 8.6 EVAPOTRANPIRACION POTENCIAL (mm/día)

MES	ET _o Sistema de Riego*	ET _o Hidrología
ENERO	4.0	4.0
FEBRERO	4.1	4.1
MARZO	4.3	4.0
ABRIL	4.2	3.9
MAYO	3.8	3.5
JUNIO	3.3	3.0
JULIO	3.1	2.8
AGOSTO	3.2	2.8
SETIEMBRE	3.5	3.0
OCTUBRE	3.6	3.2
NOVIEMBRE	3.6	3.5
DICIEMBRE	3.7	3.8
PROMEDIO	3.7	3.5

*Fuente: ESTUDIO DE DEMANDAS EN EL VALLE CHICAMA (2003) DEL PROYECTO EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA – SISTEMA DE RIEGO

8.4 COEFICIENTES DE CULTIVO

Con el objeto de tener presente los efectos de las características del cultivo sobre sus necesidades de agua, se determinan los coeficientes de cultivo (K_c) para relacionarlos con la evapotranspiración del cultivo de referencia E_{to} , y así obtener la evapotranspiración real del cultivo (ET). El coeficiente de cultivo presenta la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzca rendimientos óptimos.

Los factores que repercuten mayormente en el valor del coeficiente de cultivo son para la época de crecimiento la frecuencia de riego y la fecha de siembra, las características fisiológicas de cada cultivo y de allí su comportamiento, el periodo vegetativo en sus etapas de desarrollo, maduración y cosecha y las condiciones climáticas en todo el ciclo del cultivo.

La componente de Sistema de Riego del presente Proyecto en su "Estudio de Demandas de agua para uso agrícola en el valle Chicama ha obtenido los valores de los coeficientes para cada cultivo siguiendo el procedimiento de la FAO N° 24 "Necesidades de Agua de los Cultivos"; y con la información obtenida se ha elaborado el CUADRO 8.7, donde se

presentan los coeficientes de cultivo (Kc) de la cédula de cultivo propuesta en forma mensual.

CUADRO 8.7 COEFICIENTES DE CULTIVO - Kc

CULTIVO	FASES O PERIODOS DE LOS CICLO VEGETATIVO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Caña de Azúcar	0.55	0.55	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Alfalfa	0.60	0.80	0.82	0.84	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Frutales	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Hortalizas	0.40	0.70	0.90	0.85								
Espárrago	0.90	0.90	0.90	0.80	0.90	0.90	0.80	0.80	0.70	0.60	0.60	0.60
Plátano	0.90	0.80	0.75	0.70	0.70	0.75	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Vid	0.35	0.35	0.45	0.50	0.65	0.70	0.75	0.75	0.70	0.65	0.55	0.55
Pasto Elefante	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Maíz	0.35	0.71	0.90	0.90								
Camote	0.40	0.70	0.90	0.90	0.85							
Yuca	0.60	0.60	0.86	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.85	0.80		
Arroz	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90							
Frijol	0.3	0.65	0.9	0.9								
Tomate	0.60	0.88	0.90	0.90	0.80	0.60						
Ají	0.40	0.70	0.90	0.90	0.90	0.90						
Melón	0.40	0.70	0.90	0.90	0.85	0.75						
Lenteja	0.3	0.65	0.9	0.9								
Cebolla	0.40	0.70	0.90	0.90								
Maicillo	0.50	0.90	0.90									
Zapallo	0.40	0.70	0.90	0.90	0.85	0.75						
Garbanzo	0.3	0.65	0.95	0.9								
Sandía	0.40	0.70	0.90	0.90	0.85	0.75						
Marigol	0.35	0.75	0.90	0.75								

Fuente: ESTUDIO DE DEMANDAS EN EL VALLE CHICAMA (2003) DEL PROYECTO EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN LA CUENCA DEL RIO CHICAMA – SISTEMA DE RIEGO

8.5 MODULO DE RIEGO

Los módulos de riego para la cédula de cultivos del valle de Chicama que viene utilizando la Junta de Usuarios en la elaboración del Plan de Cultivo y Riego se presenta en el siguiente CUADRO 8.8:

CUADRO 8.8 DEMANDAS UNITARIAS DE AGUA – PCR 2003-2004

CULTIVOS	TOTAL	MESES (m3/ha)											
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET
CAÑA AZUCAR	20000	1300	1300	1600	2000	2400	3000	2200	1600	1200	1100	1100	1200
ALFALFA	10000	500	500	500	1100	1700	1700	1000	1000	500	500	500	500
FRUTALES	10000	500	500	500	1100	1700	1700	1000	1000	500	500	500	500
HORTALIZAS	12000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ESPARRAGO	19500	1000	1000	2000	2500	2500	3000	2000	1500	1000	1000	1000	1000
PLATANO	10000	500	500	500	1100	1700	1700	1000	1000	500	500	500	500
VID	10000	500	500	500	1100	1700	1700	1000	1000	500	500	500	500
PASTO ELEFANTE	10000	500	500	500	1100	1700	1700	1000	1000	500	500	500	500
MAIZ	7000	3000	2200	1200	600								
CAMOTE	3600	2000	800	800									
YUCA	10900	500	700	1000	1500	1500	1600	1700	1400	1000			
ARROZ	15000	3000	3400	3400	3000	2200							
FRIJOL	4000	2000	1200	800									
TOMATE	6600	1500	1500	1500	800	800	500						
AJI	6600	2300	1000	1000	1000	800	500						
MELON	5300	800	1000	1000	1000	800	700						
ALGODÓN	9000	2000	1500	1500	1500	1500	1000						
LENTEJA	5000		2000										
CEBOLLA	5000	2000	1500	1000	500								
MAICILLO	3600	2000	800	800									
SORGO	3600	2000	800	800									
ZAPALLO	5300	800	1000	1000	1000	800	700						
GARBANZO	3000												
ARVEJA	6400	2300	1500	1300	1300								

Fuente: PCR 2003-2004

Los módulos de riego para la cédula de cultivos del valle de Chicama calculados por la componente de Sistema de Riego del Proyecto, según la metodología descrita se presenta en el CUADRO 8.9

CUADRO 8.9 DEMANDAS UNITARIAS DE AGUA DE LA CEDULA DE CULTIVOS DEL VALLE CHICAMA

CULTIVOS	TOTAL (m ³)	MESES (m ³ /ha)											
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET
CAÑA AZUCAR	21242	1757	1700	1805	1952	1807	2098	1983	1854	1558	1513	1561	1653
ALFALFA	20952	1653	1600	1742	1929	1807	2098	1983	1854	1558	1513	1561	1653
FRUTALES	22492	1860	1800	1912	2067	1913	2222	2100	1963	1650	1602	1653	1750
HORTALIZAS	6345			850	1607	1913	1975			733	1246	1653	1556
	6495	1653			919	1488	2222	1867			712	1286	1750
	6424	1860	1600			850	1728	2100	1745			735	1361
	6051	1447	1800	1699			987	1633	1963	1467			778
ESPARRAGO	21242	1757	1700	1805	1952	1807	2098	1983	1854	1558	1513	1561	1653
PLATANO	20609	1757	1600	1805	1837	1807	1975	1983	1745	1558	1424	1561	1556
VID	16506	1240	1200	1274	1378	1276	1728	1867	1745	1283	1246	1102	1167
PASTO ELEFANTE	22492	1860	1800	1912	2067	1913	2222	2100	1963	1650	1602	1653	1750
MAIZ	6592			850	1607	1913	2222						
	6592				919	1488	2222	2100					
	6642					850	1728	2100	1963				
	4138	827	1400	1912	2067								
CAMOTE	8575			850	1607	1913	2222	1983					
	8731				919	1488	2222	2100	2003				
	8325					850	1728	2100	1963	1683			
	8012	827	1400	1912	2067	1807							
YUCA	12091				1378	1276	2123	2100	1963	1650	1602		
	11632					1276	1481	2007	1963	1650	1602	1653	
ARROZ	8302				2067	1913	2222	2100					
	8198					1913	2222	2100	1963				
MARIGOL	6332					744	1851	2100	1636				
	6230				743	1722	1913	1851					
FRIJOL	6306					638	1605	2100	1963				
	5871						741	1517	1963	1650			
	5898	620	1300	1912	2067								
TOMATE	10160	1240	1760	1912	2067	1701	1481						
	10415				1378	1871	2222	2100	1745	1100			
	10046					1276	2172	2100	1963	1467	1068		
AJI	10342				919	1488	2222	2100	1963	1650			
	9893					850	1728	2100	1963	1650	1602		
	10340	827	1400	1912	2067	1913	2222						
MELON	9535					850	1728	2100	1963	1558	1335		
	9863	827	1400	1912	2067	1807	1851						
LENTEJA	5898	620	1300	1912	2067								
	6306					638	1605	2100	1963				
	5871						741	1517	1963	1650			
CEBOLLA	6642					850	1728	2100	1963				
MAICILLO	5283				1148	1913	2222						
SORGO	10501				850	1607	1913	2222	2142	1767			
GARBANZO	5898	620	1300	1912	2067								
SANDIA	9958				919	1488	2222	2100	1854	1375			
	9535					850	1728	2100	1963	1558	1335		

Fuente: ESTUDIO DE DEMANDAS EN EL VALLE CHICAMA (2003) DEL PROYECTO EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA – SISTEMA DE RIEGO

El análisis comparativo de los módulos de riego; es decir, entre lo que se viene utilizando y el calculado, se realiza gráficamente para cultivos importantes de la cédula de cultivos, como la caña de azúcar, maíz, espárrago y hortalizas.

En el se observó, la tendencia de los módulos de riego que la Junta de Usuarios viene utilizando son “condicionados” al rendimiento hídrico del río Chicama, principal fuente actual de agua del valle, las mayores demandas están concentradas en los meses de avenidas, mientras que las calculadas por el proyecto obedecen al desarrollo vegetativo (fases) natural de los cultivos.

En cultivos permanentes como la caña de azúcar y espárragos el requerimiento de agua es más sostenido en el tiempo, a diferencia de los transitorios donde se observa las necesidades de agua en función a la fase de desarrollo.

8.6 DEMANDA AGRICOLA

Dependen de la demanda del cultivo, eficiencia de uso del agua y del área a regar. Con los temas desarrollados hasta este punto la componente de Sistema de Riego del Proyecto determinó la demanda de agua para uso agrícola a nivel de Valle de Chicama para las dos situaciones descritas:

8.6.1 Demanda de Agua Actual del Valle de Chicama

El requerimiento de agua par uso agrícola en condiciones actuales a nivel del valle Chicama, está dada por la cédula y calendario de cultivos contenidos en el Plan de Cultivo y Riego 2003 – 2004 sobre un área total de 38596.03 ha. y neta de 27279.92 ha.; el primero área declarada como intención de siembra y el segundo ajustado con terrenos en descanso y cultivos en agoste; el resumen se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 8.10 DEMANDA ACTUAL DE AGUA A NIVEL DEL VALLE CHICAMA

CONCEPTO	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.
MMC	58.90	57.10	60.76	65.97	62.90	74.84	71.76	66.68	52.48	50.86	52.33	55.36
Q (m ³ /seg)	21.99	22.03	22.69	24.63	26.00	27.94	27.69	24.90	20.25	18.99	19.54	21.36
Mód. (l/s/ha)	0.87	0.87	0.89	0.96	0.96	1.03	1.02	0.92	0.75	0.71	0.77	0.85

Fuente: ESTUDIO DE DEMANDAS EN EL VALLE CHICAMA (2003) DEL PROYECTO EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA – SISTEMA DE RIEGO

Como puede observarse los requerimientos máximos de agua coinciden con el periodo de avenidas, siendo el valor de 74835.99 miles de m³. equivalentes a 27.94 m³/seg. el más alto correspondiente al mes de Marzo. Por otro lado, las demandas menores se concentran en el periodo de estiaje, siendo el mes de Julio el más bajo con 50856.75 miles de m³/mes equivalente a un caudal continuo de 18.99 m³/seg.

Una de las características principales de la demanda de agua del valle de Chicama, es su regularidad durante el año; es decir, no se producen picos y es por la predominancia de los cultivos permanentes con la hegemonía dentro de éstos de la caña de azúcar.

La tendencia de la demanda es regular durante todo el año, excepto en los meses de Febrero a Mayo donde se experimenta un pequeño repunte debido a la presencia masiva de cultivos transitorios en ese periodo generando mayores demandas

La regularidad se debe a la presencia mayoritaria de cultivos permanentes en la cédula de cultivos del valle, donde destaca la caña de azúcar con el 88% del área cultivada.

8.6.2 Demanda de Agua Proyectada del Valle de Chicama

La demanda de agua proyectada para uso agrícola en el valle de Chicama ha sido calculada en base al área total bajo riego existente, esto de acuerdo al registro de usuarios (padrones) bajo regímenes de uso con licencias y permisos oficializada por la Administración Técnica con Resolución Administrativa N° 210-2002-DRA-LL/ATDRCH.

La cédula y calendario de cultivos base son los contenidos en el Plan de Cultivo y Riego 2003 – 2004, ajustados con la fase de campo de la componente de Sistema de Riego del Proyecto. La cédula proyectada es sobre un área total de 73,499.81 ha. y neta de 51,932.17 ha.; el primero área inscrita en el registro oficial de usuarios y el segundo ajustado con terrenos en descanso y cultivos en agoste; el resumen de los resultados se presenta en el siguiente cuadro.

CUADRO 8.11 DEMANDA PROYECTADA DE AGUA DEL VALLE CHICAMA – ÁREA TOTAL BAJO RIEGO

CONCEPTO	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.
MMC	112.25	108.75	115.71	125.72	120.10	142.93	137.00	127.26	100.10	96.94	99.79	105.57
Q (m3/seg)	41.91	41.96	43.20	46.94	49.64	53.36	52.86	47.51	38.61	36.19	37.26	40.73
Mód. (l/s/ha)	0.87	0.87	0.89	0.96	0.96	1.03	1.02	0.92	0.75	0.71	0.77	0.85

Fuente: ESTUDIO DE DEMANDAS EN EL VALLE CHICAMA (2003) DEL PROYECTO EVALUACIÓN Y ORDENAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA – SISTEMA DE RIEGO

La tendencia de ocurrencia de las demandas de agua son similares al presentado anteriormente pero mayores en magnitud, la máxima corresponde al mes de Marzo con 142.93 MMC equivalente a un caudal continuo de 53.36 m3/seg., la mínima se presenta en el mes de Julio con 96.94 millones de m3/mes equivalente a 36.19 m3/seg.

8.7 DEMANDA DE USOS NO AGRARIOS

La demanda poblacional que actualmente se consume en el Subdistrito de riego Chicama (valle) captados del río Chicama -de acuerdo al padrón general de usuarios de agua con fines no agrarios- es de 0.240m³/s mensuales haciendo un total de 7.57MMC anuales.

CUADRO 8.12 PADRÓN GENERAL DE USUARIOS DE AGUA CON FINES NO AGRARIOS – RIO CHICAMA

Distrito de Riego: Chicama

Datos de Usuario		Datos de la Unidad Operativa		Otorgamiento de Agua	
Código	Nombre Usuario / Razon Social	Código	bre Unidad Operativa	Caudal (l/s)	Uso
2201267	CONSEJO PROVINCIAL DE ASCOPE	220126701	Ascope	80.00	Poblacional Valle
2201270	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHICAMA	220127001	Pampas de Jaguey	32.00	Poblacional Valle
		220127002	Quemazón	48.00	Poblacional Valle
2201298	CONSEJO DISTRITAL DE CASCAS	220129801	Cascas	20.00	Poblacional Alto Chicama
2201767	MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.	220176707	Laguna y reservorio artificial	2.00	Poblacional Alto Chicama
		220176707	Laguna y reservorio artificial	0.01	Minero
		220176709	Proyecto las Lagunas Norte	0.01	Industrial
		220176709	Proyecto las Lagunas Norte	3.00	Poblacional Alto Chicama
		220176709	Proyecto las Lagunas Norte	2.34	Minero
2202087	EMPRESA SEDALIB S.A.	220208701	Chicama	80.00	Poblacional Valle
				267.36	

Fuente: INRENA - IRH

9. RECARGA DEL ACUÍFERO

El acuífero del valle Chicama está constituido principalmente por sedimentos aluviales y eólicos del cuaternario reciente. Litológicamente están conformados por bloques, cantos, guijarros, gravas, arenas, arcillas y limos entremezclados en diferentes proporciones formando horizontes de espesores variables, los mismos que se presentan en forma alternada en sentido vertical.

El ancho del acuífero fluctúa entre 1.7km y 1.9km en su parte alta (entre los sectores Punta moreno y Progreso) ensanchándose en el Sector San Antonio con valores que oscilan entre 5.5 - 8.0km. A partir del cual, el acuífero presenta dimensiones mayores con el mayor desarrollo de explotación subterránea.

La napa freática contenida en el acuífero es libre y superficial con un desplazamiento de flujo subterráneo predominantemente en dirección noreste – suroeste.

La napa del acuífero del valle Chicama se alimenta por infiltraciones producidas en dos zonas:

- ✓ Zona húmeda. Infiltración por interconexión hidráulica de la cuenca colectora hasta la estación Salinar, lugar en donde se interconecta con el acuífero del valle.
- ✓ Zona seca. Infiltraciones a través del lecho del río, de los canales de riego y de las zonas de cultivo irrigadas que se ubican en el valle.

Los resultados determinaron que la recarga anual del acuífero del valle Chicama alcanza en promedio los 311.3 MMC, de los cuales y tal como se muestra en el siguiente cuadro 75.9 MMC corresponden a la infiltración proveniente de la zona húmeda y 235.4 MMC corresponden a la zona seca (valle).

CUADRO 9.1 RECARGA DEL ACUÍFERO

ZONA	Descripción	RECARGA DEL ACUÍFERO (MMC)
ZONA HUMEDA	Interconexión hidráulica	75.9
ZONA SECA	Infiltración en lecho de río	72.2
	Infiltración en canales de riego	88.8
	Infiltración en zonas de cultivo	74.4
	total	235.4
TOTAL		311.3

9.1 Recarga de zona húmeda

La zona húmeda, de 3665.0km², corresponden a la cuenca colectora del río Chicama hasta la estación Salinar (cabecera del valle), en ella se encuentra el acuífero superior que alimenta por interconexión hidráulica al acuífero del valle Chicama. La característica principal de la zona húmeda es que en ella las precipitaciones son importantes.

La metodología empleada, para el cálculo del flujo subterráneo proveniente de esta acuífero denominado superior, es el Balance Hídrico Global que tiene por finalidad la comparación mensual entre las aportaciones (entradas al sistema) y las pérdidas (salidas del sistema) que se producen en esta zona.

Los cálculos determinaron que la infiltración anual proveniente de la zona húmeda de la cuenca asciende a 75.9 MMC (20.7mm) y es producto de las aportes por precipitación de 1641.9 MMC (448mm) y las pérdidas por evapotranspiración real de 826.1 MMC (225.4mm) y por los caudales de ingreso al valle de 739.9 MMC (201.9mm).

Los resultados obtenidos obedecen a la siguiente ecuación:

$$I = P - E_r - E_s$$

Donde:

I : Infiltración en la zona húmeda

P : Precipitación areal de la zona húmeda

Er : Evapotranspiración real en la zona húmeda

Es : Escorrentía aforada en la Estación Salinar

En el siguiente cuadro se muestra el análisis realizado mensualmente para lo cual fue necesario estimar la máxima capacidad de retención de agua en el suelo (capacidad máxima de agua retenida) en 44.8mm, asumiendo que este no es superior al 10% de la precipitación que se presenta en un año. Del mismo se determinó el punto de tensión necesaria para conocer el grado de dificultad de evapotranspiración por encima y por debajo de este punto de tensión (20.88mm).

CUADRO 9.2 RECARGA DE ZONA HÚMEDA

AREA DE LA CUENCA HASTA SALINAR (km²) : 3665.0
RELACION DE EVAPOTRANSPIRACION (mm) : 1.171

CAPACIDAD MAXIMA DE AGUA RETENIDA (mm) : 44.8
CAPACIDAD DE CAMPO (mm) : 24.0 53.5 %
PUNTO DE TENSION (mm) : 20.8 46.5 %

PROMEDIOS MENSUALES	UND.	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1 Precipitación	mm	58.0	96.1	110.5	62.8	20.2	7.6	2.2	1.7	10.4	16.7	23.9	37.9	448.0
2 Evapotranspiración Potencial	mm	35.4	18.6	24.5	21.4	46.4	57.5	74.0	68.6	50.2	42.6	49.8	35.5	524.5
3 Evapotrans. Ajustada para climas secos	mm	30.2	15.9	20.9	18.3	39.6	49.1	63.2	58.6	42.9	36.4	42.5	30.3	448.0
4 Evapotranspiración Real	mm	30.2	15.9	20.9	18.3	39.6	22.5	7.4	4.3	6.5	11.6	17.8	30.3	225.4
5 Exceso de precipitación	mm	27.8	80.2	89.6	44.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	5.1	6.1	7.6	
6 Recarga de humedad del suelo	mm	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	5.1	6.1	7.6	
7 Agotamiento de humedad del suelo	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	19.4	14.9	5.2	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
8 Humedad almacenada en el suelo	mm	44.8	44.8	44.8	44.8	25.4	10.4	5.2	2.6	6.5	11.6	17.8	25.3	
9 Excedente (flujo subterráneo + superficial)	mm	8.3	80.2	89.6	44.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	222.6
10 Escorrentía Total	mm	13.8	32.3	61.5	46.4	17.8	7.0	4.5	3.1	2.5	3.4	3.6	6.0	201.9
11 Flujo subterráneo	mm	-5.5	47.9	28.1	-1.9	-17.8	-7.0	-4.5	-3.1	-2.5	-3.4	-3.6	-6.0	20.7
12 Flujo subterráneo	MMC	-20.2	175.6	102.9	-6.9	-65.2	-25.7	-16.5	-11.4	-9.2	-12.5	-13.2	-22.0	75.9
13 Flujo subterráneo	m ³ /s	-7.5	72.6	38.4	-2.7	-24.4	-9.9	-6.2	-4.2	-3.5	-4.7	-5.1	-8.2	2.4

9.2 Recarga de zona seca

Se denomina zona seca al área que comprende el valle Chicama y al acuífero materia del presente análisis de recarga.

La recarga en promedio anual de esta zona, que es muy superior a la producida en la zona húmeda, alcanza los 235.4 MMC y proviene de las infiltraciones en el lecho del río (72.2 MMC), de los canales de riego (88.8 MMC) y de las zonas de cultivo irrigadas (74.4 MMC).

Para obtener los resultados mostrados en el párrafo anterior, se determinó la dotación de agua en el valle en 526.57 MMC anuales. Esta dotación considera, la disponibilidad proveniente; del río (caudales medios mensuales), de la explotación subterránea (75.19 MMC para uso agrícola) y de las aguas de recuperación; así mismo considera las demandas poblacional y agrícola actuales.

CUADRO 9.3 DOTACION DE AGUA

DESCRIPCION	UNIDADES	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Disponibilidad	(m³/s)	23.55	55.40	90.47	71.26	29.42	14.61	10.69	8.28	7.58	8.41	8.69	11.73	
Demanda	(m³/s)	24.87	26.26	28.18	27.93	25.13	20.49	19.22	19.77	21.60	22.23	22.27	22.92	
Dot. total	(m³/s)	23.55	26.26	28.18	27.93	25.13	14.61	10.69	8.28	7.58	8.41	8.69	11.73	
Dot. pob.	(m³/s)	0.24	0.26	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	
Dot. agric. sub.	(m³/s)	2.34	2.59	2.34	2.42	2.34	2.42	2.34	2.34	2.42	2.34	2.42	2.34	
Dot. agric. rec.	(m³/s)	2.40	3.92	3.92	3.28	2.71	2.24	2.23	1.75	1.68	1.48	1.14	1.13	
Dot. agric. sup.	(m³/s)	18.57	19.49	21.68	21.99	19.84	9.71	5.88	3.95	3.24	4.35	4.90	8.02	
Disponibilidad	MMC	63.07	134.02	242.31	184.70	78.80	37.86	28.64	22.17	19.64	22.52	22.53	31.42	887.70
Demanda	MMC	66.60	63.53	75.47	72.39	67.31	53.11	51.49	52.96	55.99	59.53	57.73	61.39	737.51
Dot. total	MMC	63.07	63.53	75.47	72.39	67.31	37.86	28.64	22.17	19.64	22.52	22.53	31.42	526.57
Dot. pob. sup.	MMC	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	7.57
Dot. agric. sub.	MMC	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	75.19
Dot. agric. rec.	MMC	6.43	9.48	10.50	8.50	7.26	5.81	5.98	4.69	4.35	3.96	2.94	3.03	72.94
Dot. agric. sup.	MMC	49.75	47.15	58.07	56.99	53.15	25.16	15.76	10.59	8.39	11.66	12.69	21.49	370.87

Dot. : Dotación
pob. : poblacional
agric. : agrícola
sub. : subterránea
rec. : recuperación
sup. : superficial

9.2.2 Infiltración en el lecho del río

Debido al régimen irregular del río, en los meses de estiaje se captan la totalidad de sus aguas, y solo se presentan superávits en los meses donde la magnitud de las precipitaciones son importantes (VER CUADRO 9.4).

El superávit de 361.14 MMC que escurre por el cauce del río hacia el mar se infiltran y recargan el acuífero. Se estima que la recarga se da en un 20% del caudal escurrido, por lo que el volumen anual infiltrado es de 72.23 MMC.

CUADRO 9.4 INFILTRACION EN LECHO DE RÍO

DESCRIPCION	UNIDADES	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Dot. sup.	(m³/s)	18.81	19.75	21.92	22.23	20.08	9.95	6.12	4.19	3.48	4.59	5.14	8.26	
Disponibilidad superficial	(m³/s)	18.81	48.89	84.21	65.56	24.37	9.95	6.12	4.19	3.48	4.59	5.14	8.26	
Superavit	(m³/s)	0.00	29.14	62.29	43.33	4.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Infiltración en lecho de río	(m³/s)	0.00	5.83	12.46	8.67	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
entrega al mar	(m³/s)	0.00	23.31	49.83	34.66	3.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Dot. sup.	MMC	50.38	47.78	58.71	57.62	53.78	25.79	16.39	11.22	9.02	12.29	13.32	22.12	378.44
Disponibilidad superficial	MMC	50.38	118.27	225.55	169.93	65.27	25.79	16.39	11.22	9.02	12.29	13.32	22.12	739.57
Superavit	MMC	0.00	70.49	166.84	112.31	11.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	361.14
Infiltración en lecho de río	MMC	0.00	14.10	33.37	22.46	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.23
entrega al mar	MMC	0.00	56.39	133.47	89.85	9.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	288.91

Dot. sup. : Dotación superficial total (doméstica + agrícola)
* : se estima una infiltración de 20% del agua que discurre por el lecho del río hacia el mar

9.2.3 Infiltración en canales de riego

Se consideran las infiltraciones que se producen en el sistema de canales de riego antes de su entrega a las zonas de cultivo.

El volumen que escurre por los canales alcanza los 443.81 MMC, de los cuales dadas las eficiencias de conducción (9112%) y distribución del sistema (82.44%) sólo 333.39 MMC se entregan a las zonas de cultivo, ascendiendo las pérdidas a 110.42 MMC. (VER CUADRO 9.5)

Se estima que el 20% del volumen que escurre por los canales corresponden a pérdidas por infiltración (aprox. 80% de las pérdidas totales por conducción y distribución) haciendo un total de 88.76 MMC, el volumen anual que se infiltra y recarga el acuífero.

CUADRO 9.5 INFILTRACION EN CANALES DE RIEGO

DESCRIPCION	UNIDADES	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Dot. agric. rec.	(m ³ /s)	2.40	3.92	3.92	3.28	2.71	2.24	2.23	1.75	1.68	1.48	1.14	1.13	
Dot. agric. sup.	(m ³ /s)	18.57	19.49	21.68	21.99	19.84	9.71	5.88	3.95	3.24	4.35	4.90	8.02	
Dot. bruta	(m ³ /s)	20.97	23.41	25.60	25.27	22.56	11.95	8.12	5.70	4.92	5.83	6.03	9.16	
Dot. neta z.c.	(m ³ /s)	15.76	17.59	19.23	18.98	16.94	8.97	6.10	4.28	3.69	4.38	4.53	6.88	
Pérdidas por conducción y distribución	(m ³ /s)	5.22	5.82	6.37	6.29	5.61	2.97	2.02	1.42	1.22	1.45	1.50	2.28	
Infiltración en canales	(m ³ /s)	4.19	4.68	5.12	5.05	4.51	2.39	1.62	1.14	0.98	1.17	1.21	1.83	
Dot. agric. rec.	MMC	6.43	9.48	10.50	8.50	7.26	5.81	5.98	4.69	4.35	3.96	2.94	3.03	72.94
Dot. agric. sup.	MMC	49.75	47.15	58.07	56.99	53.15	25.16	15.76	10.59	8.39	11.66	12.69	21.49	370.87
Dot. bruta	MMC	56.18	56.63	68.57	65.49	60.41	30.97	21.74	15.28	12.74	15.63	15.64	24.52	443.81
Dot. neta z.c.	MMC	42.20	42.54	51.51	49.20	45.38	23.26	16.33	11.48	9.57	11.74	11.75	18.42	333.39
Pérdidas por conducción y distribución	MMC	13.98	14.09	17.06	16.30	15.03	7.70	5.41	3.80	3.17	3.89	3.89	6.10	110.42
Infiltración en canales	MMC	11.24	11.33	13.71	13.10	12.08	6.19	4.35	3.06	2.55	3.13	3.13	4.90	88.76

Dot. agric.rec. : Dotación agrícola proveniente de aguas de recuperación (presenta sistema de canales de riego)

Dot. agric.sup. : Dotación agrícola proveniente de aguas captadas del río (presenta sistema de canales de riego)

Dot. bruta : Dotación que se capta del río y de filtraciones para conducirse por un sistema de canales de riego

Dot. neta z.c. : Dotación que llega a la zona de cultivo (se descuentan pérdidas por conducción y distribución)

Eficiencia de conducción = 0.9112

Eficiencia de distribución = 0.8244

Infiltración en canales : Un porcentaje de las pérdidas por conducción y distribución es la denominada percolación profunda (infiltración). En nuestro caso se estima un 20% de la Dot. Bruta equivalente aprox a un 80% de las pérdidas.

9.2.4 Infiltración en zonas de cultivo

La recarga del acuífero a través de áreas de cultivo representa un volumen significativo de alimentación de la napa y se produce como consecuencia de la irrigación de las zonas de cultivo mediante aguas superficiales (de río o de recuperación) y subterráneas.

El volumen anual de agua entregada a las zonas de cultivo de 408.58 MMC corresponden a los 333.39 MMC de agua superficial y 75.19 MMC de agua subterránea. (VER CUADRO 9.6)

Las pérdidas por aplicación ascienden a 186.02 MMC, de los cuales se estima que el 40% de este corresponden a infiltración de la napa y el 60% restante se quedan en la zona de aereación. Por lo que tenemos que la infiltración producida en la zonas de cultivo asciende a 74.41 MMC.

CUADRO 9.6 INFILTRACIÓN EN ZONAS DE CULTIVO

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	MESES												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Dot. neta z.c.	(m ³ /s)	15.76	17.59	19.23	18.98	16.94	8.97	6.10	4.28	3.69	4.38	4.53	6.88	
Dot. sub.	(m ³ /s)	2.34	2.59	2.34	2.42	2.34	2.42	2.34	2.34	2.42	2.34	2.42	2.34	
Dot. bruta	(m ³ /s)	18.10	20.18	21.57	21.40	19.28	11.39	8.44	6.62	6.11	6.72	6.95	9.22	
Dot. neta aplicada	(m ³ /s)	9.86	10.99	11.75	11.66	10.50	6.21	4.60	3.61	3.33	3.66	3.79	5.02	
Perdidas por aplicación	(m ³ /s)	8.24	9.19	9.82	9.74	8.78	5.19	3.84	3.02	2.78	3.06	3.16	4.20	
aeración	(m ³ /s)	4.94	5.51	5.89	5.85	5.27	3.11	2.30	1.81	1.67	1.84	1.90	2.52	
Infiltración en z.c.	(m ³ /s)	3.30	3.67	3.93	3.90	3.51	2.07	1.54	1.21	1.11	1.22	1.27	1.68	
Dot. neta z.c.	MMC	42.20	42.54	51.51	49.20	45.38	23.26	16.33	11.48	9.57	11.74	11.75	18.42	333.39
Dot. sub.	MMC	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	75.19
Dot. bruta	MMC	48.47	48.81	57.78	55.46	51.65	29.53	22.60	17.74	15.84	18.01	18.01	24.69	408.58
Dot. neta aplicada	MMC	26.40	26.59	31.47	30.21	28.13	16.08	12.31	9.66	8.63	9.81	9.81	13.45	222.55
Perdidas por aplicación	MMC	22.07	22.22	26.31	25.25	23.52	13.44	10.29	8.08	7.21	8.20	8.20	11.24	186.02
Aeración	MMC	13.24	13.33	15.78	15.15	14.11	8.07	6.17	4.85	4.33	4.92	4.92	6.74	111.61
Infiltración en z.c.	MMC	8.83	8.89	10.52	10.10	9.41	5.38	4.12	3.23	2.88	3.28	3.28	4.50	74.41

Dot. neta z.c. : Dotación que llega a la zona de cultivo (se descuentan pérdidas por conducción y distribución)

Dot. sub. : Dotación subterránea de uso agrícola (el riego es a nivel parcelario, por lo que pérdidas por conducción y distribución son mínimas)

Dot. Bruta : Dotación proveniente de los sistemas de riego de las aguas captadas del río y filtraciones mas aquellas provenientes de la explotación subterránea. Todas aquellas entregadas a las zonas de cultivo para ser aplicadas

Dot. neta : Dotación aprovechada por los cultivos (se descuentan pérdidas por aplicación)

Eficiencia de aplicación = 0.5447

Infiltración en z. c. : Las pérdidas por aplicación se dividen en percolación profunda (infiltración) y aeración. Se estima que el 40% de las pérdidas es percolación profunda y 60% aeración.

10. 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 de un análisis de sequía son:

- ✓ Duración: Suma de intervalos de tiempo sucesivos en el que permanece la sequía.
- ✓ Magnitud: Integración de los intervalos de tiempo sucesivos en el que permanece la sequía.
- ✓ Severidad: Es la división entre la magnitud y la duración. Nos indica que cantidad de déficit se produce por unidad de tiempo
- ✓ Déficit hídrico porcentual: Es lo que se requiere el caudal histórico para llegar a cubrir la demanda

La definición de sequía más crítica es aquella que presenta la mayor severidad y/o déficit hídrico porcentual.

Adoptando una demanda uniforme de 25.53m³/s se presentaron en el río Chicama, para un periodo de 78 años (1920 – 1997), 17 sequías con duraciones que van desde 5 años hasta 1 año, siendo la mas común las sequías de duración de un año que se presentaron hasta en 7 oportunidades y entre las menos frecuentes están las de 5 y 2 años de duración que solo se presentaron una vez.

Según el CUADRO 10.1 la sequía más crítica se presentó con una severidad de 19.03, un déficit hídrico de 74.5% y una duración de 3años continuos en el periodo de 1990 a 1992. Seguidamente se presentaron sequías con 61.6% y 56.5% de déficit hídrico en los periodos de 1937 y 1978 – 1982 respectivamente.

CUADRO 10.1 ANÁLISIS DE SEQUIA ANUAL

DURACIÓN DE SEQUÍA (AÑOS)	FRECUENCIA	SEQUIA CRÍTICA			
		AÑO OCURRIDO	MAGNITUD MÁXIMA	SEVERIDAD	DÉFICIT HÍDRICO PORCENTUAL
5	1	1978 - 1982	72.08	14.42	56.5%
4	5	1985 - 1988	51.97	12.99	50.9%
3	3	1990 - 1992	57.08	19.03	74.5%
2	1	1954 - 1955	8.90	4.45	17.4%
1	7	1937	15.73	15.73	61.6%
43	17				

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Al realizar un análisis mensual observamos que los meses de estiaje de junio a diciembre siempre se encuentran en sequía (a excepción de junio y diciembre con 76 y 74 de frecuencia respectivamente). Existiendo menos frecuencia se sequías en los meses de lluvias, sin embargo existe regular presencia de éstas en los meses de enero y mayo con 56 y 43 de frecuencia respectivamente. Finalmente en los meses de Febrero, Marzo y Abril la frecuencia es mucho menor y se encuentran asociadas a las sequía más críticas mostradas en el cuadro anterior.

CUADRO 10.2 ANÁLISIS DE SEQUIA MENSUAL

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
FRECUENCIA (AÑOS)	56	24	12	13	43	76	78	78	78	78	78	74
MAGNITUD MÁXIMA	-24.8	-24.6	-23.2	-19.7	-24.5	-24.8	-25.0	-25.3	-25.4	-25.1	-24.8	-25.0

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Para mayor detalle ver el VOLUMEN DE ANEXO DE CALCULO.

11. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE MÁXIMAS

Se determinó la frecuencia con que ocurren las precipitaciones máximas diarias y los caudales máximos diarios para la cuenca colectora del río Chicama desde sus nacientes hasta la Estación Salinar_Tambo.

11.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS HISTÓRICAS

Para el análisis se seleccionó 7 estaciones de las 12 existentes con registros históricos de precipitación máxima diarias, tal como se aprecia en el siguiente cuadro.

CUADRO 11.1 REGISTROS HISTORICOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA

COD.	NOMBRE DE ESTACIÓN	CACIÓN HIDROGRAFICA CUENCA	PRECIPITI. MÁXIMA																													AÑOS																	
				1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002						
153257	PUERTO CHICAMA	QDA. CULEBRA	1972 - 2001																																														
153254	CASA GRANDE	QDA. CULEBRA	1975 - 1985																																														
153250	CASCAS	CHICAMA	1964 - 1982	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																											
153101	CALLANCAS	CHICAMA	1972 - 2000																																														
153258	COINA	CHICAMA	1973 - 1974																																														
153264	SAYAPULLO	CHICAMA	1981 - 2002																																														
153216	COSPAN	CHICAMA	1999 - 2002																																														
153217	ASUNCION	JEQUETEPEQUE	1987 - 2002																																														
153248	CONTUMAZA	JEQUETEPEQUE	1965 - 2000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
153223	CACHACHI	MARAÑON	1965 - 2002		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
153206	SINSICAP	MOCHE	1965 - 2002	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
153261	OTUZCO	MOCHE	1964 - 1979	X	X	X	X	X																																									

x REGISTROS HISTORICOS

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

Las estaciones seleccionadas son Callancas, Sayapullo, Contumazá, Cachachi y Sinsicap, además también se incorporó como una sola estación a las de Puerto Chicama y Casa Grande con la finalidad de establecer magnitudes de precipitación máxima en el valle.

Con estas estaciones se realizó el análisis de frecuencias determinándose la precipitación máxima diaria para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 500 años. Luego se obtuvo la distribución espacial de estas precipitaciones mediante la aplicación de isoyetas de máximas en cada uno de estos periodos de retorno y calcular a partir de ello las precipitaciones máximas por subcuenca.

11.1.2 Frecuencias de máximas para un periodo de retorno

El cálculo de la frecuencia se realizó para cada estación con el programa FLFREQ. Este programa genera distribuciones Gumbel I, Log-normal, Lognormal3, Log-Pearson III. Y de acuerdo a las pruebas de ajuste de Smirnov-Kolmogorov mostradas en el VOLUMEN DE ANEXO DE CÁLCULOS se determinó que las estaciones de Pto. Chicama, Cachachi y Sinsicap se ajustaban a una distribución tipo Log-Pearson III, mientras que las estaciones Callancas Sayapullo y Contumazá se ajustaban a una distribución del tipo Log-normal. El resumen del análisis se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO 11.2 ANÁLISIS DE FRECUENCIA (mm)

TIEMPO DE RETORNO	PTO. CHICAMA – CASA GRANDE	CALLANCAS	SAYAPULLO	CONTUMAZA	CACHACHI	SINSICAP
20	20.0	41.4	154.0	150.0	95.8	80.5
50	25.2	47.4	198.0	207.0	129.0	109.0
100	29.2	51.9	235.0	257.0	160.0	135.0
500	38.5	62.5	331.0	400.0	254.0	212.0

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

11.1.3 Precipitación areal máxima diaria por subcuenca

Para los periodos de retorno de 20, 50, 100 y 500 años, calculados en el ítem anterior por estación, se construyeron las isoyetas de máximas (Ver VOLUMEN DE ANEXO DE CALCULOS). Y a partir de estas se determinó las precipitaciones máximas diarias por subcuenca tal como se presenta en el cuadro resumen siguiente.

CUADRO 11.3 PRECIPITACION MÁXIMA

TIEMPO DE RETORNO (AÑOS)	Baja	Media	Rio Chuquillanqui	Rio Huancay	Rio Ochape	Rio Quirripano	Rio Santanero	CUENCA	CUENCA hasta Salinar
20	19.0	54.3	151.7	59.8	89.5	48.8	52.4	66.6	81.5
50	22.0	64.4	198.3	71.6	114.5	58.5	65.9	83.4	102.6
100	24.7	73.0	238.1	81.6	135.3	67.0	77.3	97.7	120.6
500	37.9	98.6	345.6	115.3	193.7	91.7	111.9	140.3	172.4

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

11.2 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Se procedió al análisis de frecuencias a partir de los caudales máximos diarios anuales registrados desde 1920 – 1998.

El análisis de la frecuencia realizado con el Programa Sistema de Información Hidrológica (SIH) presenta las distribuciones Normal, Gumbel, LogNormal, LogPearson III de la estación Tambo_Salinar tal como se muestra en el VOLUMEN DE ANEXO DE CÁLCULOS.

La selección del mejor ajuste se dio con la prueba de Smirnov – Kolmogorov, determinándose a la distribución Log-normal como tal.

Para determinar las descargas máximas instantáneas de la cual no se tiene registro alguno se optó por obtenerlos a partir de una formulación empírica conocida como relación de Fuller que transforman las descargas máximas diarias a instantáneas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_i = c * Q_d$$

siendo:

$$c = 1 + \frac{a}{A^b}$$

y donde:

Qi: caudal máximo instantáneo en m³/s

Qd: caudal máximo diario en m³/s

A: área de la cuenca en km²

a,b: constante característico, igual a 2.7 y 0.3 respectivamente

Finalmente y conociendo el área de la cuenca hasta Salinar que es de 3665km² se determinaron los caudales máximos instantáneos tal como se aprecia en el siguiente cuadro.

CUADRO 11.4 CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO PARA UN PERIODO DE RETORNO

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	CAUDAL MÁXIMO DIARIO	CAUDAL MÁXIMO INSTANTANEO
2	191.00	234.97
5	358.00	440.42
10	497.00	611.42
25	705.00	867.30
50	884.00	1087.51
100	1083.00	1332.33
200	1304.00	1604.21
500	1634.00	2010.18
1000	1914.00	2354.64

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

12. BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico a nivel del valle involucra las disponibilidades superficiales del río, aguas subterráneas y aguas de recuperación, así como las demandas agrarias y otros usos.

Se realizaron análisis considerando disponibilidades al 75% y 50% de persistencia. A mayor persistencia mayor probabilidad de que este ocurra pero también los caudales son menores, por lo que puede generar en un balance déficit sobrestimados sacrificando disponibilidad por confianza.

Las aguas subterráneas se analizaron en su condición actual y también planteando una condición óptima de explotación que alcance su potencial.

Las aguas de recuperación son las que presenta la JUSDRCH en su PCR 2003-2004.

Las demandas que se consideraron son las actuales de acuerdo al área declarada en el PCR 2003-2004 (38596.03 has) y futuras incluyendo toda el área agrícola disponible (73499.81 has). No se ha considerado demandas futuras con mejoras de eficiencias de riego debido a que actualmente la eficiencia de riego es de 41%.

Con todas las posibilidades mencionadas se simularon 6 escenarios. Agrupándolas en dos grupos cuya única diferencia entre estos son las disponibilidades superficiales que en el primer grupo es de 75% de persistencia y 50% en el segundo. Siendo el 01 con el 04, el 02 con el 05 y el 03 con el 06 similares excepto la disponibilidad superficial.

CUADRO 12.1 ESCENARIOS DEL BALANCE HÍDRICO

GRUPO	BALANCE HÍDRICO (MMC)					
	I (Caudales disponibles al 75% de persistencia)			II (Caudales disponibles al 50% de persistencia)		
ESCENARIO	01	02	03	04	05	06
SITUACIÓN	ACTUAL	FUTURA 1	FUTURA 2	ACTUAL	FUTURA 1	FUTURA 2
DISPONIBILIDAD HÍDRICA SUPERFICIAL	284.36	284.36	284.36	559.52	559.52	559.52
DISPONIBILIDAD HÍDRICA SUBTERRÁNEA	92.16	297	297	92.16	297	297
DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE AGUAS DE RECUPERACIÓN	72.94	72.94	72.94	72.94	72.94	72.94
DEMANDA POBLACIONAL	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57	7.57
DEMANDA AGRÍCOLA	729.94	729.94	1392.12		729.94	1392.12

Fuente: Desarrollado en el presente estudio

La situación actual, como su nombre mismo lo dice analiza el balance en sus condiciones actuales.

La situación futura 1 permiten conocer cual sería el balance en el caso que se explote el potencial de aguas subterráneas cuyo valor es de 297MMC anuales. Esta situación futura puede darse en los próximos 10 años siempre y cuando se incentive la explotación de aguas subterráneas hasta alcanzar los niveles de explotación que se tenían en la década de los 70's

La situación futura 2 considera no sólo el potencial subterráneo si no también el poder emplear bajo riego toda el área agrícola del valle. Esta situación hipotética nos da una noción del déficit que se produciría al poner todo el área agrícola bajo riego y conocer cual sería el aporte que se requeriría de la tercera etapa del proyecto Chavimochic para el mejoramiento de las áreas agrícolas sin tomar en cuenta la incorporación de nuevas área agrícolas.

Los cálculos desarrollados se encuentran en el VOLUMEN DE ANEXO DE CALCULOS y fueron evaluados de acuerdo a los niveles de confiabilidad en volumen entregado y niveles de confiabilidad en tiempo de entrega al sistema hidráulico del valle.

La situación actual genera un balance con un déficit de 288MMC y 12.89MMC en los grupos I y II respectivamente. Ello refleja los problemas de rendimiento y producción de cultivos en la actualidad, debido a que las tierras bajo riego son irrigadas pero no con las cantidades adecuadas. Por otro lado la confiabilidad en volumen es de 55.3% y 67.7% respectivamente, confiabilidad baja, que nos revelan que el volumen sólo es satisfecho en aprox. 60%. Así

también la confiabilidad en el tiempo es de 16.7% y 33.3% respectivamente haciendo necesario de la regulación de estos volúmenes.

La situación futura 1 por su parte mejora el balance con un déficit de 83.21MMC en el primer grupo y un superávit de 191.95MMC en el segundo. Ello ante la posibilidad de explotar las aguas subterráneas hasta alcanzar el potencial estimado de 297MMC. Mejorando la confiabilidad hasta un nivel aceptable del 77.8% y 86.2% respectivamente, sin embargo la confiabilidad en el tiempo no mejora por lo que sigue haciendo evidente la regulación del volumen para épocas de estiaje para satisfacer los tiempos de entrega al sistema hidráulico del valle.

La situación futura 2 muestra el déficit que se produciría al incrementar, a comparación de la situación futura 1, las áreas bajo riego. Estos déficit son de 745.39MMC en el primer grupo y 470.23MMC en el segundo demostrando que para poner bajo riego todo el área agrícola disponible requeriríamos, además de las aguas subterráneas, otra fuente hídrica capaz de hacer aceptable los niveles de confianza que en el mejor de los casos (segundo grupo) alcanzan el 59.9% en volumen y 16.7% en tiempo.

CUADRO 12.2 BALANCE HÍDRICO

ESCEN.	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
01	m³/s	-14.40	-4.94	10.19	5.51	-7.94	-9.92	-10.92	-13.26	-15.59	-15.89	-15.70	-16.32	
	MMC	-38.56	-11.94	27.29	14.29	-21.27	-25.71	-29.26	-35.51	-40.41	-42.56	-40.70	-43.72	-288.05
02	m³/s	-8.03	2.12	16.56	12.10	-1.57	-3.33	-4.55	-6.88	-9.00	-9.52	-9.12	-9.95	
	MMC	-21.49	5.13	44.36	31.36	-4.20	-8.64	-12.19	-18.44	-23.34	-25.49	-23.63	-26.65	-83.21
03	m³/s	-30.33	-21.52	-8.86	-13.07	-24.19	-21.70	-21.76	-24.60	-28.37	-29.43	-29.04	-30.47	
	MMC	-81.24	-52.07	-23.73	-33.88	-64.78	-56.26	-58.27	-65.90	-73.55	-78.84	-75.28	-81.60	-745.39
04	m³/s	-7.21	13.79	42.45	29.68	0.62	-6.63	-8.86	-11.73	-14.27	-14.24	-13.94	-13.31	
	MMC	-19.31	33.37	113.70	76.94	1.66	-17.18	-23.74	-31.41	-36.98	-38.14	-36.14	-35.66	-12.89
05	m³/s	-0.84	20.85	48.82	36.27	6.99	-0.04	-2.49	-5.35	-7.68	-7.87	-7.36	-6.94	
	MMC	-2.24	50.44	130.77	94.01	18.73	-0.11	-6.67	-14.34	-19.91	-21.07	-19.07	-18.59	191.95
06	m³/s	-23.14	-2.79	23.40	11.10	-15.63	-18.41	-19.70	-23.07	-27.05	-27.78	-27.28	-27.46	
	MMC	-61.99	-6.76	62.68	28.77	-41.85	-47.73	-52.75	-61.80	-70.12	-74.42	-70.72	-73.54	-470.23

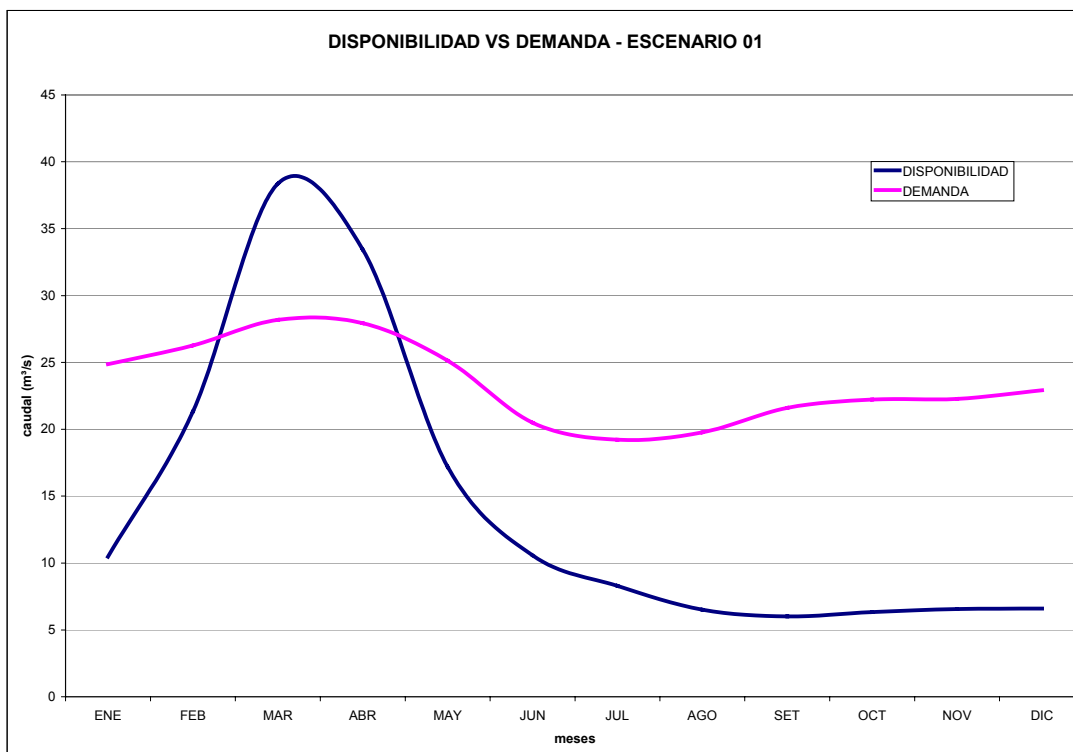
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

CUADRO 12.3 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

ESCEN.	BALANCE	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD (%)	
		VOLUMEN	TIEMPO
01	-288.05	55.3	16.7
02	-83.21	77.8	25.0
03	-745.39	46.7	0.0
04	-12.89	67.7	33.3
05	191.95	86.2	33.3
06	-470.23	59.9	16.7

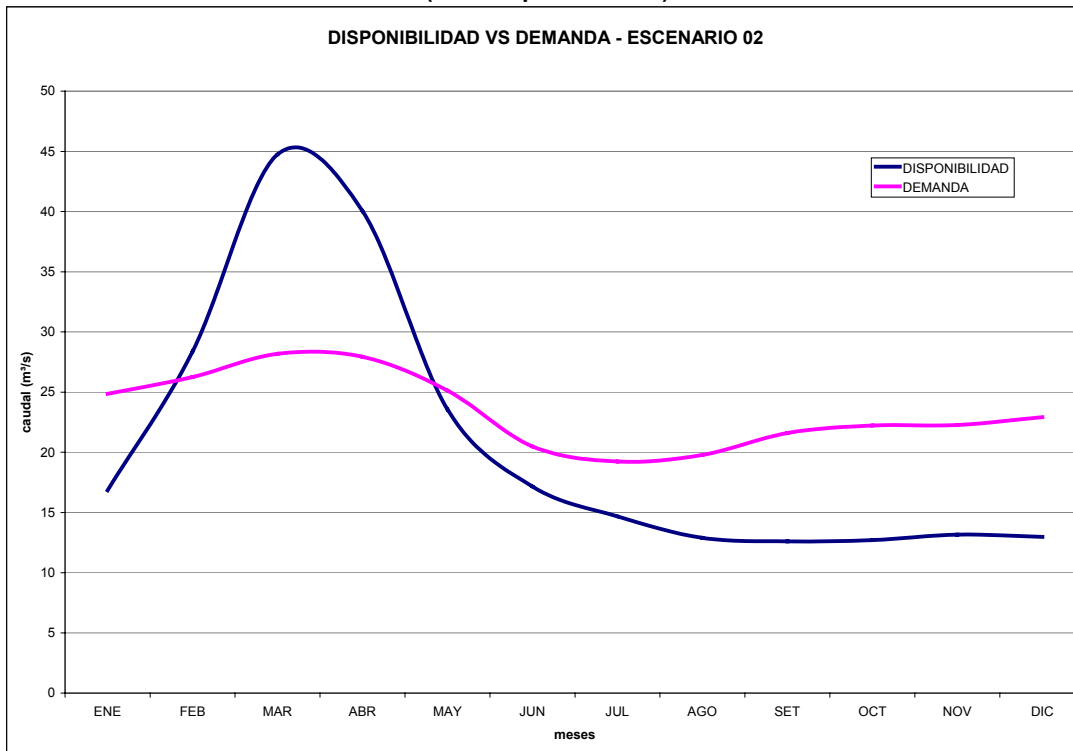
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 12.1 DISPONIBILIDAD (75% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 01



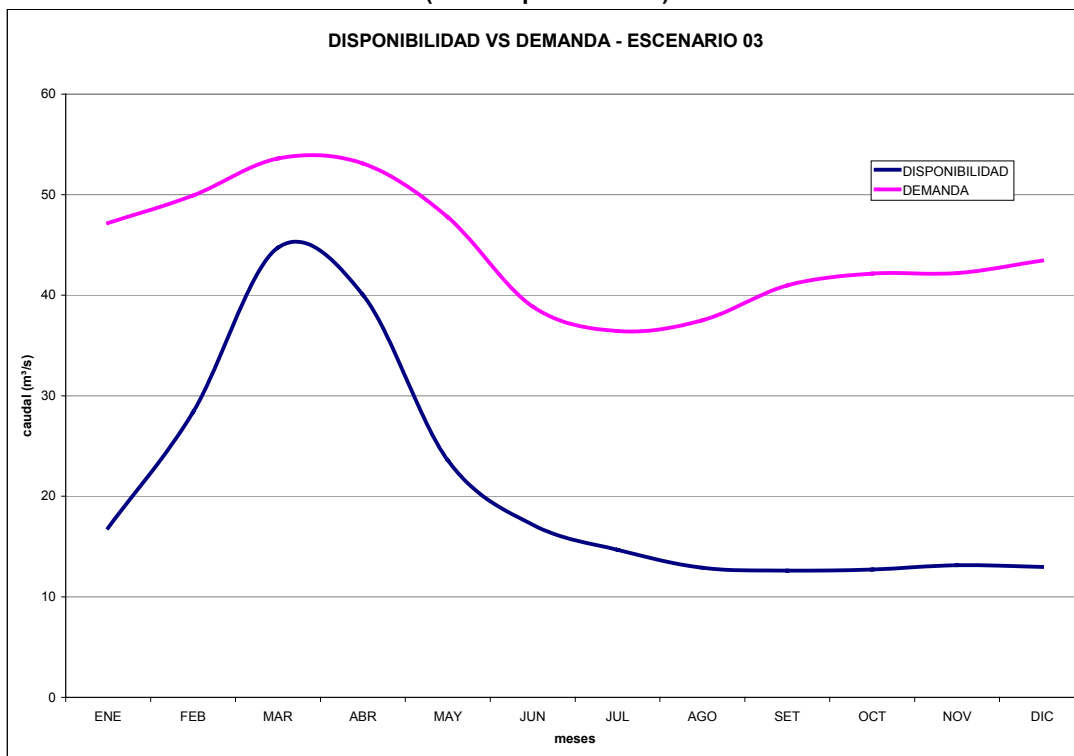
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 12.2 DISPONIBILIDAD (75% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 02



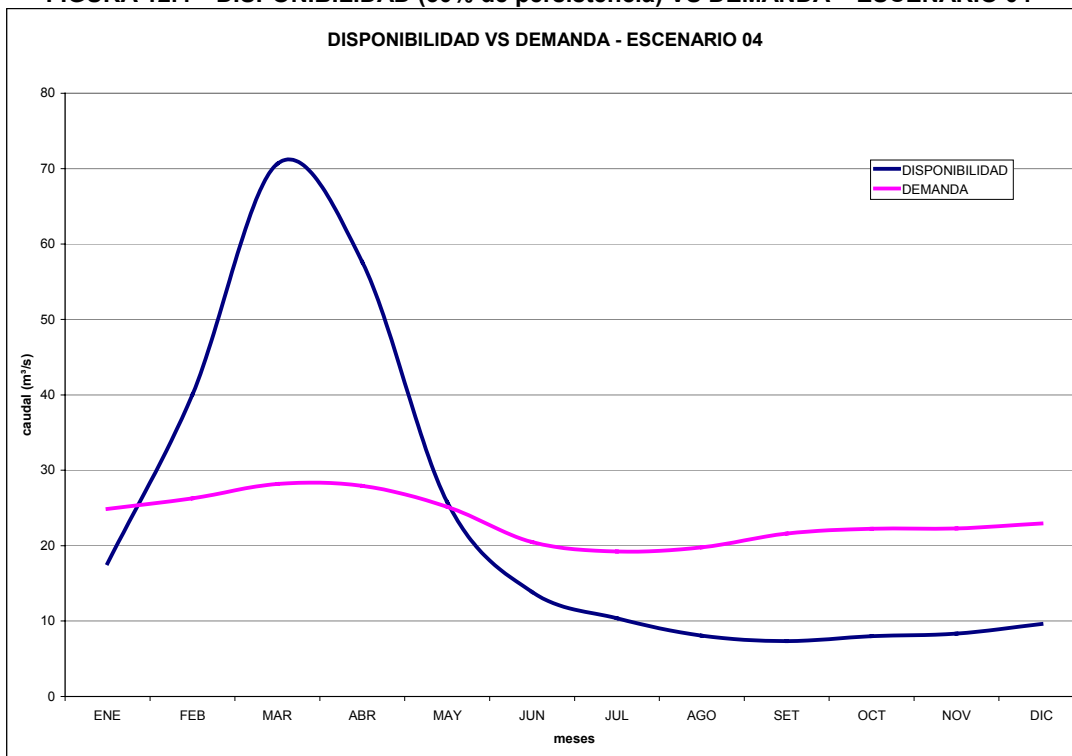
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 12.3 DISPONIBILIDAD (75% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 03



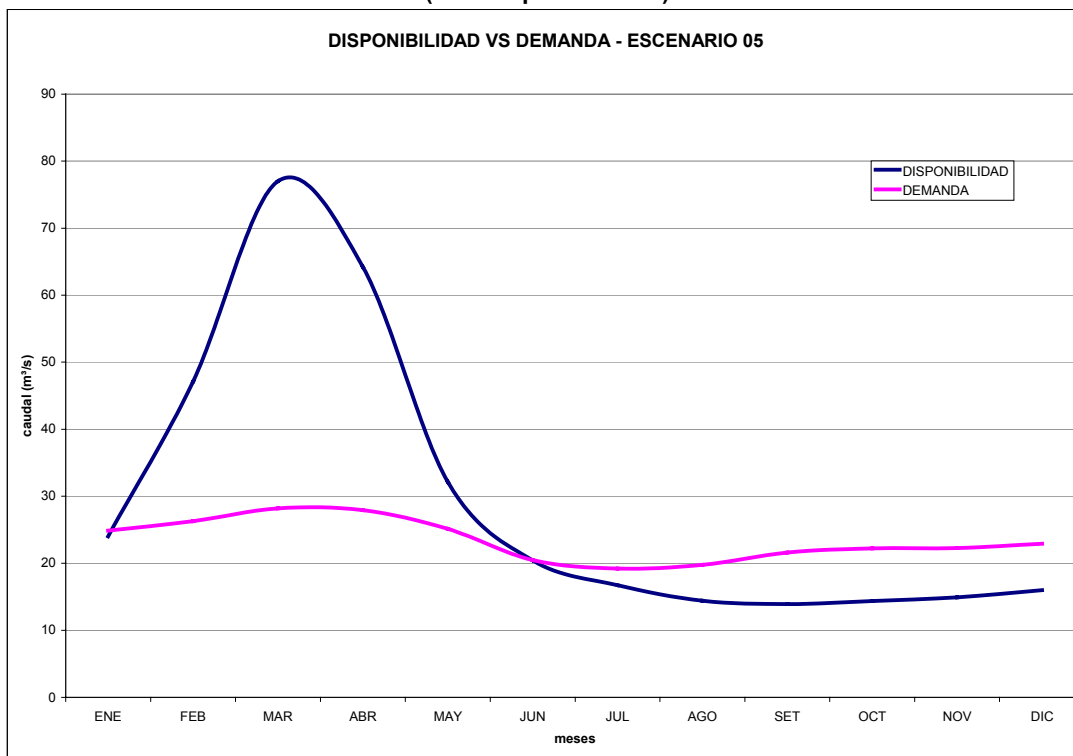
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 12.4 DISPONIBILIDAD (50% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 04



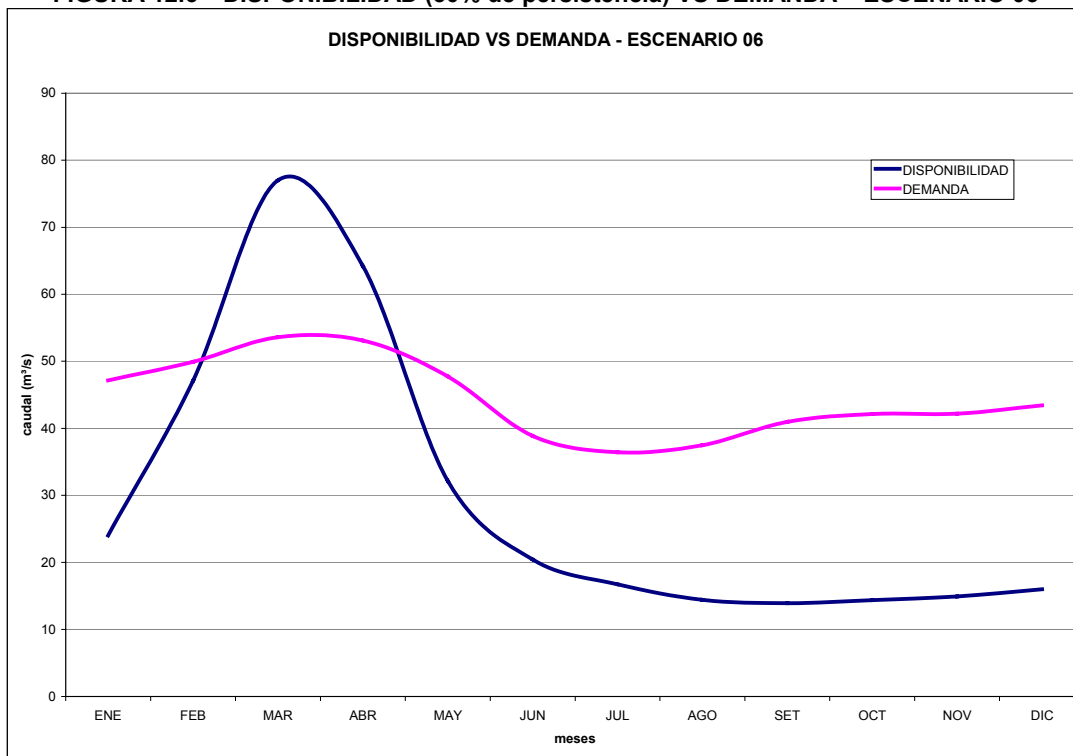
Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 12.5 DISPONIBILIDAD (50% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 05



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

FIGURA 12.6 DISPONIBILIDAD (50% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 06



Fuente: Desarrollado en el presente estudio

13. DESCRIPCIÓN DEL ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO ACTUAL DE LA CUENCA

El río Chicama es abastecido los ríos Huancay, Chuquillanqui, Ochape, Santanero y Quirripango. Los ríos Huancay y Chuquillanqui escurren sus aguas al río principal de manera permanente, mientras los restantes lo hacen solo en los periodos de lluvia.

El inventario determinó que el río Huancay nace en sus lagunas y manantiales y escurren por sus riachuelos y ríos, mientras que los otros ríos la existencia de lagunas es mínima prevaleciendo los manantiales.

En su recorrido el recurso hídrico es usado, para usos agrarios y no agrarios, por las comunidades andinas alcanzándose los volúmenes de explotación tal como se muestran en los siguientes cuadros detallados por subcuenca

CUADRO 13.1 FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA HUANCAY

FUENTE	CANT.	VOL. EXPLOTACIÓN (miles m ³)		
		AGRARIO	NO AGRARIO	
Lagunas	14	1659	-	1659
Manantiales	102	1913	790	2703
Riachuelos	40	78569	-	78569
Ríos	7	56827	-	56827
		138968	790	139758

Fuente: Inventario de Fuentes de Agua del presente estudio

CUADRO 13.2 FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA CHUQUILLANQUI

FUENTE	CANT.	VOL. EXPLOTACIÓN (miles m ³)		
		AGRARIO	NO AGRARIO	TOTAL
Lagunas	03	415	-	415
Manantiales	30	874	482	1356
Riachuelos	16	74494	25816	100310
Ríos	03	67776	-	67776
		143559	26298	169857

Fuente: Inventario de Fuentes de Agua del presente estudio

CUADRO 13.3 FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA OCHAPE

FUENTE	CANT.	VOL. EXPLOTACIÓN (miles m ³)		
		AGRARIO	NO AGRARIO	TOTAL
Lagunas	02	1037	-	1037
Manantiales	15	379	336	715
Riachuelos	10	24572	-	24572
Ríos	03	10575	-	10575
		36563	336	36899

Fuente: Inventario de Fuentes de Agua del presente estudio

CUADRO 13.4 FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA SANTANERO

FUENTE	CANT.	VOL. EXPLOTACIÓN (miles m³)		
		AGRARIO	NO AGRARIO	TOTAL
Lagunas	-	-	-	-
Manantiales	02	62	156	218
Riachuelos	14	5754	-	5754
Ríos	03	4977	-	4977
		10793	156	10949

Fuente: Inventario de Fuentes de Agua del presente estudio

CUADRO 13.5 FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA QUIRRIPANO

FUENTE	CANT.	VOL. EXPLOTACIÓN (miles m³)		
		AGRARIO	NO AGRARIO	TOTAL
Lagunas	-	-	-	-
Manantiales	01	62	-	62
Riachuelos	15	7403	-	7403
Ríos	03	1711	-	1711
		9176	-	9176

Fuente: Inventario de Fuentes de Agua del presente estudio

CUADRO 13.6 FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA MEDIA

FUENTE	CANT.	VOL. EXPLOTACIÓN (miles m³)		
		AGRARIO	NO AGRARIO	TOTAL
Lagunas	02	1140	-	1140
Manantiales	-	-	-	-
Riachuelos	06	6065	-	6065
Ríos	03	6065	-	6065
		13270	-	13270

Fuente: Inventario de Fuentes de Agua del presente estudio

En el uso agrario predomina el riego de predios agrícolas, abrevaderos de ganado y riego de huertos. Se identifico casos de riego tecnificado para huertos. La explotación alcanza los 352.329 MMC anuales.

Existen fuentes de agua que no son aprovechadas con fines económicos, sin embargo son una reserva ecológica que permite mantener el ecosistema del lugar. Es el caso de algunas lagunas de la subcuenca Huancay.

Dentro de los usos no agrarios, el mas importante es el poblacional. En este rubro se distinguen 3 variantes. La toma directa del fuente (extracción de agua con baldes) y la toma a través de un sistema de agua potable. El primer caso es el que mas abunda en la cuenca alta.

Respecto a otros tipos de uso resaltan el uso energético, a través de 4 minicentrales hidroeléctricas ubicadas en las subcuencas Huancay, Chuquillanqui y Ochape. De estas solo 2 están en operación.

Otros de los usos no agrarios es el Piscícola, es el caso de la laguna de Compín de la subcuenca Huancay.

El volumen aprovechado con fines no agrarios asciende a 27.580 MMC anuales.

El siguiente cuadro resume la explotación de acuerdo a su uso para la cuenca media y alta del río Chicama.

CUADRO 13.7 EXPLOTACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA

SUBCUENCA	AGRARIO	NO AGRARIO	TOTAL
HUANCAY	138,968	790	139,758
CHUQUILLANQUI	143,559	26,298	169,857
OCHAPE	36,563	336	36,899
MEDIA	13,270	0	13,270
SANTANERO	10,793	156	10,949
QUIRRIPANO	9,176	0	9,176
TOTAL (miles M3/AÑO)	352,329	27,580	379,909

Fuente: Inventario de Fuentes de Agua del presente estudio

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del Sistema Hidrográfico

- ✓ La superficie de la cuenca del río Chicama es de 4814.3km² y cuenta con 05 subcuencas tributarias y dos subcuencas que conforman el cauce principal. Recibe el nombre de río Chicama en la confluencia de las subcuencas de los ríos Chuquillanqui (909.2km²) y Huancay (1186.1km²) para conducirse por las subcuencas Media (457.8km²) y finalmente la Baja (1149.2km²) donde desemboca al Océano Pacífico. En la subcuenca Media el río Chicama recibe los aportes de las subcuencas de los ríos Ochape (217.1km²) y Santanero (567.4km²) por su margen derecha; y Quirripango (327.6km²) en su margen izquierda.
- ✓ El cauce principal del río Chicama recorre 169.2km. Su recorrido comienza en las nacientes del río Huancay hasta la confluencia con el río Chuquillanqui (76.9km), luego atraviesa la subcuenca Media (39.4km) y finalmente la subcuenca Baja (52.9km). La pendiente de su cauce varía de 4.5% a 0.9% y finalmente 0.6% en las subcuencas de Huancay, Media y Baja respectivamente.

Del Distrito de Riego

- ✓ El Distrito de Riego Chicama abarca las cuencas del río Chicama y la intercuenca de Culebra y río Seco en el valle de éste.
- ✓ Se compone de los sub distritos de riego Chicama (parte baja) y Alto Chicama (parte alta), existiendo una organización administrativa bien definida en el sub distrito Chicama compuesto de (05) Sectores: Sausal, Paiján, Ascope, Chocope, Santiago de Cao.
- ✓ La organización de Usuarios del sub distrito de riego Chicama es compuesta por (06) comisiones: Sausal, Ascope, Magdalena de Cao y Yalpa, Paiján, La Pampa, Santiago de Cao. La Organización de Usuarios para el sub distrito de riego alto Chicama consta de (15) comisiones.

De la Información Temática

- ✓ Existen seis formaciones ecológicas asociadas a seis tipos climáticos. Cinco formaciones tienen áreas similares y son: Desierto Pre-Montano (835.3km²), Matorral desértico Pre-montano (1070.4km²), Maleza espinoso Pre Montano (957.0km²), Bosque seco Montano Bajo (949.6km²) y Pradera húmeda Montano (966.4km²). Mientras que la Pradera muy húmeda Montano sólo tiene 35.5km².
- ✓ Las formaciones geomorfológicas tienen alta predominancia de vertientes montañosas tanto en la costa, zona bajo andina, alto andina y meso andina.
- ✓ Se identificaron 11 Asociaciones de suelos importantes y la capacidad de uso de cada una de ellas que van desde la Clase I a la VII.
- ✓ Existen 7 cobertura vegetales importantes en la CUENCA. Estas coberturas evidencian una gran área de zonas sin vegetación en las zonas costera y parte de la cuenca media, mientras que en la cuenca media y alta predominan terrenos con matorrales.

De la Red de estaciones hidrometeorológicas

- ✓ Se han identificado 26 estaciones climatológicas y pluviométricas, 19 de ellas ubicadas en la cuenca del río Chicama y las restantes localizadas en las cuencas de los ríos Moche, Marañón, Jequetepeque y la intercuenca de la quebrada Culebra.
- ✓ Existen dos estaciones hidrométricas en la CUENCA, conocidas como Salinar y Tambo. Así mismo se identificaron las estaciones de Huacapongo y Quirihuac en los ríos Virú y Moche.

De las variables climáticas en la cuenca

- ✓ La temperatura media anual para el valle es de 21°C, en la cuenca media es de 20.5°C y en la cuenca alta hasta los 3000 m.s.n.m es de 15.2°C.

- ✓ La humedad relativa media anual en el litoral es de 84.7%, en el valle es de 77.3
- ✓ Las horas de sol media anual en el valle es de 6.1hr/día
- ✓ La velocidad del viento media anual alcanza los 9.3km/h en el litoral y 3.6km/h en el valle.
- ✓ La evaporación total media anual es mayor en el valle con 1368.4mm, luego en la cuenca media con 1227.0mm, mientras que en la cuenca alta hasta los 3000 m.s.n.m es de 761.1mm

De la Evapotranspiración en el valle

- ✓ La evapotranspiración potencial en el valle se define por las estaciones meteorológicas Puerto Chicama, Cartavio, Chiclin, Casa Grande y Cascas. La estación representativa es de Casagrande con 1265.54mm de evapotranspiración potencial total anual.

De la Evapotranspiración en la cuenca

- ✓ La evapotranspiración potencial total anual en la cuenca del río Chicama hasta la estación Salinar es de 524.42 mm.

De la Precipitación

- ✓ La red de estaciones pluviométricas del río Chicama esta compuesto por 22 estaciones entre operativa (10) y no operativas (12). Se requieren según la OMM la existencia de 17 estaciones pluviométricas operativas repartidas 5 en la subcuenca de Huancay, 4 en Chuquillanqui, 1 en Ochape, 2 en Santanero, 2 en Quirripango, 2 en la media y una en la subcuenca Baja. Por lo que se hace evidente la implementación y reactivación de estacione pluviométricas.
- ✓ De las 28 estaciones pluviométricas en la CUENCA y en las cuencas aledañas se seleccionaron 20 estaciones con información consistente y completad en el periodo de 1934 – 2002 que se emplearon para los análisis pluviométricos.
- ✓ Las precipitaciones de comportamiento orográfico varían a nivel anual de 1400mm en las partes altas de las subcuencas Chuquillanqui y Huancay hasta 100mm en la subcuenca media.
- ✓ La precipitación areal media anual de la cuenca del río Chicama es de 375.8mm, mientras que para la cuenca colectora hasta la estación Salinar es de 473.4mm. Del mismo modo se definen las precipitaciones areales para las subcuencas observándose que son mayores en las subcuencas de Chuquillanqui (738.3mm) y Huancay (639.8mm); mientras que son menores en las subcuencas de Ochape(357.9), Santanero(341.9mm) y Quirripango(291.3mm)

De los caudales

- ✓ Las dos estaciones hidrométricas identificadas en el río Chicama se encuentran no operativas. Siendo los registros encontrados desde 1920 – 1972 / 1980 – 1993 en la estación Salinar y de 1972 – 1980 / 1993 – 1998 en la estación Tambo. La falta de estación hidrométrica en la CUENCA no permite analizar cuales son las descargas del río ,desde 1998 cuando lo destruyo el Fenómeno El Niño, por lo que se hace imprescindible la reactivación de la estación en las cercanías de Salinar porque reúne las condiciones hidrológicas apropiadas y es la zona del río en donde las condiciones hidráulicas se pueden adecuar para la implementación de una estación. Además se requiere implementar campañas de aforo en la CUENCA dirigidos a encontrar cuales son los aportes que cada una de las subcuencas entrega al río Chicama.
- ✓ Para el estudio se trabajo con la estación Salinar_Tambo en el periodo de 1920 – 1998 ubicándola en Salinar. El caudal medio anual es de 26.75m³/s y de 23.63m³/s cuando no se considera la influencia del Fenómeno El Niño de 1925, 1933, 1983 y 1998.

De la Disponibilidad Hídrica

- ✓ La disponibilidad hídrica se desarrollo en base a la información hidrométrica de 1920 – 1998, sin incluir los años que se produjeron el Niño de 1925, 1933, 1983 y 1998. Se optó por realizar el estudio considerando las disponibilidades al 75% y 50% de persistencia que determinan un volumen anual de 284.36MMC y 559.52MMC respectivamente.
- ✓ Las disponibilidades en las subcuencas se determinó con el modelo de precipitación – escorrentía del número de curva encontrándose un ajuste aceptable para persistencias del 50%, mas no en 75%. Esto debido a que requiere de una calibración basada en las campañas de aforo recomendadas al menos en un año hidrológico. Las disponibilidades son de 292.81MMC en Chuquillanqui, 226.95MMC en Huancay, 9.03MMC en Ochape, 14.15MMC en Santanero, 8.08MMC en Quirripaño y 10.53MMC en Media.
- ✓ La disponibilidad subterránea actual en el valle es de 92.16MMC y la potencial alcanza los 297MMC al año.

De la Demanda de agua

- ✓ La demanda actual del área declarada por el PCR 2003 – 2004 (38596.03has) asciende a un volumen anual de 729.94MMC.
- ✓ La demanda que se requeriría para cubrir todo el área agrícola del valle (51932.17has) es de 1392.12MMC anuales
- ✓ La demanda poblacional declarada en el padrón de usos no agrarios para el valle de Chicama tiene un volumen anual 7.57MMC.

Del Balance hídrico

- ✓ Se desarrollaron dos grupos de análisis considerando disponibilidades al 75% y 50%.
- ✓ En el grupo 2 (disponibilidad al 50%) se encontró que las condiciones críticas de déficit de 12.89MMC anuales para la situación actual disminuyen hasta anularse y convertirse en un superávit de 191.95MMC cuando se considera que la explotación de aguas subterráneas, en un futuro, alcanza su potencial de 297MMC. Sin embargo, aun considerando el potencial subterráneo, se requerirá 470.23MMC si se pretende irrigar toda el área agrícola disponible.
- ✓ Del balance se evidencia que se requiere incrementar el uso de aguas subterráneas en el valle para mejorar la confiabilidad en volumen y para mejorar la confiabilidad en el tiempo, se hacen necesaria regulaciones que aseguren el abastecimiento en los meses de estiaje.
- ✓ Es evidente que la cuenca del río Chicama es deficitaria en las condiciones actuales de uso y gestión del agua, pero ello mejoraría considerablemente, primero si se acondicionan reservorios en la cabecera del valle que permitan regular y controlar los caudales que escurren por el río, almacenando los superávit para emplearlos en épocas de estiaje. Segundo se conoce, que a pesar de realizar el primer paso, el volumen en superávit no satisface aun los requerimientos, por lo que se debe incentivar un retorno a la explotación de aguas subterráneas de 92.16 MMC a los niveles que se explotaban en las décadas pasadas, donde los niveles de explotación eran mucho mayores, considerando además que se puede explotar según la recarga del acuífero un estimado de 311.3 MMC (Chavimochic determina como capacidad máxima de explotación 297 MMC anuales). Con estos dos pasos los déficit en el valle disminuirían considerablemente, lográndose con ello, irrigar mayor cantidad de zonas de cultivo. Finalmente el mejoramiento del sistema de riego menor y el uso adecuado del agua para cada cultivo nos permitirían un mejor uso de éste recurso.

De la Recarga del acuífero

- ✓ La recarga del acuífero del valle se produce, primero mediante la interconexión hidráulica de éste con el acuífero superior ubicado en la zona húmeda de la cuenca y segundo mediante la infiltración del lecho de río, canales de riego y zonas de cultivo en la zona seca ubicada en el valle.

- ✓ La zona húmeda aporta 75.9 MMC anuales, mientras que la zona seca lo hace con 235.4 MMC anuales repartidos en 72.2 MMC de infiltración en el lecho del río, 88.8 MMC de infiltración en canales de riego y 74.4 MMC de infiltración o precolación profunda de las zonas de cultivo irrigadas.
- ✓ La recarga del acuífero total es de 311.3 MMC anuales.

De las Sequías

- ✓ De 1920 – 1997 se identificaron 17 sequías que abarcan 48 años, con duraciones máximas de 5 años.
- ✓ La sequía mas crítica identificada pertenece a los años 1990 – 1992 con un déficit hídrico de 74.5%.

De la frecuencia de caudales máximos

- ✓ Los caudales máximos instantáneos estimados para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 500 años son 867.30m³/s, 1087.51m³/s, 2010.18m³/s y 2354.64m³/s respectivamente. Estos son caudales de diseño que se usan para el diseño de estructuras hidráulicas en el río Chicama.

RELACIÓN DE CUADROS

CUADRO 2.1	SUPERFICIE Y PERIMETRO.....	8
CUADRO 2.2	ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	10
CUADRO 2.3	ESTACIONES HIDROLÓGICAS	11
CUADRO 2.4	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICO - ECOLÓGICA	12
CUADRO 2.5	SECUENCIA ESTRATIGRAFICA.....	13
CUADRO 2.6	FORMACIONES GEOMORFOLÓGICAS.....	14
CUADRO 2.7	CAPACIDAD DE USO	14
CUADRO 2.8	ASOCIACIONES DE SUELOS	15
CUADRO 2.9	COBERTURA VEGETAL.....	16
CUADRO 2.10	CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS.....	17
CUADRO 3.1	SECTORIZACION DEL SUB DISTRITO DE RIEGO CHICAMA	24
CUADRO 4.1	INFORMACIÓN CLIMÁTICA REQUERIDA	28
CUADRO 4.2	EVAPOTRANPIRACIÓN POTENCIAL EN EL VALLE (mm/mes).....	28
CUADRO 4.3	EVAPOTRANPIRACIÓN POTENCIAL CUENCA	29
CUADRO 5.1	PERIODOS DE REGISTROS PLUVIOMÉTRICOS.....	31
CUADRO 5.2	DENSIDAD MÍNIMA RECOMENDADA DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	32
CUADRO 5.3	NÚMERO DE ESTACIONES MÍNIMAS RECOMENDADA	32
CUADRO 5.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SALTOS – GRUPO 1.....	35
CUADRO 5.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SALTOS – GRUPO 3.....	37
CUADRO 5.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SALTOS – GRUPO 4.....	38
CUADRO 5.7	PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA MENSUAL Y ANUAL.....	40
CUADRO 5.8	ECUACIÓN REGIONAL VERTIENTE PACIFICO	43
CUADRO 5.9	ECUACIÓN REGIONAL PARTE BAJA Y MEDIA DE LA CUENCA	44
CUADRO 5.10	ECUACIÓN REGIONAL PARTE ALTA DE LA CUENCA – SUBCUENCA CHUQUILLANQUI	44
CUADRO 5.11	ECUACIÓN REGIONAL PARTE ALTA DE LA CUENCA – SUBCUENCA HUANCAY 45	
CUADRO 5.12	PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA ANUAL (mm).....	46
CUADRO 5.13	PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL (mm) – THIESSEN	46
CUADRO 5.14	PRECIPITACIÓN AREAL MEDIA MENSUAL (mm) - ISOYETAS	46
CUADRO 6.1	CAMPAÑAS DE AFORO	52
CUADRO 6.2	RECORRIDO EN EPOCA DE ESTIAJE	52
CUADRO 6.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE SALTOS	55
CUADRO 6.4	CAUDAL MEDIO MENSUAL Y ANUAL (m ³ /s).....	56
CUADRO 7.1	TRANSFORMACION Y PARAMETROS DEL MODELO PARMA (1,0).....	58
CUADRO 7.2	COMPARACIÓN ENTRE SERIE HISTÓRICA Y GENERADOS	59
CUADRO 7.3	NUMERO DE CURVAS PARA OTROS TERRENOS DE CULTIVO	61
CUADRO 7.4	NUMERO DE CURVAS PARA TERRENOS ARIDOS Y SEMIÁRIDOS	62
CUADRO 7.5	NUMERO DE CURVAS PARA TERRENOS DE CULTIVOS.....	63
CUADRO 7.6	SUELOS HIDROLÓGICOS	64
CUADRO 7.7	Actualización de la cobertura vegetal para fines hidrológicos	65
CUADRO 7.8	NUMERO DE CURVA	67
CUADRO 7.9	CAUDALES GENERADOS A PARTIR DE MODELO PRECIPITACION - ESCORRENTIA.....	68

CUADRO 7.10	ANÁLISIS DE PERSISTENCIA – SERIE HISTÓRICA	70
CUADRO 7.11	ANÁLISIS DE PERSISTENCIA AL 50% - SERIES GENERADAS POR MODELO ESTOCÁSTICO	70
CUADRO 7.12	ANÁLISIS DE PERSISTENCIA AL 75% - SERIES GENERADAS POR MODELO ESTOCÁSTICO	71
CUADRO 7.13	DISPONIBILIDAD AL 75%	71
CUADRO 7.14	DISPONIBILIDAD AL 50%	72
CUADRO 7.15	CAUDALES ESPECÍFICOS ($m^3/s/km^2 \times 10^{-3}$)	73
CUADRO 7.16	COMPARACION SERIE HISTÓRICA VS GENERADO POR MODELO P-E	73
CUADRO 7.17	DISPONIBILIDAD POR SUBCUENCA	74
CUADRO 7.18	VOLUMEN DE EXLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS POR USOS VALLE CHICAMA - 2001	75
CUADRO 7.19	DISPONIBILIDAD DE AGUAS DE RECUPERACIÓN	76
CUADRO 8.1	EFICIENCIA DE APLICACIÓN	78
CUADRO 8.2	AREAS DECLARADAS POR CULTIVO A NIVEL DEL VALLE CHICAMA	79
CUADRO 8.3	CEDULA DE CULTIVO ACTUAL A NIVEL DEL VALLE CHICAMA	80
CUADRO 8.4	ÁREA BAJO RIEGO A NIVEL DEL VALLE CHICAMA	81
CUADRO 8.5	CEDULA DE CULTIVO AREA TOTAL BAJO RIEGO DEL VALLE CHICAMA	81
CUADRO 8.6	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm/día)	82
CUADRO 8.7	COEFICIENTES DE CULTIVO - KC	83
CUADRO 8.8	DEMANDAS UNITARIAS DE AGUA – PCR 2003-2004	84
CUADRO 8.9	DEMANDAS UNITARIAS DE AGUA DE LA CEDULA DE CULTIVOS DEL VALLE CHICAMA	85
CUADRO 8.10	DEMANDA ACTUAL DE AGUA A NIVEL DEL VALLE CHICAMA	86
CUADRO 8.11	DEMANDA PROYECTADA DE AGUA DEL VALLE CHICAMA – ÁREA TOTAL BAJO RIEGO	87
CUADRO 8.12	PADRÓN GENERAL DE USUARIOS DE AGUA CON FINES NO AGRARIOS – RIO CHICAMA	87
CUADRO 9.1	RECARGA DEL ACUÍFERO	88
CUADRO 9.2	RECARGA DE ZONA HÚMEDA	89
CUADRO 9.3	DOTACION DE AGUA	90
CUADRO 9.4	INFILTRACION EN LECHO DE RÍO	90
CUADRO 9.5	INFILTRACION EN CANALES DE RIEGO	91
CUADRO 9.6	INFILTRACIÓN EN ZONAS DE CULTIVO	92
CUADRO 10.1	ANÁLISIS DE SEQUIA ANUAL	93
CUADRO 10.2	ANÁLISIS DE SEQUIA MENSUAL	93
CUADRO 11.1	REGISTROS HISTORICOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA	94
CUADRO 11.2	ANÁLISIS DE FRECUENCIA (mm)	94
CUADRO 11.3	PRECIPITACION MÁXIMA	95
CUADRO 11.4	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO PARA UN PERIODO DE RETORNO	96
CUADRO 12.1	ESCENARIOS DEL BALANCE HÍDRICO	97
CUADRO 12.2	BALANCE HÍDRICO	98
CUADRO 12.3	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	98
CUADRO 13.1	FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA HUANCAY	102
CUADRO 13.2	FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA CHUQUILLANQUI	102

CUADRO 13.3	FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA OCHAPE	102
CUADRO 13.4	FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA SANTANERO	103
CUADRO 13.5	FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA QUIRRIPANO	103
CUADRO 13.6	FUENTES DE AGUA – SUBCUENCA MEDIA	103
CUADRO 13.7	EXPLOTACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA	104

RELACIÓN DE FIGURAS

FIGURA 2.1	PERFIL CAUCE PRINCIPAL DEL RIO CHICAMA.....	17
FIGURA 2.2	CURVA HIPSOMETRICA, DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA	18
FIGURA 3.1	ESQUEMA HIDRÁULICO DEL VALLE.....	25
FIGURA 5.1	ANALISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 1 (1955 – 1968)	35
FIGURA 5.2	ANALISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 2 (1940 – 1970)	36
FIGURA 5.3	ANALISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 3 (1965 – 2000)	37
FIGURA 5.4	ANALISIS DE DOBLE MASA – GRUPO 4 (1985 – 2000)	38
FIGURA 5.5	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL Y ANUAL	41
FIGURA 6.1	FOTO DE LA ESTACIÓN SALINAR.....	48
FIGURA 6.2	FOTO DE LA ESTACIÓN TAMBO	50
FIGURA 6.3	DIAGRAMA DE DOBLE MASA (1960 – 1998)	55
FIGURA 6.4	CAUDAL MEDIO MENSUAL Y ANUAL (m ³ /s).....	56
FIGURA 7.1	COMPARACIÓN ENTRE SERIE HISTÓRICA Y GENERADA	60
FIGURA 7.2	CAUDALES POR SUBCUENCA	69
FIGURA 7.3	COMPARACION DEL CAUDAL MEDIO GENERADO CON HISTÓRICO	69
FIGURA 7.4	DISPONIBILIDADES ADOPTADAS	72
FIGURA 7.5	COMPARACION SERIE HISTÓRICA VS GENERADO POR MODELO P-E	74
FIGURA 7.6	DISPONIBILIDAD POR SUBCUENCA	75
FIGURA 12.1	DISPONIBILIDAD (75% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 01	99
FIGURA 12.2	DISPONIBILIDAD (75% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 02	99
FIGURA 12.3	DISPONIBILIDAD (75% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 03	100
FIGURA 12.4	DISPONIBILIDAD (50% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 04	100
FIGURA 12.5	DISPONIBILIDAD (50% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 05	101
FIGURA 12.6	DISPONIBILIDAD (50% de persistencia) VS DEMANDA – ESCENARIO 06	101