

Contenido

1. Introducción
2. Objetivos
3. Metodología
4. Información Disponible
5. Aspectos Generales
 - 5.1 Descripción de la cuenca integrada del río Ica
 - 5.1.1 Sistema Choclococha
 - 5.1.2 Cuenca Natural del río Ica
 - 5.2 Climatología de la cuenca del río Ica y Sistema Choclococha
 - 5.2.1 Sistema Choclococha
 - 5.2.2 Climatología de la cuenca natural del río Ica
 - 5.3 Clasificación de tierras según su aptitud para el riego en el valle de Ica y Pampas de Villacurí.
 - 5.4 Clasificación de tierras según su capacidad de uso en el valle de Ica y Pampas de Villacurí.
 - 5.5 Uso actual de la tierra en el valle de Ica y Villacurí.
 - 5.6 Descripción del Planeamiento hidráulico de la cuenca integrada del río Ica
 - 5.6.1 Sistema Choclococha
 - 5.6.2 Sistema de distribución de agua en el valle del río Ica
6. Simulación del planeamiento hidráulico de la cuenca integrada del río Ica
 - 6.1 Esquema Hidráulico
 - 6.2 Escenarios de Simulación
 - 6.3 Oferta de Agua
 - 6.3.1 Oferta de agua del río Ica
 - 6.3.2 Oferta de agua del Sistema Choclococha

6.4 Demanda Hídrica

6.4.1 Demanda Poblacional

6.4.2 Demanda Agrícola

6.5 Programa de Cómputo

6.5.1 Definición del planeamiento hidráulico del sistema a simular

6.5.2 Cálculo de los módulos de riego

6.5.3 Cálculo de las demandas agrícolas por sectores de riego

6.5.4 Cálculo de la demanda poblacional

6.5.5 Reglas de Operación

6.5.6 Inicio de la simulación

6.5.7 Base de datos de los resultados

7. Resultados

7.1 Oferta hídrica

7.2 Demanda hídrica

7.3 Movimiento del volumen almacenado en los embalses

7.4 Módulos de demanda total y déficit hídrico resultante

7.5 Niveles de confiabilidad

8. Análisis de Máximas Avenidas

9. Conclusiones y Recomendaciones

ANEXO A (Series de caudales medios mensuales naturalizados)

ANEXO B (Información pluviométrica y meteorológica)

ANEXO C (Análisis de Consistencia Serie La Achirana)

Índice de Cuadros

- Cuadro N°01 Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrométricas en el ámbito del Estudio
- Cuadro N°02 Clasificación según aptitud para el riego Valle de Ica
- Cuadro N°03 Clasificación según aptitud de riego para las Pampas de Villacurí.
- Cuadro N°04 Clasificación de tierras según Capacidad de Uso Valle de Ica
- Cuadro N°05 Clasificación según Capacidad de Uso para las Pampas de Villacurí
- Cuadro N°06 Uso actual de la tierra en el Valle de Ica y Pampas de Villacurí
- Cuadro N°07 Total de pozos y volumen anual explotado Valle de Ica y Villacurí, 2000
- Cuadro N°08 Distribución de los tipos de pozos en el valle de Ica, pampas de Guadalupe y Villacurí, al 2000.
- Cuadro N°09 Estado actual de los pozos Valle de Ica, pampas de Guadalupe y Villacurí, al 2000.
- Cuadro N°10 Análisis químico y microbiológico de las aguas superficial de la cuenca integral del río Ica
- Cuadro N°11 Sistema de Distribución del Agua para riego - Valle de Ica.
- Cuadro N°12 Descripción de Escenarios de Simulación
- Cuadro N°13 Esquematización del proceso de definición de las series de caudales medios mensuales para la simulación
- Cuadro N°14 Proyección de la demanda hídrica poblacional
- Cuadro N°15 Cálculo de la Evapotranspiración potencial mensual (mm/mes)

Cuadro N°16 Descripción de las variables de salida del programa de simulación

Cuadro N°17 Resultados de las simulaciones

Cuadro N°18 Persistencias anuales de las descargas generadas del sistema
Choclococha y río Ica (m³/s)

Cuadro N°19 Niveles de confiabilidad en términos de volumen y tiempo según
escenarios de simulación.

Cuadro N°20 Caudales Máximos Instantáneos del río Ica - Estación La Achirana

Cuadro N°21 Cálculo de los Caudales Máximos Instantáneos estimados

Índice de Figuras

- Figura N°01 Ámbito de la cuenca integral del río Ica
- Figura N°02 Sistema Hidráulico Choclococha
- Figura N°03 Pantalla de acceso de la información para el cálculo de la demanda poblacional
- Figura N°04 Pantalla del Programa de Cómputo para calcular la demanda agrícola mensual en m³/ha.
- Figura N°05 Demanda Agrícola Total (Situación Actual)
- Figura N°06 Demanda Agrícola Total (Situación a Corto Plazo)
- Figura N°07 Demanda Agrícola Total (Situación a mediano plazo)
- Figura N°08 Demanda Agrícola Total (Situación a largo plazo)
- Figura N°09 Menú principal del programa SIH_ICA v.1.0
- Figura N°10 Formulario para definición del Sistema Hidráulico
- Figura N°11 Formulario para el cálculo de los Módulos de riego del Valle de Ica
- Figura N°12 Formulario para calcular la demanda de agua agrícola
- Figura N°13 Formulario para ingresar los criterios de cálculo de la demanda poblacional
- Figura N°14 Formulario para definir las reglas de operación de los embalses Choclococha y Ccaracochoa.
- Figura N°15 Formulario para definir la regla de operación del embalse Tambo

Figura N°16 Formulario para dar inicio a la simulación

Figura N°17 Demanda poblacional urbana - Santiago de Chocorvos (Huaytará - Huancavelica) y valle de Ica.

Figura N°18 Demanda agrícola total según escenario y eficiencia de riego.

Figura N°19 Movimiento del volumen almacenado en el reservorio Choclococha.

Figura N°20 Movimiento del volumen almacenado en el reservorio Ccaracochoa.

Figura N°21 Movimiento del volumen almacenado en el reservorio Tambo.

Figura N°22 Módulos de demanda y déficit hídrico en miles de m³/ha (Sin encimado de la presa Choclococha)

Figura N°23 Módulos de demanda y déficit hídrico en miles de m³/ha (Con encimado de la presa Choclococha)

1. Introducción

El presente documento constituye el informe final del estudio 'Balance hidrológico de la cuenca integral del río Ica', encargado por el INRENA a través de la DGAS y que tuvo como organismo ejecutor la ATDR - Ica.

El estudio ha tomado en cuenta el concepto de cuenca de gestión y define la cuenca integral del río Ica como la conformada por la cuenca hidrográfica del río Ica además de las cuencas pertenecientes al sistema Choclococha, desde las cuales el agua es trasvasada hacia Ica.

El estudio proporcionará como producto adicional un programa de cómputo que realiza el balance hidrológico para la situación actual, a corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta en su concepción la mayor facilidad operativa para el usuario.

2. Objetivo del Estudio

Realizar el balance hidrológico de la cuenca integral del río Ica, considerando la simulación hidrológica del planeamiento hidráulico del Sistema Choclococha, Sistema de distribución de agua de riego del valle de Ica, demandas poblacional y agrícola, teniendo en cuenta diversos escenarios de interés de la DGAS y ATDR Ica.

3. Metodología

Los estudios de balance hidrológico de cuencas reguladas necesitan ser desarrollados de manera que puedan mostrar resultados según particularidades de la operación del planeamiento hidráulico, variabilidad de la oferta hídrica de las fuentes de agua y niveles de cobertura de la demanda hídrica poblacional, industrial, agrícola y energética; es por ello que se planteó al INRENA desarrollar un programa de simulación hidrológica lo bastante interactivo con el usuario y que realice balances hídricos según la necesidad de la DGAS y ATDR Ica.

4. Información disponible

Entre los principales documentos revisados se pueden citar los siguientes:

- Gestión de la Oferta del Agua en las Cuencas del Proyecto Especial Tambo Ccaracocha, ATA-INADE, 2002.
- Diagnóstico de la gestión del agua en el ámbito del Proyecto Especial Tambo Ccaracocha, PETACC, Ica-Huancavelica, 2001.
- Estudio de factibilidad para la solución de la problemática de desbordes e inundaciones en el río Ica y quebrada Cansas-Chanchajalla y diseño definitivo de las bocatomas La Achirana, Macacona-Quilloay y La Venta', Proyecto Especial Tambo Ccaracocha, 1999.
- Estudio 'Actualización y complementación de los aspectos climatológicos, hidrológicos y sedimentológicos de los embalses Ccaracocha y Choclococha', Ing. W. Obando L, Mayo 1996.
- Información sobre el embalse Tambo, Dirección de Estudios, PETACC-INADE, Noviembre 2002.
- Información meteorológica e hidrométrica adquirida al Senamhi.
- Información meteorológica e hidrométrica disponible en la ATDR Ica.

5. Aspectos Generales

5.1 Descripción de la cuenca integrada del río Ica

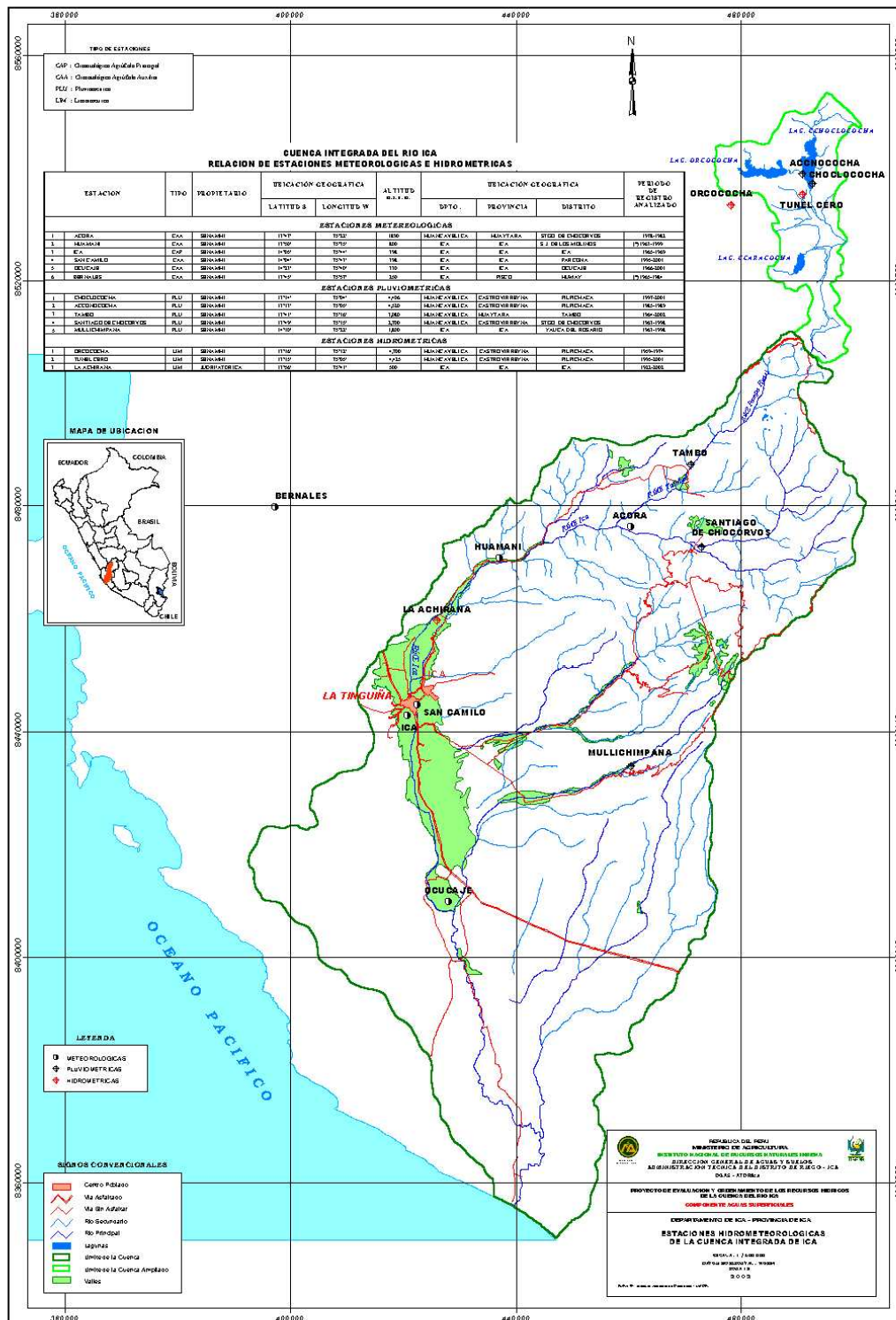
La Cuenca Integral, tiene un área total de 8 103 km² (nacientes del río Pampas, hasta la desembocadura del río Ica en el Pacífico); se localiza entre las coordenadas geográficas: 13°10'-14°53'S y 75°01'-75°54'W (Sistema Choclococha, área total: 392 km², coordenadas: 13°10' - 13°34' S y 75°01' - 75°20' W, altitud media: 4 600 m.s.n.m. Cuenca Natural del río Ica: área total 7 711 km², coordenadas: 13°28'-14°53' S y 74°58'-75°54' W, altitud: 0,00 - 4 503 m.s.n.m).

El río Ica es uno de los 53 ríos de la Vertiente del Pacífico (en el sector meridional de la región central de esta vertiente). La Cuenca del Río Ica se ubica en la zona central del departamento de Ica, comprendiendo dentro de su área parte de las regiones Costa y Sierra (13°10' -14°53' S y 75°01'-75°54' W); políticamente, forma parte de las provincias de Ica y Castrovirreyna (Ica y Huancavelica, cubriendo 7 711 km², de los cuales 2 234 km², situados por encima de los 2 500 m.s.n.m., corresponden a la

cuenca húmeda o imbrífera. La cuenca del río Ica, tiene forma sui géneris, el sector superior, entre su origen y San Juan, describe una gran curva; a partir de esta localidad hasta Ullujalla, tiene un alineamiento sensiblemente recto con un rumbo ligeramente SSE.

La Figura N°01 muestra un mapa del ámbito de la cuenca integral del río Ica.

Figura N°01 Ámbito de la cuenca integral del río Ica



5.1.1 El Sistema Choclococha

El Sistema Choclococha actual está referido a un conjunto de embalses y obras hidráulicas (Laguna Orcococha, embalses Choclococha y Ccaracocha y Canal Colector Choclococha), que permiten la derivación trasandina de los recursos hídricos regulados y naturales de una parte de la cuenca alta del río Pampas, para incrementar las disponibilidades del río Ica en estiaje. Geográficamente se encuentra comprendido entre las coordenadas: 13°10' - 13°34' S y 75°01' - 75°20' W, la altitud promedio es de 4 600 m.s.n.m.; políticamente pertenece al distrito de Pilpichaca, provincia de Huaytará, Huancavelica. El acceso (a Santa Inés, Santa Ana, Castrovirreyna, Huancavelica, campamento PETACC), es posible desde el Km. 233 de la Panamericana (San Clemente, Pisco, Ica), por la Carretera Antigua Los Libertadores, que atraviesa de Oeste a Este el valle de Pisco, pasando por Humay, Huáncano y Huaytará, de donde se avanza hacia el Noreste a Rumichaca (km 200), continuando al Norte por una carretera afirmada hasta Santa Inés, distante 60 Km.; otra ruta es desde San Clemente, pasando por Huáncano, Ticrapo, Castrovirreyna y Santa Inés, km 132 de la Carretera Antigua Los Libertadores.

Las obras permiten derivar los recursos de aproximadamente 392 km² de la cuenca del Pampas, mediante un sistema constituido por tres embalses de regulación, un canal de derivación y un túnel trasandino, los cuales conducen el agua hasta la laguna Pariona, punto de origen del río Ica (Vertiente del Pacífico). De los 392 km², sólo se regula la esorrentía de 287 km² (Orcococha, Choclococha y Ccaracocha), discurriendo bajo régimen natural hacia el río Ica los rendimientos hídricos de 105 km².

5.1.2 Cuenca natural del río Ica

El valle de Ica se extiende hacia el Sur, alrededor de 55 km, a lo largo de los contrafuertes occidentales de los Andes, su ancho varía entre 2 y 8 km, y la planicie del valle va desde los 300 hasta los 600 m.s.n.m.; el clima es árido, con precipitaciones anuales de 3 mm, la temperatura es bastante uniforme, fluctuando los promedios mensuales entre 17°C en Julio, y 25°C en Febrero. El valle de Ica con 30 720 ha de área agrícola neta y 37 800 ha de área total global, está conectado a la capital de la República y a las principales poblaciones del Sur del país, mediante la Carretera Panamericana, que cruza el valle; esta carretera une las ciudades de Lima e Ica mediante un tramo asfaltado de 308 Km. Otra vía importante es la que se inicia

en Ica y llega hasta Córdova, con desvíos que conducen a Santiago de Chocorvos, San Miguel de Curis y San Juan de Huirpacancha, pueblos ubicados en la cuenca alta del río Ica.

La hidrografía del río Ica tiene su origen en la confluencia de los ríos Tambo y Jatunchaca. A lo largo de su recorrido, el río Ica recibe el aporte de varios afluentes, entre los cuales cabe mencionar las quebradas Huacceyoc (70 km²), Tombillos (254 km²), Trapiche (125 km²), Cansas (176 km²), Yauca del Rosario (970 km²) y Tingue (491 km²).

La longitud del sistema hidrográfico del río Ica es de 220 Km., presentando una pendiente promedio de aproximadamente 5%, sin embargo, presenta sectores de pendiente más pronunciada, especialmente en el sector de las quebradas Capillas y Huacceyoc, de la parte alta, en donde la pendiente llega a 10% y 9.4%.

El río Ica no presenta claramente diferenciados los trayectos o sectores clásicos correspondientes a la vida de un río (la cuenca de recepción, el canal de descarga y el cono de deyección), en parte por su relativamente pequeña cuenca (7 711 km²) y en parte por su fuerte pendiente, habiendo intervenido por otro lado factores estructurales y geomorfológicos que han contribuido a darle características muy especiales.

5.2 Climatología de la cuenca del río Ica y Sistema Choclococha

La descripción climatológica de la cuenca del río Ica y Sistema Choclococha fue producto de la revisión de la información disponible al respecto así como el análisis de la información meteorológica referenciada en el siguiente Cuadro N°1 Red de Estaciones Climatológicas e Hidrométricas en el ámbito del Estudio.

En el anexo B se presentan los registros de información pluviométrica y meteorológica utilizada en el estudio.

Cuadro N°01 Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrométricas en el ámbito del Estudio

ESTACION	TIPO	FUENTE	COORDENADAS		ALTITUD (msnm.)	UBICACIÓN			PERIODO REGISTRO	VARIABLES	
			Latitud Sur	Longitud Oeste		DPTO.	PROVINCIA	DISTRITO			
ESTACIONES METEOROLOGICAS											
1	Accnocochoa	PLU	SENAMHI	13°13'	75°05'	4,520	Huancavelica	Castrovirreyna	Pilpichaca	(*) 1985 - 1989	T° PP
2	San Genaro	PLU	PETACC-OBANDO	13°12'	75°06'	4,570	Huancavelica	Castrovirreyna	Pilpichaca	1962 - 1972	PP
3	Tunel Cero	CO	SENAMHI	13° 15'	75°05'	4,425	Huancavelica	Castrovirreyna	Pilpichaca	1995 - 2001	PP, T°
			PETACC-OBANDO							1971 - 1990	PP
			SENAMHI							1997 - 2001	HR
4	Choclococha	PLU	SENAMHI	13°14'	75°04'	4,406	Huancavelica	Castrovirreyna	Pilpichaca	1997 - 2001	PP
5	Cordova	PLU	SENAMHI	14°02'	75°10'	3,240	Huancavelica	Castrovirreyna	Cordova	1994 - 2002	PP
6	Tambo	PLU	PETACC-ATA	13°41'	75°16'	3,080	Huancavelica	Huaytara	Tambo	1964 - 1999	PP
			SENAMHI							1964 - 2002	
7	Santiago de Chocorvos	PLU	SENAMHI-ATA	13°49'	75°15'	2,700	Huancavelica	Castrovirreyna	Stgo. Chocorvos	1963 - 1998	PP
8	Malluchimpana	PLU	PETACC-ATA	14°10'	75°22'	1,500	Ica	Ica	Yauca del Rosario	1964 - 1998	PP
			SENAMHI							1994 - 1998	
9	Huamaní	CO	SENAMHI	13°50'	75°35'	800	Ica	Ica	S. J. de los Molinos	1986 - 1987	HS
10	Acora	CO	SENAMHI	13°47'	75°22'	1,890	Huancavelica	Huaytara	Stgo. Chocorvos	1978 - 1982	T°, HR EVA.
11	San Camilo	MAP	SENAMHI	14°04'	75°43'	398	Ica	Ica	Parcona	1995 - 2001	EVA, HS
12	Ocucaje	CO	SENAMHI	14°23'	75°40'	330	Ica	Ica	Ocucaje	1999 - 2001	T°, HR
										1994 - 2001	EVA
13	Hacienda Bernales	CO	SENAMHI	13°45'	75°57'	250	Ica	Pisco	Humay	1965, 66, 84	HS
ESTACIONES HIDROMETRICAS											
14	Orocococha	LIM	SENAMHI	13° 16'	75°12'	4,700	Huancavelica	Castrovirreyna	Pilpichaca	1958 - 1975	Q
15	La Achirana - Ica	LIM	Est. CHOCLOC. DES.	14°05'	75°44'	398	Ica	Ica	Ica	1913 - 1930	Q
			ATDR ICA - Ata							1992 - 1999	
			ATDR ICA							1999 - 2002	

LEYENDA		
MAP : Meteorológica agrícola principal	Q - Descarga, caudal	EVA - Evaporación
CO : Climatológica Ordinaria	PP - Precipitación	HS - Horas de Sol
PLU : Pluviométrica	T° - Temperatura	HR - Humedad Relativa
LIM : Hidrométrica		

5.2.1 Sistema Choclococha

a. Precipitación Pluvial, se analizó sobre la base de la información de las estaciones: San Genaro (4 570 msnm), Accnocochoa (4 520 msnm), Túnel Cero (4 425 msnm), Choclococha (4 406 msnm) y Córdova (3 240 msnm). La ocurrencia de la precipitación en el sistema Choclococha, y en toda la Vertiente del Atlántico, obedece principalmente a factores locales o regionales.

La precipitación total mensual, presenta dos períodos definidos: uno húmedo (se produce el 90% de la precipitación total anual), entre octubre y abril; y un período seco entre mayo a septiembre, y se registra el 10% restante de la precipitación, con una ocurrencia en pequeñas cantidades y de modo esporádico. Se puede afirmar que la precipitación total mensual promedio, alcanza su valor máximo en los meses de febrero (San Genaro: 246.80 mm, Túnel Cero: 425.30 mm, Accnocochoa: 270.90 mm) y marzo (estación Choclococha: 526.40 mm).

La precipitación en el período seco (mayo – septiembre) es nula.

b. Temperatura, La temperatura anual promedio registrada en la Estación Túnel Cero, para el periodo 1995-2001, varió entre 2.74°C y 4.93 °C correspondientes a los meses de junio y diciembre respectivamente. La máxima temperatura registrada fue de 6.70 °C y la mínima de 1.70 °C.

En la Estación Accnocochoa se registra temperaturas medias anuales que varían entre 1.18° y 3.41°C correspondiente a los meses de junio y febrero. La máxima temperatura registrada en el mes de octubre fue de 10.16 °C y la mínima temperatura fue de -6.56 °C en el mes de julio.

c. Humedad Relativa, en la estación Túnel Cero, la variación media de la humedad relativa a lo largo del año, está determinada por las variaciones termopluviales. La humedad relativa media anual es de 65%, y los valores más altos de humedad relativa, se presentan en los meses de enero a abril, y los más bajos en los meses de junio a agosto, oscilando este parámetro entre 75.6% y 57%.

d. Los vientos en la zona tienen valores promedio entre 3.05 y 1.59 m/s (meses de julio y enero, respectivamente), y con dirección predominante Norte. Los vientos más fuertes tienen valores promedio de 8.83 m/s (agosto) y 5.67 m/s (marzo), y con

dirección Norte, predominante. Los vientos máximos alcanzan un promedio mensual de hasta 14 m/s, y con dirección predominante Norte en el mes de agosto, y de 10.41 m/s, con dirección predominante Suroeste en los meses de febrero y marzo.

5.2.2 Climatología de la Cuenca natural del río Ica

a. Precipitación Pluvial, se analizaron los registros de las estaciones Tambo y Santiago de Chocorvos para la parte alta de la cuenca y en la cabecera de Valle la estación Huamaní. La precipitación en la cuenca del río Ica, se relaciona con la altitud, además de ser influenciada por la confluencia de la Corriente de Humboldt, el Anticiclón del Pacífico Sur, y la Cordillera de los Andes.

Precipitación Anual, en la cuenca alta reporta valores totales promedio de 372.38 y 224.76 mm. La precipitación anual en Huamaní (850 m.s.n.m.), alcanza un valor máximo de 50.40 mm y un valor promedio de 84 mm, es indicativo de la ubicación de la estación en el sector menos lluvioso de la cuenca (entre el nivel del mar y 1 500 a 2 000 m s.n.m.).

La precipitación mensual, en la cuenca alta, tiene dos períodos: uno lluvioso (90% de las lluvias) que inicia en octubre-noviembre y termina en abril-mayo, tipificándose como lluvias de verano y un período seco (mayo-junio a septiembre-octubre). En Huamaní, que es una zona seca, en el mes de mayor precipitación, ésta no alcanza los 5 mm total mensual.

b. Temperatura, la temperatura media anual en Huamaní es 19.65° C, varía entre 15.52°C (julio) y 22.83°C (marzo). La media máxima promedio es de 4.40°C, entre 24.40°C (marzo) y 16.30° C (julio). La media mínima promedio es de 14.20°C, entre 21.80°C (febrero) y 14.20°C (julio).

c. Humedad Relativa, la humedad media promedio anual en Huamaní, es de 70% (zona poco húmeda), variando de 74% (junio-julio) y 66% en octubre, destaca su variabilidad promedio anual y mensual. La humedad relativa media máxima promedio comprende entre 83% (enero) y 71% (abril). La humedad relativa media mínima promedio varía de 65% (marzo) a 57% (septiembre).

d. Evaporación, la evaporación total anual promedio en Huamaní, es 1 533.87 mm; oscilando entre 1 154.10 y 1 970 mm. La evaporación mensual total promedio varía entre 103.02 mm (junio) y 152.17 mm (diciembre). La evaporación total mensual máxima promedio, oscila de 141.70 mm (julio) y 240.47 mm (diciembre). La evaporación total mensual mínima promedio, se ubica en un rango de 56.40 mm (septiembre) y 199.90 mm (octubre).

e. El viento registrado en la estación Huamaní, tiene una velocidad máxima promedio es de 6 m/s, con una dirección SW, procedente del Océano Pacífico.

5.3 Clasificación de Tierras según su Aptitud para el Riego en el valle de Ica y Pampas de Villacurí.

El valle de Ica está constituido por una superficie agrícola desarrollada, cultivada desde hace muchos años y bajo riego permanente; los terrenos cultivados, han sido mejorados de manera progresiva, para propósitos de riego, habiendo sufrido transformaciones y mejoras que los han dotado de facilidades de riego a fin de mantener producciones favorables.

El grado de calidad o bondad intrínseca original de las tierras influye notablemente en la máxima capacidad productiva futura, a pesar de las mejoras que se introduzcan; cuanto mayor sea el número o grado de limitaciones, tanto mayor será el número, clase e intensidad de las mejoras a realizarse. Las tierras estudiadas constituyen en cierta forma, terrenos agronómicamente calibrados, es decir, que se conoce dentro de un marco general la productividad de un determinado suelo, de acuerdo a las experiencias agronómicas y características morfológicas dominantes.

En las áreas susceptibles de irrigarse, la clasificación de las tierras de acuerdo a su aptitud para el riego se realiza siempre en base a la calidad física de los suelos, pero dentro de un marco general de predicción del comportamiento de las tierras, una vez que se haya puesto en marcha la irrigación. En cambio, en las tierras desarrolladas, como es el caso del valle de Ica, el aspecto de la predicción se reduce notablemente, ya que se dispone de información de las experiencias agronómicas y de los niveles de producción económica.

En el valle de Ica, existen seis Clases de tierras de acuerdo a su aptitud para el riego, divididas en tres grupos, según el siguiente Cuadro N°02.

Cuadro N°02 Clasificación según aptitud para el riego Valle de Ica

GRUPOS DE SUELOS		CLASE DE APTITUD		AREA		
				(ha)		(%)
1	Tierras Aptas para el Riego			32 810		94.12
		1.1	Clase 1	8 215		23.57
		1.2	Clase 2	17 287		49.59
		1.3	Clase 3	7 308		20.96
2	Tierras de Aptitud Limitada			166		0.48
		2.1	Clase 4	166		0.48
3	Tierras no Aptas			1 883		5.4
		3.1	Clase 5	190		0.55
		3.2	Clase 6	1 693		4.85
TOTAL				34 859		100

Fuente : ONERN-1971

La clasificación de tierras según su aptitud para el riego de las pampas de Villacurí, se realizó considerando que constituyen superficies nuevas, por lo que el proceso de clasificación de tierras se realiza en un marco general de predicción del comportamiento de las tierras una vez que se haya puesto en marcha la irrigación.

Se definieron 3 grupos de tierras según el siguiente Cuadro N°03.

Cuadro N°03 Clasificación según aptitud de riego para las Pampas de Villacurí.

DESCRIPCION DE LAS TIERRAS		CLASE	AREA	
			(ha)	(%)
1	Aptas para el riego	3	16 460.80	70.57
2	De aptitud limitada	4	1 180.80	5.06
3	No aptas para el riego	6	5 685.60	24.37
TOTAL			23 327.20	100

Fuente : ONERN-1971

5.4 Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso en el Valle de Ica y Pampas de Villacurí.

Las tierras del valle de Ica, por haber sido cultivadas durante muchos años, presentan capacidades de uso similares a las clases de aptitud para el riego, por lo que considerando las características de suelo, fertilidad, clima, humedad, se han dividido en tres grandes grupos, según el Cuadro N°04.

Cuadro N°04 Clasificación de tierras según Capacidad de Uso Valle de Ica

CLASIFICACION DE TIERRAS		AREA	
		(ha)	(%)
1	Cultivables	32 810	94.12
	1.1 Clase 1	8	23.57
	1.2 Clase 2	15	43.71
	1.3 Clase 3	9	26.84
2	Cultivables con métodos	166	0.48
	2.1 Clase 4	166	0.48
3	No cultivables	1 883	5.4
	3.1 Clase 8	1 883	5.4
TOTAL		34 859	100

Fuente : ONERN-1971

Las tierras de las pampas de Villacurí, se caracterizan por presentar en su mayoría texturas arenosas, las que asociadas a las características de fertilidad, clima, humedad, se dividieron en tres grandes grupos.

Los 3 grupos de tierras según su capacidad de uso son se presentan en el Cuadro N°05.

Cuadro N°05 Clasificación según Capacidad de Uso para las Pampas de Villacurí

DESCRIPCION DE LAS TIERRAS	CLASE	AREA	
		(ha)	(%)
1	Cultivables	15 720.00	67.39
2	Cultivables c/mét. intensivos	1 921.60	8.24
3	No cultivables	5 685.60	24.37
TOTAL		23 327.20	100

5.5 Uso actual de la tierra en el Valle de Ica y Villacurí

El uso actual de las 47 001.91 ha de tierra están referidas al uso agrícola y no agrícola.

Las tierras agrícolas, tanto cultivadas como las no cultivadas del Valle de Ica ascienden a 40 376.4 ha y en Villacurí a 6 625.51 ha.

Según ATA-SWECO (2000), éstas tierras pueden dividirse en siete categorías :

- Cultivos transitorios
- Cultivos semi-permanentes
- Cultivos permanentes
- Cultivos Asociados
- Granjas
- Terrenos en barbecho
- Terrenos en descanso

Las cuatro (4) primeras, corresponden a tierras actualmente cultivadas mientras que las tres (3) categorías restantes comprenden las tierras no cultivadas.

Adicionalmente, se han delimitado superficies que tiene uso distinto al agrícola, tales como :

- Terrenos de zonas urbanas y/o instalaciones privadas
- Otros terrenos
- Franja ribereña.

El siguiente Cuadro N°06, muestra la cantidad de área y porcentaje respectivo, según la categoría de Uso de la Tierra.

Cuadro N°06 Uso actual de la tierra en el Valle de Ica y Pampas de Villacurí

Categorías de Cultivos		Valle de Ica		Villacurí		Total	
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
1	Cultivos Transitorios	1 711.17	4.24	304.09	4.59	2 015.25	4.29
2	Cultivos Semipermanentes	16 639.70	41.2	3 785.23	57.13	20 424.93	43.46
3	Cultivos Permanentes	3 502.83	8.68	1 261.22	19.04	4 764.05	10.13
4	Cultivos Asociados	4 671.33	11.57			4 671.33	9.94
5	Terrenos en Descanso y Similares	7 194.02	17.82	1 269.43	19.16	8 463.45	18
6	Infraestructura Agrícola	618.63	1.53			618.63	1.32
7	Areas Urbanas, Rurales Libres, etc	6 038.73	14.96	5.54	0.08	6 044.27	12.86
TOTAL		40 376.40	100	6 625.51	100	47 001.91	100

Fuente: ATA-SWECO, 2000

5.6 Hidrogeología

La descripción de la hidrogeología tuvo como fuente de información el Estudio Hidrogeológico realizado por ATA – SWECO, 2000, cuyo objetivo fue conocer la explotación de las aguas subterráneas en el valle de Ica (desde la Bocatoma La Achirana), las Pampas de Guadalupe y Villacurí (limitando por el Norte con las pampas de Chunchanga y por el Este con las estribaciones montañosas), que incluye el valle del Río Seco.

Al 2000, ATA-SWECO, a partir del inventario efectuado en el valle de Ica y Villacurí, reporta un total de 1 724 pozos inventariados, 839 operativos, y una explotación anual total de 426 MMC en sus múltiples usos (valle de Ica : 1 187 pozos inventariados, 568 pozos operativos y 333 MMC/año explotados; y Villacurí : 537 pozos totales y 271 pozos operativos, y volumen anual explotado de 93 MMC).

Cuadro N°07 Total de pozos y volumen anual explotado Valle de Ica y Villacurí, 2000

Año	Ambito	N° de Pozos		Volumen Explotado MMC/año	Descripción
		Total	Operación		
2000	Valle Ica	1 187	568	333	Uso Múltiple
	Villacurí	537	271	93	
	TOTAL	1 724	839	426	

Los estudios registran el censo de 1796 fuentes artificiales de captación de aguas subterráneas, de los cuales 1 449 son pozos tubulares, lo que representa el 80.7%, y 347 son de tipo a tajo abierto (19.3%).

En el Valle de Ica, se inventariaron 1 187 pozos (1 044 tubulares y 143 a tajo abierto).

En las Pampas de Guadalupe, existen 72 pozos, 66 tubulares y 6 a tajo abierto.

En las Pampas de Villacurí, de un total de 537 pozos, 339 son tubulares, y 198 de tajo abierto.

Cuadro N°08 Distribución de los tipos de pozos en el valle de Ica y pampas de Guadalupe y Villacuri, al 2000

Código IRHS	Distrito	Tipo de Pozo		Total
		Tubular	Tajo Abierto	
11/01/01	Valle de Ica	1 044	143	1 187
11/01/08	Pampas de Guadalupe	66	6	72
	Pampas de Villacurí	339	198	537
TOTAL DE POZOS		1 449	347	1 796

Fuente : ATA-SWECO, 2000

El estado actual de los pozos, de acuerdo a las Normas de la Dirección General de Aguas y Suelos, se clasificó en tres categorías : Utilizados, Utilizables y No Utilizados.

El Cuadro N°09 se presenta para el Valle de Ica y Pampas de Guadalupe y Villacurí, el estado actual de los pozos al 2000.

Cuadro N°09 Estado actual de los pozos Valle de Ica y pampas de Guadalupe y Villacuri, al 2000

Código IRHS	Distrito	Utilizados	Utilizables	No Utilizados	Total
11/01/01	Valle de Ica	568	261	358	1 187
11/01/08	Pampas de Guadalupe	35	23	14	72
	Pampas de Villacurí	271	175	91	537
TOTAL DE POZOS		874	459	463	1 796

FUENTE : ATA-SWECO, 2000

Las principales características de los pozos son las siguientes:

- La profundidad de los pozos tubulares, varía de 20 a 120 m y la mayor parte se encuentra entre 30 y 80 m.
- Una gran proporción de los pozos, de 70 a 100 m de profundidad, se encuentran en los sectores de Macacona, Galagarza, Pampa de los Piscontes y Pampa de Villacurí.

- La mayoría de los pozos a tajo abierto, tienen profundidades inferiores a los 20 m.
- El diámetro de perforación de los pozos tubulares, es predominantemente de 15" y en los pozos a tajo abierto, es de 1.20 m.

Con respecto al equipamiento y caudal de bombeo, se puede señalar que la mayoría de los pozos equipados, poseen bombas de tipo turbina vertical y sumergible, accionadas por motores diesel y eléctrico. Se ha podido constatar también, la existencia de 19 pozos que utilizan molino de viento, en la extracción del agua.

Los rendimientos de los pozos tubulares, van de 10 a 100 l/s, la mayor parte se encuentra comprendido entre 25 a 50 l/s. Los pozos que presentan mayores rendimientos, se ubican aguas arriba de la ciudad de Ica.

Los pozos a tajo abierto, tienen rendimientos menores, debido a su poca penetración en el acuífero saturado, en razón de sus limitaciones constructivas.

En el área del estudio existen los siguientes usos, ordenados por volumen de explotación : agrícola, doméstico, pecuario e industrial.

a. Uso Agrícola

A través de 711 pozos destinados para uso agrícola, se capta 420 125 641 m³/año de aguas subterráneas (420.1 MMC), lo cual equivale al 91.8% del volumen total, explotado en el área estudiada (Valle de Ica, Pampas de Guadalupe y Villacurí), teniendo mayor incidencia la captación mediante pozos tubulares. Esto demuestra, que el uso agrícola, es prioritario en cuanto a demanda de agua subterránea.

Los regímenes de explotación de la napa, dependen fundamentalmente de la disponibilidad de agua de río. La mayoría de los pozos son puestos en funcionamiento, entre los meses de mayo a diciembre, con excepción de los pozos ubicados en la Pampa de Villacurí que son sometidos a explotación, durante la mayor parte del año.

Los regímenes semanales y diarios, dependen de la demanda de agua de cada usuario.

b. Uso Doméstico

El volumen de aguas subterráneas en el área de estudio, explotada para consumo doméstico, es de 34 731 541 m³/año (34.7 MMC), representando el 7.7% del volumen total explotado del acuífero en estudio.

Los centros poblados que se ubican dentro del valle, son las áreas donde tienen mayor incidencia la captación de aguas subterráneas.

La distribución mensual de los volúmenes captados presenta una explotación uniforme durante los 12 meses del año, un régimen promedio de 7 días por semana y durante 12 a 18 horas al día.

c. Uso Pecuario

En el área de estudio existen 29 pozos destinados para uso pecuario, a través de ellos se captan 1 410 571 m³/año (1.4 MMC) que representan el 0.30 % del volumen total explotado.

d. Uso Industrial

Este uso en el área de estudio, se da a través de 16 pozos captándose un volumen de 1 171 331 m³/año, lo que significa el 0.20% del volumen total explotado.

5.7 Calidad del Agua Superficial

El análisis de la calidad del agua superficial tuvo como fuente de información la obtenida por muestreo realizado por el proyecto 'Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de Ica', de fecha septiembre - 2002.

El siguiente Cuadro N°10, muestra los resultados del monitoreo así como su comparación con los valores permisibles para consumo humano, uso agrícola y piscícola.

De manera general, se puede afirmar que las aguas analizadas no tienen restricción para ser utilizadas en riego sin embargo para uso poblacional deberán recibir tratamiento.

En términos de salinidad, el PETACC con fecha Agosto de 2001, efectuó un muestreo de aguas en siete puntos fuentes del Sistema Choclococha.

Los resultados fueron los siguientes :

- Laguna Orcococha, Zona Alta	0.26 mmhos/cm (C2S1)
- Laguna Orcococha, Zona Baja	0.16 mmhos/cm (C2S1)
- Laguna Ccaracocha	0.08 mmhos/cm (C1S1)
- Laguna Pariona,	0.33 mmhos/cm (C2S1)
- Laguna Choclococha, Toma Cero	0.21 mmhos/cm (C1S1)
- Laguna Choclococha, Pueblito	0.21 mmhos/cm (C1S1)
- Choclococha, Santa Inés Baja	0.23 mmhos/cm (C2S1)

Cuadro N°10

ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA INTEGRADA DEL RÍO ICA

CARACTERÍSTICAS	Límites permisibles		PUNTOS DE MUESTREO											
	Agua		Limnología	Laguna Choclococha		Laguna Ccaracochoa		Río Tambo		Boc.La Achirana		Río Ica		Huamani
	Potable	Riego		08.11.02	14.09.02	08.11.02	14.09.02	09.11.02	14.09.02	11.11.02	12.09.02	12.09.02	14.09.02	
Alcalinidad			> 50	23	26	23	24	25	36	59	88	88	116	44
Dureza Total			> 50	68.3	88	32.1	31	62.5	100	108.9	168	196	248	96.8
Nitratos			0.08 - 0.7	0.12	0.11	N.D	N.D.	N.D	0.16	N.D.	N.D.	N.D.	0.12	0.19
Sulfatos			> 25	46.3	40.5	14.3	10.8	42.8	40.6	50.2	87	122.6	89.4	47.9
Oxígeno Disuelto			> 2 - 10	6.7	(1) 7.1	7	(1) 6.9	7.7	(1) 7.9	7.4	(1) 10.4	(1) 7.1	(1) 10.6	7.5
Cianuro Total	0.07	0.004		N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D.	N.D.	NO DATA	N.D	N.D
Arsénico	0.01	0.1		N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D.	N.D.	N.D.	N.D	N.D
Boro	0.3	4		0.16	0.17	0.04	N.D	0.14	0.12	0.2	0.18	0.17	0.16	0.16
Cadmio	0.003	0.006		N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D.	N.D.	N.D.	N.D	N.D
Cobre		0.2		0.023	0.021	N.D	N.D	N.D	0.02	0.022	0.02	0.024	0.02	0.025
Cromo	0.05	0.1		N.D	N.D	N.D	0.007	N.D	N.D	N.D.	0.019	N.D.	N.D	N.D
Fierro	0.3	5		0.069	0.072	0.307	0.617	0.373	0.081	2.307	0.23	0.084	0.107	1.445
Manganeso	0.1	0.2		0.173	0.106	0.024	0.048	0.077	0.005	0.084	0.012	0.009	0.015	0.078
Níquel	0.02	0.2		N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D.	N.D.	N.D.	N.D	N.D
Plomo	0.01	5		N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D.	N.D.	N.D.	N.D	N.D
Magnesio				1.77	4.044	3.672	1.891	3.762	4.049	6.143	10.39	11.28	12.99	5.508
Mercurio	0.001	0.01		N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D.	N.D.	N.D.	N.D	N.D
Numeración de Coliformes	0	1000		< 2	< 2	< 2	23	23	8	80	30	350	170	70

LEYENDA:

- NO SATISFACCIÓN LIMNOLÓGICA
- SATISFACCIÓN LIMNOLÓGICA
- APTO PARA RIEGO Y PARA CONSUMO HUMANO
- APTO PARA RIEGO Y NO PARA CONSUMO HUMANO
- APTO PARA EL RIEGO NI PARA EL CONSUMO HUMANO

5.8 Descripción del Planeamiento hidráulico de la cuenca integral del río Ica

5.8.1. Sistema Choclococha

a. Laguna Orcocochoa

Se halla ubicada en las nacientes del río Pampas, afluente por la margen derecha del río Apurímac, desaguando en forma directa hacia la Laguna Choclococha; servía básicamente con fines de generación de energía para uso minero de la central hidroeléctrica de Santa Inés, en la actualidad tiene un uso destinado al afianzamiento hídrico del valle de Ica.

Consta de una pequeña presa de mampostería de 6.50 m de altura, 16.00 m de longitud y 9.50 m de ancho en la corona, cierra un rajo efectuado en la boquilla y represa los recursos provenientes de una cuenca colectora total de 99 km² de extensión.

b. Reservoirio Choclococha

Se encuentra localizado en las nacientes del río Pampas, ligeramente aguas abajo de la laguna Orcocochoa, desaguando en forma directamente en el río Pampas.

La obra de cierre está constituida por una presa de tierra clasificada de 12.00 m de altura, 280.00 m de longitud, y 6.50 m de ancho en la coronación; represa los recursos provenientes de una cuenca colectora total de 141 km² de extensión.

El sistema de descarga está constituido por una torre de válvulas, ubicada en el lago, sobre la margen derecha, con dos compuertas y un túnel de descarga revestido de 1 320 m de longitud denominado Túnel "Cero".

c. El Reservoirio Ccaracochoa

El reservoirio se halla localizado en las nacientes de la quebrada Ccaracochoa, afluente por la margen derecha del río Pampas, desagua en el Canal de Derivación Choclococha.

En el año 2000 se construyó la Presa y el Canal Colector Ccaracocha, asegurándose un volumen de almacenamiento de 40 MMC.

La Presa de Tierra de 740.00 m de longitud, 12.00 m de altura y 5.00 m de ancho de coronación es una estructura de tierra del tipo homogénea con una cota de coronación de 4 538.60 m.s.n.m., talud aguas arriba de 1:3.5, y aguas debajo de 1:2.5, con enrocado de protección, aguas arriba de 0.50 m de diámetro, y aguas debajo de material gravoso de 1 - 6" de diámetro promedio.

d. El Colector Ccaracocha

El canal Colector Ccaracocha, es un canal revestido de concreto armado $f'c = 210$ kg/cm^2 , de 0.08 m de espesor, y 8.98 km de longitud, presenta dos tipos de secciones transversales; la primera sección para una capacidad de conducción, $Q = 0.50$ m^3/s , en una longitud de 3.322 km, y la segunda sección, para $Q = 0.90$ m^3/s , con una longitud de 5.878 km.

Las obras de arte del Canal Colector Ccaracocha, son 4 captaciones de concreto armado, comprendidas en las siguientes progresivas: 0+000, 3+295, 6+972 y 8+360 km, así como una rápida de ingreso al embalse, que está constituida por una estructura de concreto armado que se inicia en la progresiva 8+980.50 km del Canal, y termina en la progresiva 9+164,50 km.

e. El Canal Colector Choclococha

El Canal Colector o de Derivación Choclococha, nace al concluir el Túnel "Cero", y tiene por función conducir las aguas reguladas de Choclococha hacia la laguna Pariona.

Tiene una longitud de 53 km, de los cuales 10 km se encuentran en túnel, siendo el más importante el de Supaymayo (5 740 m de longitud); su construcción se inició en el año de 1948 y abarcó dos períodos: del 1948 a 1951 y de 1956 a 1959.

Su capacidad teórica de diseño es de 15 m³/s, aunque tanto las secciones en canal como en túnel permiten conducir un caudal máximo de 20 m³/s; se encuentra totalmente revestido (concreto y albañilería de piedra).

El canal de derivación, en su recorrido, incorpora la escorrentía de aproximadamente 105 km² de cuenca no regulada, captando seis pequeñas quebradas, de las cuales la más importante es la de Ccaracocha.

Las obras futuras del denominado Sistema Choclococha desarrollado, se describen a continuación.

f. Colector Ingahuasi (Proyectado)

Este canal revestido en su integridad colectaría y conduciría la escorrentía producida por las lluvias que ocurran sobre los 4 600 m.s.n.m., a la laguna de Choclococha para su almacenamiento.

La longitud establecida es de 73 km, disponiendo el canal de una capacidad variable entre 1.50 a 8.00 m³/s; el trazo presentaría una pendiente de 0.001 a 0.0008.

Según el PETACC, la construcción de este canal, permitiría aportar al embalse Choclococha un volumen medio anual de 63.70 MMC (máximo de 85.46 MMC, y mínimo de 41.00 MMC).

g. Encimado de la Presa Choclococha (Proyectado)

Con la finalidad de disponer de capacidad adicional de regulación en el reservorio Choclococha, para almacenar los recursos provenientes del Canal Ingahuasi, el PETACC propone elevar la presa Choclococha en una altura de 7.30 m.

El proyecto permitiría ampliar la capacidad máxima de regulación actual de 150 a 250 MMC.

h. Colector Ccaracocha (En construcción)

El objetivo de este canal es derivar el agua de escorrentía natural, para almacenarla en el embalse Ccaracocha.

La longitud del canal construido al 2001 es de 9.20 km, tiene un revestimiento de concreto armado y una sección trapezoidal telescópica ($Z = 1.50$), que varía de 0.50 m³/s (3.322 km) a 0.90 m³/s (5.878 km), respectivamente.

i. Aductor Tambo (Proyectado)

El Canal o Aductor Tambo, proyectado en una longitud entre 6.80 a 7.20 km y 15 m³/s de capacidad, transportaría desde la salida del Túnel N° 4 del Canal Choclococha, el agua proveniente del Sistema Choclococha hasta el Reservorio Tambo proyectado.

El canal, además interceptaría la escorrentía de una cuenca colectora de 5 km².

j. Reservorio Tambo (Proyectado)

La construcción de la presa de tierra de Tambo, permitiría almacenar y regular los caudales provenientes del Sistema Choclococha para su mejor entrega al valle de Ica.

El reservorio recibiría los aportes no sólo de Choclococha, sino también los provenientes del Colector Tambo y los de la cuenca propia (5 km²).

5.8.2 Sistema de distribución de agua de riego del valle del río Ica

El sistema de distribución actual del agua por sector de riego, incluyendo las áreas bajo riego y capacidad de derivación para ámbas márgenes del río Ica, se muestra en el Cuadro N°11.

Cuadro N°11 Sistema de Distribución del Agua para riego - Valle de Ica.

Junta de Usuarios	Sector de Riego	Area (ha)	Area (ha)	Capacidad	Margen	Margen	Area (ha)	Capacidad		
				Derivación (m3/s)	Derecha	Izquierda		Derivación (m3/s)		
Río Ica	San José de los Molinos	1278.45	2.61	0.07	La Ramadita					
			11.49	0.07	Dongo					
			8.29	0.07	Escalante Alto					
			16.87	0.07	Escalante Bajo					
			0.37	0.07	Romero					
							Tiraxi Alto	41.50	0.08	
							Tiraxi Bajo	22.06	0.08	
						105.88	0.20	Ranchería		
						100.45	0.15	Pacae		
								La Banda/Huamani	8.83	0.07
						119.36	0.25	Casa Blanca		
								Montalvan	134.51	0.30
								San Luis	141.69	0.50
			20.65	0.20	La Banda/Yaucay					
La Achirana	La Achirana	12004.64				Yaucay	543.89	2.00		
						La Achirana	12004.64	15.00		
						Sub Sector 1	2784.57			
						Sub Sector 2	1125.64			
						Sub Sector 3	650.38			
						Sub Sector 4	782.77			
						Sub Sector 5	2058.02			
						Sub Sector 6	1802.88			
				Sub Sector 7	2800.39					
Río Ica	Río Ica	7867.91	1742.43	3.00	Macacona					
			1292.68	4.00	Quilloay					
			358.50	1.00	Acequia Nueva					
			22.46	0.15	El Limón					
			961.65	1.00	La Mochica					
							La Toledo	1547.78	3.00	
			319.03	3.00	La Poruma					
					Tacaraca	209.34	1.00			
				424.43	4.00	San Jacinto				
						San Agustín	989.61	3.00		
	Ocucaje	4555.98	274.20	0.50	Santiago					
			295.06	1.00	Santiaguillo					
			318.26	2.00	Sacta					
						La Venta	619.23	5.00		
1480.96			7.00	Paraya o La Banda						
						Ocucaje	560.93	7.00		
			287.63	3.00	Amara					
					Sta. Ana de Callango	719.71	3.00			
TOTAL			8163.26	30.80			25706.98	40.03		

6. Simulación del planeamiento hidráulico de la cuenca integral del río Ica

La simulación del planeamiento hidráulico de la cuenca integral del río Ica se realizará mediante la ejecución de un programa de cómputo expresamente desarrollado para este fin.

Los siguientes aspectos constituyen el marco dentro del cual se realizarán las simulaciones y cuyos resultados serán exclusivos de los escenarios de simulación que se realizarán.

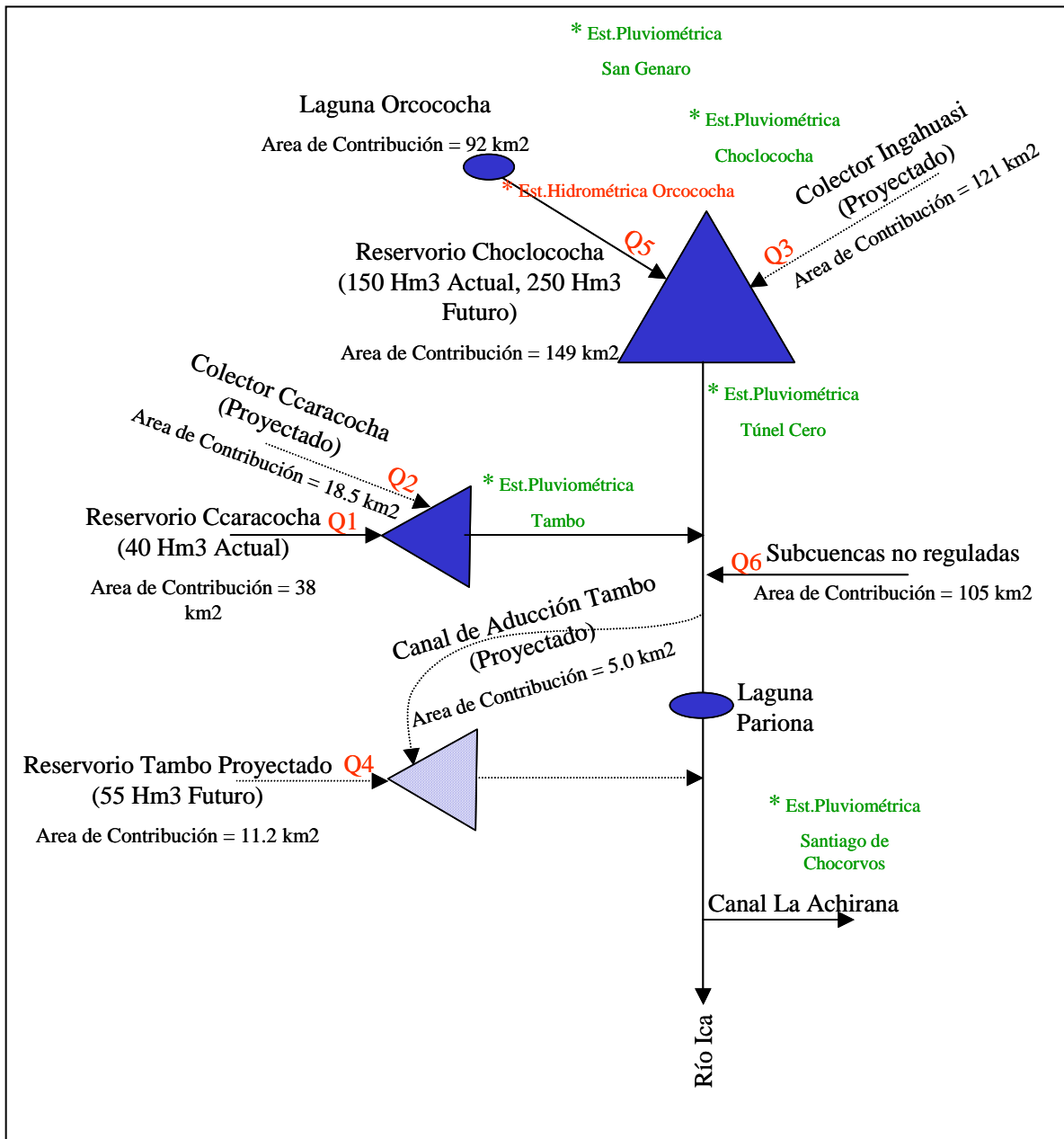
Sin embargo el programa de cómputo permitirá al usuario realizar futuras combinaciones según su interés particular.

6.1 Esquema Hidráulico

El esquema hidráulico sistematizado en la Figura N°02, contiene los componentes actuales y proyectados del Sistema de aprovechamiento hídrico Choclococha que será materia de simulación de su operación a nivel mensual. Asimismo contiene las áreas de contribución de cada componente y las estaciones pluviométricas e hidrométrica utilizadas para definir las siguientes series de caudales:

- Caudales medios mensuales generados de la subcuenca Ccaracocha (Q1)
- Caudales medios mensuales generados de la subcuenca del canal Ccaracocha (Q2)
- Caudales medios mensuales generados de la subcuenca canal Ingahuasi (Q3)
- Caudales medios mensuales generados de la subcuenca Tambo (Q4)
- Caudales medios mensuales generados de la subcuenca Choclococha (Q5)
- Caudales medios mensuales generados de la subcuenca no regulada del canal Choclococha (Q6)

Figura N°02 Sistema Hidráulico Choclococha



6.2 Escenarios de simulación

Se han definido 24 escenarios de simulación considerando la situación actual y futura expresada en términos de corto, mediano y largo plazo.

Dentro de cada uno de los plazos antes indicados se han colocado las combinaciones con mayor posibilidad dependientes de la incorporación de obras del Sistema Choclococha, incremento del área bajo riego y niveles de eficiencia de riego, así como de la posibilidad de encimado de la presa Choclococha.

Para cada uno de los escenarios se calculará el balance hídrico correspondiente, permitiendo ello realizar el análisis de sensibilidad de los factores que determinan la oferta y demanda hídrica del sistema.

La descripción de los escenarios de simulación se presenta en el Cuadro N°12.

Cuadro N°12 Descripción de Escenarios de Simulación

Simulación	Situación Actual	Colector Ingahuasi	Colector Ccaracocha	Reservorio Tambo	Eficiencia Riego (%)	Escenario	Vol.Ini.Cho	Vol.Máx.Cho
Sim01	X				33	Actual	130	200
Sim02			X		33	Corto	130	200
Sim03		X	X		33	Mediano	130	200
Sim04		X	X	X	33	Largo	130	200
Sim05	X				40	Actual	130	200
Sim06			X		40	Corto	130	200
Sim07		X	X		40	Mediano	130	200
Sim08		X	X	X	40	Largo	130	200
Sim09	X				45	Actual	130	200
Sim10			X		45	Corto	130	200
Sim11		X	X		45	Mediano	130	200
Sim12		X	X	X	45	Largo	130	200
Sim13	X				33	Actual	180	250
Sim14			X		33	Corto	180	250
Sim15		X	X		33	Mediano	180	250
Sim16		X	X	X	33	Largo	180	250
Sim17	X				40	Actual	180	250
Sim18			X		40	Corto	180	250
Sim19		X	X		40	Mediano	180	250
Sim20		X	X	X	40	Largo	180	250
Sim21	X				45	Actual	180	250
Sim22			X		45	Corto	180	250
Sim23		X	X		45	Mediano	180	250
Sim24		X	X	X	45	Largo	180	250

Vol.Ini.Cho : Volumen inicial del embalse Choclococha

Vol.Máx.Cho : Volumen Máximo del embalse Choclococha

6.3 Oferta de Agua

La oferta de agua de la cuenca del río Ica está compuesta por las siguientes series de caudales medios mensuales.

- Caudales naturales medios mensuales del río Ica en La Achirana.
- Registros de la oferta de agua subterránea utilizada en el valle de Ica.

La oferta de agua del sistema Choclococha está compuesta por las siguientes series de caudales medios mensuales que serán generados mediante métodos estocásticos:

- Caudales medios mensuales de las subcuencas de los embalses Choclococha y Orcocochoa.
- Caudales medios mensuales de la subcuenca del canal Ingahuasi.
- Caudales medios mensuales de la subcuenca del embalse Ccaracochoa
- Caudales medios mensuales de las subcuencas del canal Ccaracochoa
- Caudales medios mensuales de las subcuencas no reguladas del canal de trasvase Choclocochoa
- Caudales medios mensuales de la subcuenca del embalse y aductor Tambo.

La oferta de agua se complementará con el volumen de agua almacenado en los embalses Choclocochoa, Ccaracochoa y Tambo.

6.3.1 Oferta de agua del río Ica

Mediante la información de aforos diarios del río Ica en la Estación La Achirana contenida en el estudio 'Factibilidad para la solución de la problemática de desbordes e inundaciones en el río Ica y quebrada Cansas-Chanchajalla y diseño definitivo de las bocatomas La Achirana, Macacona-Quilloay y La Venta', Proyecto Especial Tambo Ccaracochoa, 1999. Se obtuvo la serie de caudales naturales del río Ica para el periodo Enero 1922 a Diciembre 1993, no siendo posible actualizar dicha información debido a que a partir de dicha fecha el aforo en La Achirana deja de ser discretizado en lo que proviene del Sistema Choclocochoa y los recursos propios de la cuenca del río Ica.

La serie antes mencionada fue sujeta a un análisis de consistencia mediante la aplicación de las pruebas T de Student para la media y F de Fisher para la variancia, resultando no tener consistencia en la media ni en la variancia.

Con el afán de encontrar una serie lo más extensa y consistente, se llegó a definir la correspondiente al periodo Enero 1946 - Diciembre 1993, la cual resultó consistente en la media pero no en la variancia, por lo que se procedió a corregir la variancia en el primer periodo (Enero 1946 - Diciembre 1959).

El análisis de consistencia de la serie de caudales medios mensuales del río Ica en la Estación La Achirana, se adjunta en el Anexo N°C.

La oferta de agua subterránea total anual de la cuenca del río Ica, considerando el valle de Ica, Guadalupe y Villacurí es estima en 358.04 MMC, de esta cantidad para efectos del estudio se considerará lo concerniente al valle de Ica, con un volumen anual disponible de 299.17 MMC.

6.3.2 Oferta de agua del Sistema Choclococha

Para el caso de definir la oferta hídrica del Sistema Choclococha se utilizó el siguiente procedimiento:

- Luego de revisar el procedimiento de cálculo de la precipitación total mensual promedio mediante el método de Thiessen sobre el área de influencia del Sistema Choclococha (Cuadro N°3.31) del estudio 'Actualización y complementación de los aspectos climatológicos, hidrológicos y sedimentológicos de los embalses Ccaracocha y Choclococha'- Mayo 1996, elaborado por el Ing. Walter Obando L., se realizó un análisis de correlación entre ésta serie y la serie de caudales medios mensuales registrados y consistenciados en la estación Orcococha adquiridos del SENAMHI, para el periodo común Enero 1959 a Diciembre 1974.
- Se obtuvo la siguiente ecuación polinómica de segundo orden entre los valores acumulados de ambas series para el periodo Enero 1959 a Diciembre 1974, resultando un coeficiente de determinación de 0.997.

$$Q.Orcococha_{i,j} = -5.0 * 10^{-6} * Pp.MediasChoclococha_{i,j}^2 + 0.6233 * PpMediasChoclococha - 391.28$$

donde:

$Q.Orcococha_{i,j}$: Caudal acumulado de Orcococha en el mes i, año j.

$Pp.MediasChoclococha_{i,j}$: Precipitación total acumulada en el mes i, año j.

- Mediante auto correlación utilizando el modelo ARMA, se extendió la serie de precipitación total mensual media sobre el ámbito del Sistema Choclococha hasta el año 1993.
- Se utilizó la ecuación polinómica anteriormente encontrada para extender la serie de caudales medios mensuales de la estación Orcococha hasta Diciembre 1993.
- Mediante la serie de caudales medios mensuales de la estación Orcococha se generaron para el periodo Enero 1969 a Diciembre 1993 las siguientes series de caudales medios mensuales considerando para ello la siguientes áreas de contribución.

Componente del Sistema Choclococha	Areas de contribución de escurrimiento (km2)
Laguna Orcococha	92.0
Cuenca Ccaracocha	38.0
Canal Ingahuasi	121.0
Aductor y Cuenca Tambo	16.5
Cuenca Choclococha	149.0
No regulado Choclococha	105.0

- Caudales medios mensuales de las subcuencas de los embalses Choclococha y Orcococha.
- Caudales medios mensuales de la subcuenca del canal Ingahuasi.
- Caudales medios mensuales de la subcuenca del embalse Ccaracocha
- Caudales medios mensuales de las subcuencas del canal Ccaracocha
- Caudales medios mensuales de las subcuencas no reguladas del canal de trasvase Choclococha
- Caudales medios mensuales de la subcuenca del embalse y aductor Tambo.

Para efectos de la simulación se utilizarán las series anteriormente descritas con tamaño de 25 años correspondiente al periodo Enero 1969 - Diciembre 1993.

El Cuadro N°13, pretende esquematizar de manera gráfica los procedimientos descritos anteriormente.

En el Anexo A, se presentan las series de caudales medios mensuales que serán utilizadas en el proceso de simulación.

Cuadro N°13 Esquematización del proceso de definición de las series de caudales medios mensuales para la simulación

Series	Series de precipitación total mensual y caudales medios mensuales	1922	1946	1957	1959	1969	1974		1990	1993
		Series de 25 años a ser utilizadas en la simulación								
Series Sistema Choclococha	Precipitación total media mensual del ámbito del sistema Choclococha (*)				Periodo Común con Caudales medios mensuales registrados de Orcocochoa			Generación mediante autocorrelación		
	Caudales medios mensuales registrados en la Estación Orcocochoa (**)				Q.Orcocochoa=a.Pp.Sist.Choclocochoa ² +b.Pp.Sist.Choclocochoa + c			Generación mediante uso de polinomio determinado		
	Caudales medios mensuales generados de la subcuenca Ccaracochoa (Q1)					Serie generada mediante relación de áreas de contribución con respecto a Orcocochoa				
	Caudales medios mensuales generados de la subcuenca del canal Ccaracochoa (Q2)					Serie generada mediante relación de áreas de contribución con respecto a Orcocochoa				
	Caudales medios mensuales generados de la subcuenca canal Ingahuasi (Q3)					Serie generada mediante relación de áreas de contribución con respecto a Orcocochoa				
	Caudales medios mensuales generados de la subcuenca Tambo (Q4)					Serie generada mediante relación de áreas de contribución con respecto a Orcocochoa				
	Caudales medios mensuales generados de la subcuenca Choclocochoa (Q5)					Serie generada mediante relación de áreas de contribución con respecto a Orcocochoa				
	Caudales medios mensuales generados de la subcuenca no regulada del canal Choclocochoa (Q6)					Serie generada mediante relación de áreas de contribución con respecto a Orcocochoa				
Serie Natural río Ica	Caudales medios mensuales naturales del río Ica (***)	Serie no consistente en la media y variancia								
		Serie consistente en la media pero no en la variancia								
				Corrección de la variancia del primer periodo (Consistente en la media y variancia)	Serie consistente en la media y variancia					

(*) Actualización y Complementación de los aspectos climatológicos, Hidrológicos y Sedimentológicos de los embalses Ccaracochoa y Choclocochoa - Mayo 1996 - Ing. Water Obando Licera

, Médiante polígono de Thiessen (Cuadro N°3.31)

(**) Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - Perú.

(***) Estudio de Factibilidad para la solución de la problemática de desbordes e inundaciones en el río Ica y quebrada Cansas-Chanchajalla y diseño definitivo de las bocatomas La Achirana, Macacona-Quilloay y La Venta Proyecto Especial Tambo Ccaracochoa, 1999

6.4 Demanda Hídrica

La demanda hídrica considerada en el estudio está constituida por la demanda poblacional y la demanda agrícola.

6.4.1 Demanda Poblacional

La demanda poblacional fue obtenida en base a las siguientes consideraciones generales:

- El abastecimiento hídrico poblacional será exclusivo para la población asentada en el ámbito urbano del valle del río Ica. La información demográfica fue obtenida del INEI, 'Análisis demográfico N°35: Perú : Estimaciones y Proyecciones de población 1950 - 2050 y del Boletín Especial N°16 : Perú : Proyecciones de población por años calendario según departamento, provincias y distritos 1990-2002.
- La tasa de crecimiento de la población urbana de Ica calculada por Apoyo (Opinión y Mercado S.A) es de 2.4% anual.
- La Tasa de crecimiento para la población de Santiago de Chocorvos fue estimada en 2.2% anual. (Fuente: Apoyo, Opinión y Mercado S.A).
- La dotación diaria por habitante fue tomada del Reglamento Nacional de Construcciones.

El siguiente Cuadro N°14, muestra las proyecciones de demanda hídrica poblacional para los años 2002, 2005, 2010 y 2020.

Cuadro N°14 Proyección de la demanda hídrica poblacional

Distritos	Población					Demanda Hídrica (m3/s)				Dotación Urb. (l/hab/día)
	Año 2002		Año 2005	Año 2010	Año 2020	Año 2002	Año 2005	Año 2010	Año 2020	
	N°Habit.Total	N°Hab.Urbano	N°Hab.Urbano	N°Hab.Urbano	N°Hab.Urbano	Dem.Hid.(m3/s)	Dem.Hid.(m3/s)	Dem.Hid.(m3/s)	Dem.Hid.(m3/s)	
Santiago de Chocorvos	4279	1279	1366	1625	2405	0.022	0.023	0.028	0.041	150
San José de los Molinos	6169	5213	5597	6767	10370	0.089	0.096	0.116	0.178	150
Salas	11473	9695	10410	12584	19286	0.166	0.178	0.215	0.330	150
Yauca del Rosario	1406	1188	1276	1542	2363	0.020	0.022	0.026	0.040	150
La Tinguiña	32227	27232	29240	35349	54172	0.622	0.668	0.807	1.237	200
Parcona	56642	47862	51392	62129	95213	1.093	1.173	1.418	2.174	200
San Juan Bautista	11464	9687	10401	12575	19270	0.166	0.178	0.215	0.330	150
Subtanjalla	12836	10846	11646	14079	21577	0.248	0.266	0.321	0.493	200
Ica	125577	106113	113937	137742	211089	3.028	3.252	3.931	6.024	250
Los Aquijes	13749	11618	12475	15081	23111	0.265	0.285	0.344	0.528	200
Pueblo Nuevo	5187	4383	4706	5689	8719	0.075	0.081	0.097	0.149	150
Tate	4101	3465	3721	4498	6894	0.059	0.064	0.077	0.118	150
Pachacutec	5679	4799	5153	6229	9546	0.082	0.088	0.107	0.163	150
Santiago	17563	14841	15935	19264	29523	0.339	0.364	0.440	0.674	200
Ocucaje	3736	3157	3390	4098	6280	0.054	0.058	0.070	0.108	150
Total	312088	261378	280644	339253	519817	6.329	6.795	8.214	12.587	

El cálculo de la demanda poblacional lo determinará el usuario mediante el programa de cómputo, según el porcentaje de cobertura, el porcentaje de habitantes de la zona urbana, tasas de crecimiento de la población de Ica y población de Huaytará respectivamente.

La siguiente figura N°03, muestra la pantalla de acceso de la información.

Figura N°03 Pantalla de acceso de la información para el cálculo de la demanda poblacional

Distritos	N.Hab.2002	N.Hab. zona urbana	Dotación Urbana (/#hab/día)	% de Cobertura
Santiago de Chocorvos	4279	1279	150	100
San José de los Molinos	6169	5213	150	100
Salas	11473	9695	150	100
Yauca del Rosario	1406	1188	150	100
La Tinguíña	32227	27232	200	100
Parcona	52642	44482	200	100
San Juan Bautista	11464	9687	150	100
Subtanjalla	12836	10846	200	100
Ica	125577	106113	250	100
Los Aquijes	13749	11618	200	100
Pueblo Nuevo	5187	4383	150	100
Tate	4101	3465	150	100
Pachacutec	5679	4799	150	100
Santiago	17563	14841	200	100
Ocucaje	3736	3157	150	100

Porcentaje de habitantes en zona urbana (%)

Ica: 84.5

Huaytará: 29.9

Tasa de crecimiento anual de la población en Ica: 2.4

Tasa de crecimiento anual de la población en Huaytará (Huancavelica): 2.2

Calcular

Continuar

Regresar

6.4.2 Demanda Agrícola

La evapotranspiración potencial a nivel mensual fue estimada para las áreas agrícolas de la parte alta, media y baja del valle de Ica respectivamente y en base a la información registrada de evaporación de tanque tipo A, aplicando el método FAO.

Los registros de evaporación total mensual de las estaciones Huamaní, San Camilo y Ocucaje fueron las utilizadas para la parte alta, media y baja respectivamente.

El Cuadro N°15, muestra los valores estimados para la evapotranspiración potencial mensual para cada caso.

La información concerniente a la cédula de cultivos, coeficientes de cultivos y eficiencia de riego fueron definidas luego de la revisión de las siguientes fuentes de información:

- Diagnóstico de la Gestión del Agua en el ámbito del Proyecto Especial Tambo Ccaracocha PETACC, Ica-Huancavelica 2001.
- Estudio de Factibilidad del Proyecto Choclococha desarrollado, Tomo II, Anexos, INP-Corporación de Reconstrucción y Desarrollo de Ica, 1966.
- Información proporcionada por la Junta de Usuarios del Valle de Ica y Junta de Usuarios de La Achirana.

La Figura N°04, presenta la pantalla de acceso de la información para el cálculo de la demanda de agua agrícola mensual en m³/ha.

Asimismo las Figuras N°05, N°06, N°07 y N°08 presenta las pantallas de acceso de información para el cálculo total de la demanda agrícola por canal principal para los sectores de riego de San José de los Molinos, La Achirana, Río Ica y Ocucaje respectivamente, para la situación actual y corto, mediano y largoplazo.

Cuadro N°15 Cálculo de la Evapotranspiración potencial mensual (mm/mes)

Estación	Evaporación Total de Tanque (mm/mes)												Periodo de Registro
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Huamaní	134.5	128.8	138.1	129.9	120.2	103	105.1	115.4	128	140.5	138.2	152.2	1963-1997
San Camilo	120.9	119.2	145.1	127.9	100.2	71.6	74.0	84.1	100.1	115.1	128.9	121.0	1995-2001
Ocucaje	201.3	198.1	208.5	173.9	117.5	95.9	99.0	112.3	141.5	177.2	189.8	206.1	1999-2001

Estación	Humedad Relativa Media Mensual (%)												Periodo de Registro
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Huamaní	71	72	69	67	72	74	74	71	67	66	67	68	1963-1980
San Camilo	67	65	63	66	70	73	75	73	70	68	65	67	1997-2001
Ocucaje	68	68	68	69	71	73	74	74	71	70	66	68	1994-2001

Estación	Coeficiente de Tanque Ktanque (Método FAO) para el caso de estar colocado sobre superficie verde											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Huamaní	0.92	0.87	0.85	0.84	0.86	0.83	0.83	0.89	0.88	0.90	0.88	0.89
San Camilo	0.92	0.87	0.85	0.84	0.86	0.83	0.83	0.89	0.88	0.90	0.88	0.89
Ocucaje	0.92	0.87	0.85	0.84	0.86	0.83	0.83	0.89	0.88	0.90	0.88	0.89

Estación	Evapotranspiración Potencial por el método de tanque evaporímetro (FAO) en mm/mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Huamaní	123.5	111.8	117.5	109.7	103.5	85.7	86.9	102.6	112.2	126.2	121.7	136.1
San Camilo	111.0	103.5	123.5	108.0	86.3	59.6	61.2	74.8	87.7	103.4	113.5	108.2
Ocucaje	184.9	172.0	177.5	146.8	101.2	79.8	81.8	99.9	124.0	159.2	167.1	184.4

Figura N°04 Pantalla del Programa de Cómputo para calcular la demanda agrícola mensual en m³/ha.

Cédula de Cultivo para el Valle de Ica

ETP (mm/mes)

Según Altitud

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Zona del Valle Alto	123.5	111.8	117.5	109.7	103.5	85.7	86.9	102.6	112.2	126.2	121.7	136.1
Zona del Valle Medio	111.0	103.5	123.5	108.0	86.3	59.6	61.2	74.8	87.7	103.4	113.5	108.2
Zona del Valle Bajo	184.9	172.0	177.5	146.8	101.2	79.8	81.8	99.9	124.0	159.2	167.1	184.4

Algodón	58.82	0.95	0.68	0.55	0.50	0.40	0.00	0.00	0.18	0.29	0.49	0.78	0.92
Vid	8.82	0.82	0.74	0.64	0.61	0.47	0.35	0.34	0.37	0.46	0.53	0.60	0.76
Pallar	7.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.93	1.18	1.12	0.46	0.00	0.00
Espárrago	5.88	0.48	0.48	0.48	0.48	0.41	0.31	0.31	0.31	0.34	0.34	0.35	0.42
Papa	3.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.85	0.92	0.94	0.86
Tomate	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.60	1.17	1.22	0.62	0.00
Maíz grano	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.65	0.78	0.75	0.64
Maíz Choclo	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.66	0.70	0.68	0.00
Frijol	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.88	0.68	0.00	0.00
Mango	1.32	0.90	0.83	0.72	0.72	0.61	0.50	0.46	0.52	0.57	0.61	0.64	0.78
Palto	1.18	0.78	0.69	0.60	0.57	0.47	0.40	0.34	0.38	0.48	0.57	0.63	0.76
Pecano	1.18	0.98	0.86	0.77	0.66	0.54	0.43	0.43	0.44	0.56	0.64	0.71	0.90
Garbanzo	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.50	0.49	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00
Alfalfa	0.59	1.03	1.03	0.95	0.90	0.75	0.49	0.52	0.58	0.70	0.80	0.89	1.03
Sandía	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.64	0.76	0.72	0.70	0.00	0.00	0.00
Sorgo	0.59	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.73	0.76	0.65
Naranja	0.29	0.68	0.85	0.65	0.65	0.61	0.48	0.50	0.50	0.54	0.54	0.54	0.63
Olivo	0.45	0.90	0.83	0.66	0.52	0.43	0.27	0.29	0.36	0.42	0.57	0.69	0.83

Módulos de Riego Brutos

Valle Alto (m3/ha)												
Valle Medio (m3/ha)												
Valle Bajo (m3/ha)												

Ef. Conducción (%) Ef. Aplicación (%) Ef. Distribución (%)

Ef. Proyecto (%) Porcentaje de ETO (%)

Figura N°05 Demanda Agrícola Total (Situación Actual)

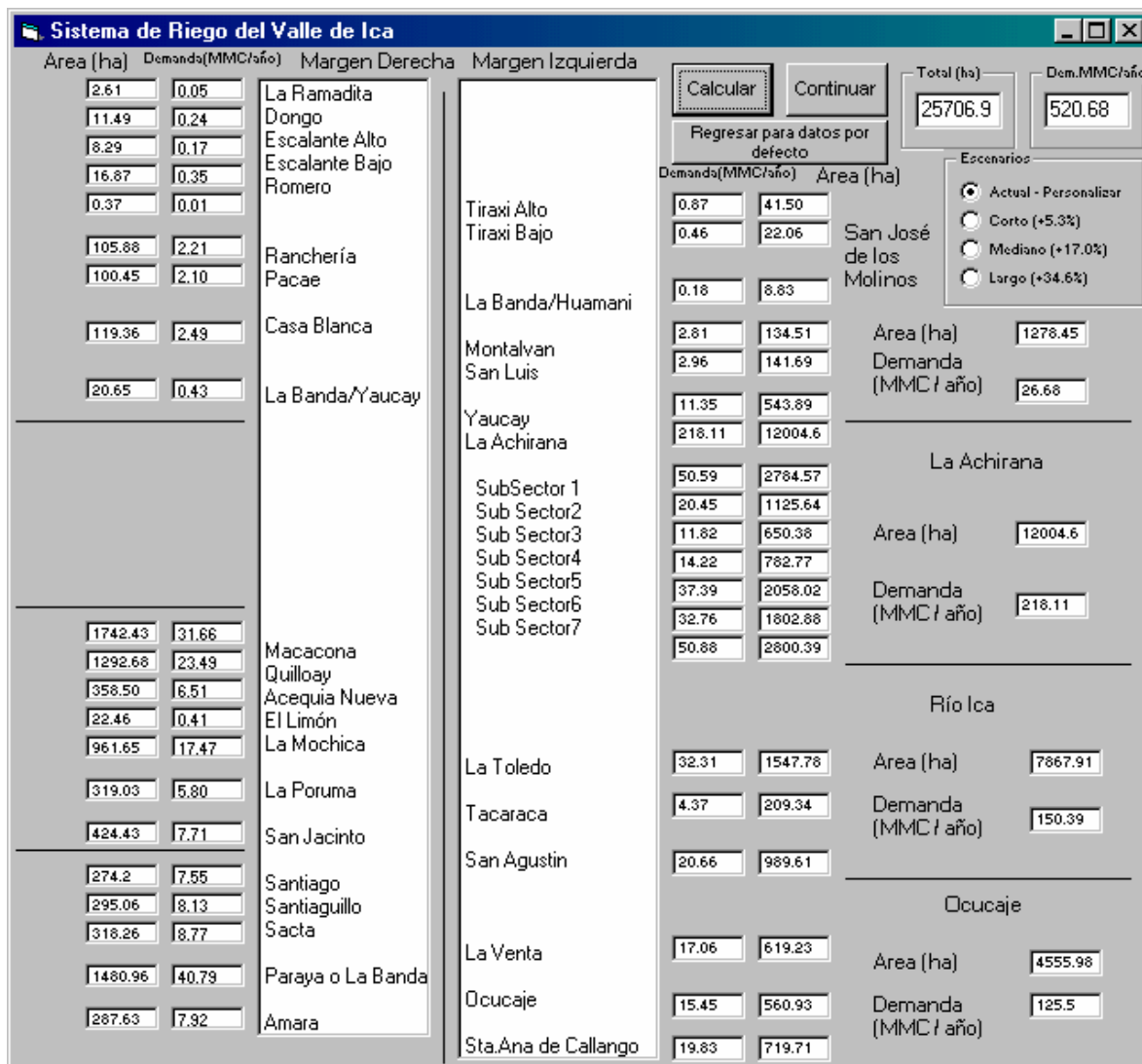


Figura N°06 Demanda Agrícola Total (Situación a Corto Plazo)

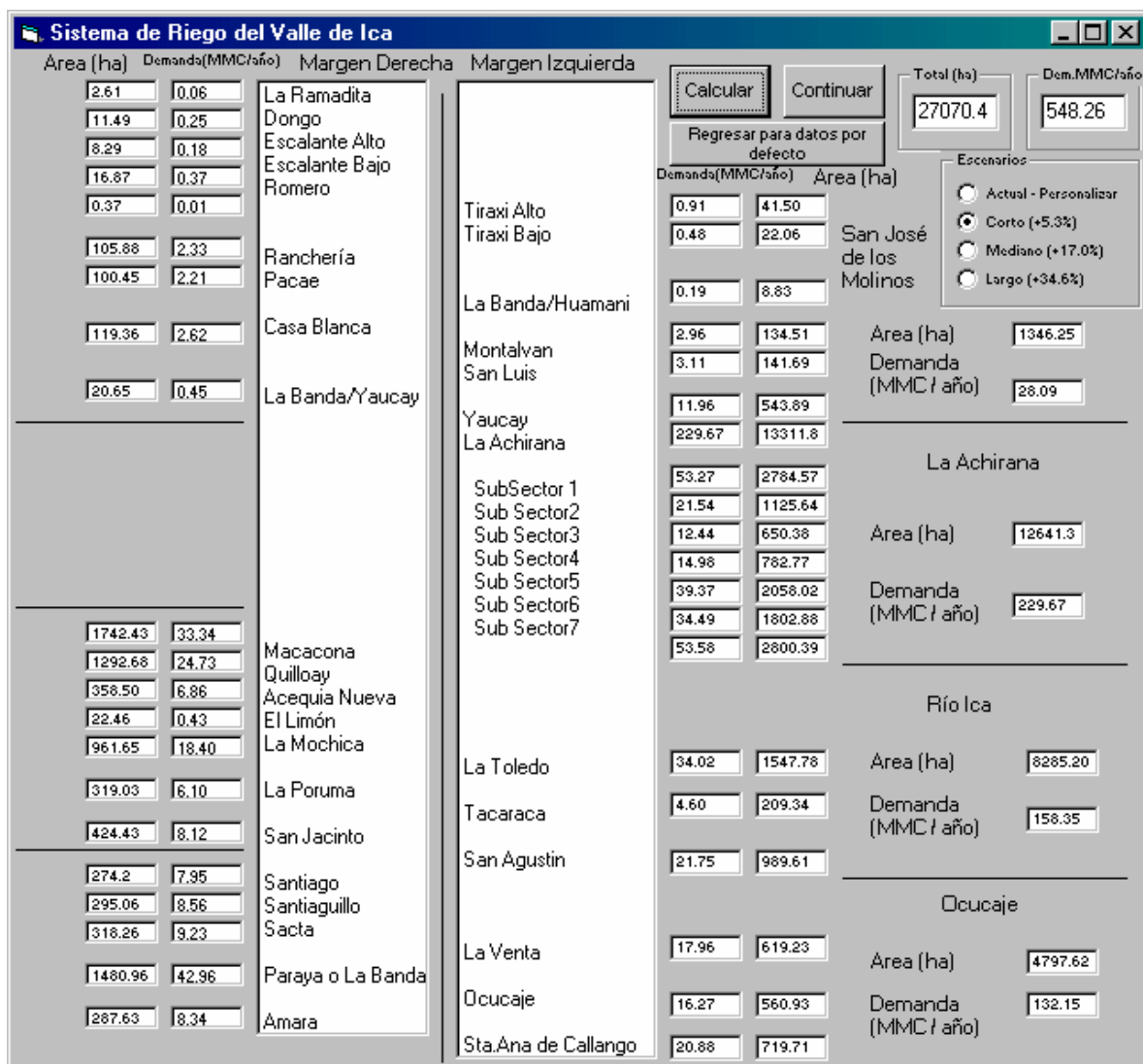


Figura N°07 Demanda Agrícola Total (Situación a mediano plazo)

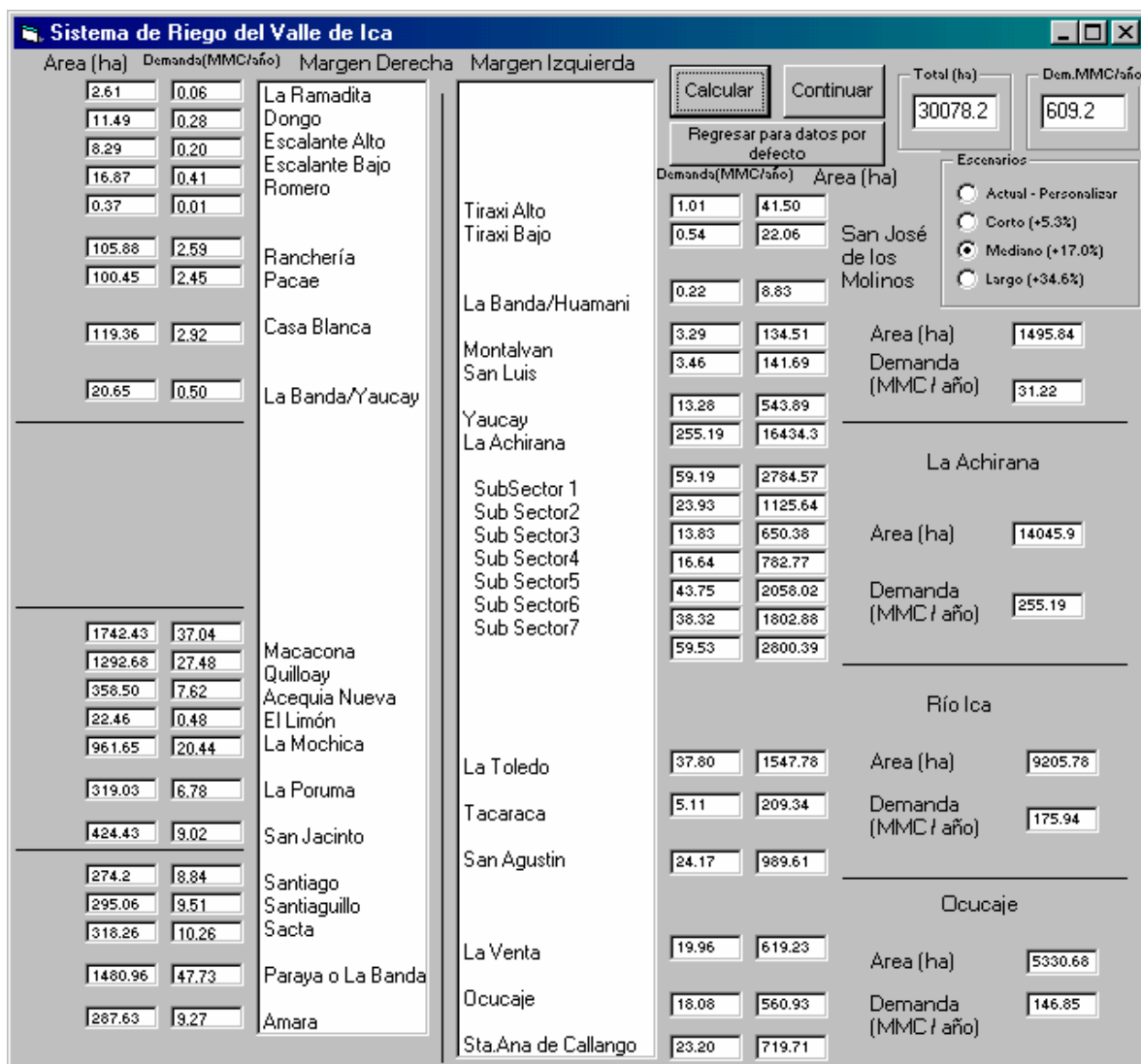


Figura N°08 Demanda Agrícola Total (Situación a largo plazo)

Sistema de Riego del Valle de Ica

Area [ha]	Demanda(MMC/año)	Margen Derecha	Margen Izquierda	Demanda(MMC/año)	Area [ha]	Total (ha)	Dem.MMC/año
2.61	0.07	La Ramadita		1.17	41.50	34590.0	700.59
11.49	0.32	Dongo		0.62	22.06		
8.29	0.23	Escalante Alto					
16.87	0.47	Escalante Bajo					
0.37	0.01	Romero					
105.88	2.97	Ranchería	Tiraxi Alto	0.25	8.83		
100.45	2.82	Pacae	Tiraxi Bajo				
119.36	3.35	Casa Blanca	La Banda/Huamani	3.78	134.51		
20.65	0.58	La Banda/Yaucay	Montalvan	3.98	141.69	Area (ha)	1720.21
			San Luis	15.28	543.89	Demanda (MMC / año)	35.9
			Yaucay	293.47	21734.4		
			La Achirana	68.07	2784.57	La Achirana	
			Sub Sector 1	27.52	1125.64	Area (ha)	16152.8
			Sub Sector2	15.90	650.38	Demanda (MMC / año)	293.47
			Sub Sector3	19.14	782.77		
			Sub Sector4	50.31	2058.02	Río Ica	
			Sub Sector5	44.07	1802.88	Area (ha)	10586.6
			Sub Sector6	68.46	2800.39	Demanda (MMC / año)	202.35
			Sub Sector7				
1742.43	42.60	Macacona	La Toledo	43.47	1547.78	Ocucaje	
1292.68	31.60	Quilloay	Tacaraca	5.88	209.34	Area (ha)	6130.29
358.50	8.76	Acequia Nueva	San Agustín	27.80	989.61	Demanda (MMC / año)	168.87
22.46	0.55	El Limón					
961.65	23.51	La Mochica	La Venta	22.95	619.23		
319.03	7.80	La Poruma	Ocucaje	20.79	560.93		
424.43	10.38	San Jacinto	Sta.Ana de Callango	26.68	719.71		
274.2	10.16	Santiago					
295.06	10.94	Santiaguillo					
318.26	11.80	Sacta					
1480.96	54.89	Paraya o La Banda					
287.63	10.66	Amara					

Escenarios:
 Actual - Personalizar
 Corto (+5.3%)
 Mediano (+17.0%)
 Largo (+34.6%)

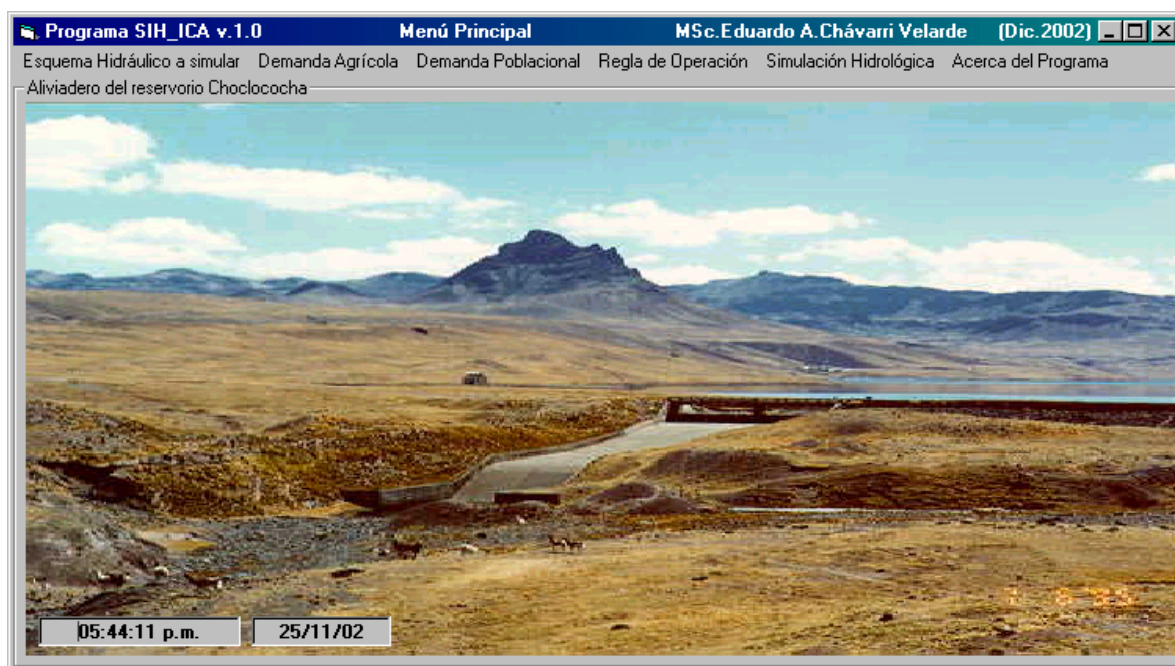
6.5 Programa de cómputo

El programa de cómputo denominado SIM_ICA v.1.0, fue desarrollado en lenguaje Visual Basic V.6.0 y tiene las siguientes opciones:

- Definición del planeamiento hidráulico del sistema a simular
- Cálculo de los módulos de riego
- Cálculo de la demanda agrícola por sectores de riego
- Cálculo de la demanda de agua poblacional
- Definición de las reglas de operación de los embalses Choclococha, Ccaracocha y Tambo.
- Simulación hidrológica

La ejecución del programa de cómputo se inicia con el menú principal mostrado en la siguiente Figura N°09.

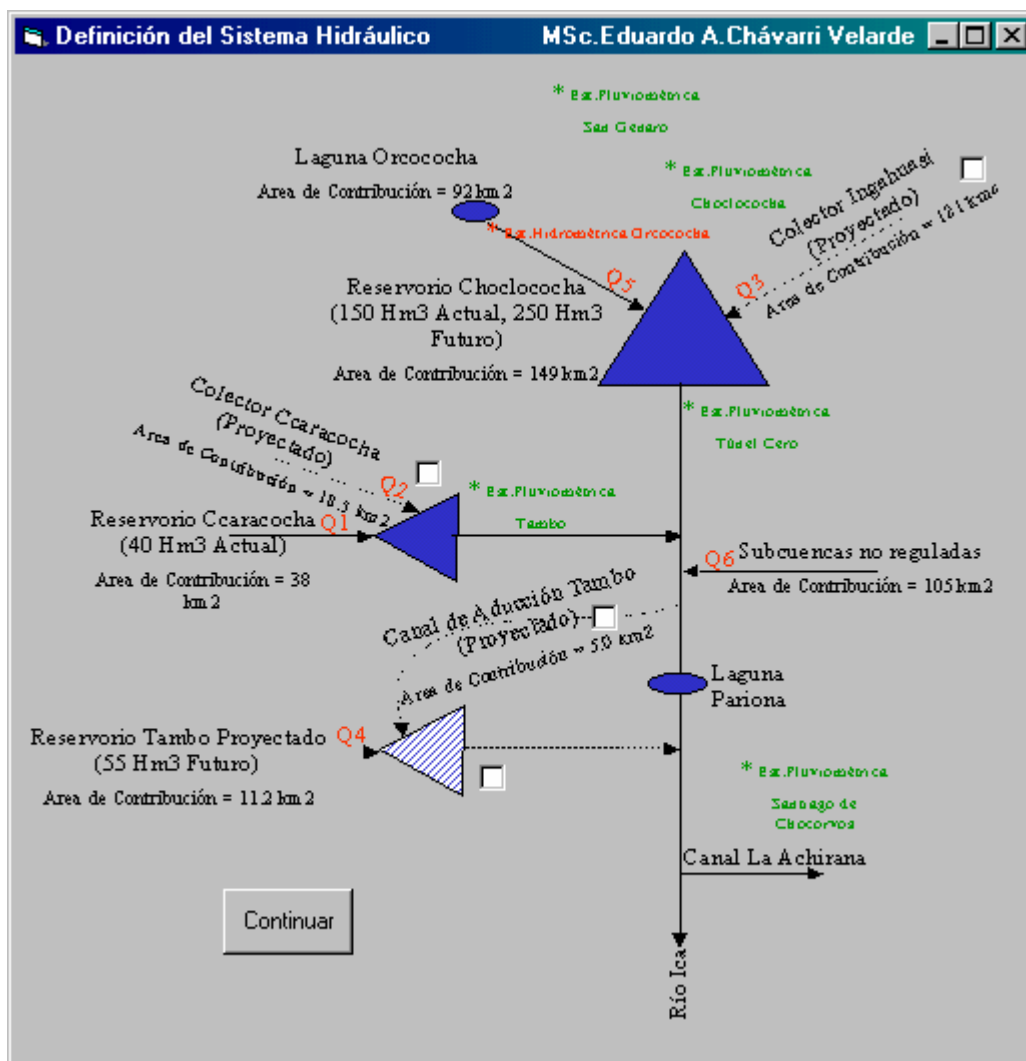
Figura N°09 Menú principal del programa SIM_ICA v.1.0



6.5.1 Definición del planeamiento hidráulico del sistema a simular

El planeamiento hidráulico a simular dependerá de la activación de las cajas de verificación que tiene el formulario mostrado en la Figura N°10, esto es, si el usuario del programa quiere incluir al colector Ingahuasi, colector Ccaracocha, canal de aducción Tambo y reservorio Tambo, respectivamente.

Figura N°10 Formulario para definición del Sistema Hidráulico



6.5.2 Cálculo de los módulos de riego

El cálculo de los módulos de riego para la zona alta, media y baja del valle del río Ica lo realiza el siguiente formulario mostrado en la Figura N°11. El Usuario podrá variar los valores de la evapotranspiración potencial, porcentajes de cultivos dentro de la cédula, coeficientes de cultivos y eficiencias de riego de conducción, distribución y aplicación:

Figura N°11 Formulario para el cálculo de los Módulos de riego del Valle de Ica

ETP (mm/mes)		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Según Altitud													
Zona del Valle Alto		123.5	111.8	117.5	109.7	103.5	85.7	86.9	102.6	112.2	126.2	121.7	136.1
Zona del Valle Medio		111.0	103.5	123.5	108.0	86.3	59.6	61.2	74.8	87.7	103.4	113.5	108.2
Zona del Valle Bajo		184.9	172.0	177.5	146.8	101.2	79.8	81.8	99.9	124.0	159.2	167.1	184.4
Algodón	58.82	0.95	0.68	0.55	0.50	0.40	0.00	0.00	0.18	0.29	0.49	0.78	0.92
Vid	8.82	0.82	0.74	0.64	0.61	0.47	0.35	0.34	0.37	0.46	0.53	0.60	0.76
Pallar	7.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.93	1.18	1.12	0.46	0.00	0.00
Espárrago	5.88	0.48	0.48	0.48	0.48	0.41	0.31	0.31	0.31	0.34	0.34	0.35	0.42
Papa	3.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.85	0.92	0.94	0.86
Tomate	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.60	1.17	1.22	0.62	0.00
Maíz grano	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.65	0.78	0.75	0.64
Maíz Choclo	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.66	0.70	0.68	0.00
Frijol	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.88	0.68	0.00	0.00
Mango	1.32	0.90	0.83	0.72	0.72	0.61	0.50	0.46	0.52	0.57	0.61	0.64	0.78
Palto	1.18	0.78	0.69	0.60	0.57	0.47	0.40	0.34	0.38	0.48	0.57	0.63	0.76
Pecano	1.18	0.98	0.86	0.77	0.66	0.54	0.43	0.43	0.44	0.56	0.64	0.71	0.90
Garbanzo	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.50	0.49	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00
Alfalfa	0.59	1.03	1.03	0.95	0.90	0.75	0.49	0.52	0.58	0.70	0.80	0.89	1.03
Sandía	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.64	0.76	0.72	0.70	0.00	0.00	0.00
Sorgo	0.59	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.73	0.76	0.65
Naranja	0.29	0.68	0.85	0.65	0.65	0.61	0.48	0.50	0.50	0.54	0.54	0.54	0.63
Olivo	0.45	0.90	0.83	0.66	0.52	0.43	0.27	0.29	0.36	0.42	0.57	0.69	0.83
Módulos de Riego Brutos													
Valle Alto (m3/ha)		2650.	1812.	1582.	1361.	1050.	262.9	397.1	1064.	1539.	2046.	2410.	2989.
Valle Medio (m3/ha)		2381.	1677.	1662.	1340.	876.1	182.8	279.6	775.9	1203.	1676.	2248.	2376.
Valle Bajo (m3/ha)		3967.	2788.	2389.	1822.	1027.	244.8	373.8	1036.	1701.	2581.	3309.	4050.
Ef. Conducción (%)	<input type="text" value="75"/>	Ef. Aplicación (%)	<input type="text" value="55"/>	Ef. Distribución (%)	<input type="text" value="80"/>								<input type="button" value="Calcular"/>
Ef. Proyecto (%)	<input type="text" value="33"/>	Porcentaje de ETO (%)	<input type="text" value="100"/>								<input type="button" value="Continuar"/>		

6.5.3 Cálculo de la demanda agrícola por sectores de riego

La demanda agrícola por sectores de riego lo realiza el siguiente formulario mostrado en la Figura N°12. El usuario podrá cambiar las áreas agrícolas o utilizar el submenú "Escenarios" que de manera automática define el incremento de área para las situaciones a corto, mediano y largo plazo.

Figura N°12 Formulario para calcular la demanda de agua agrícola

Area (ha)	Demanda(MMC/año)	Margen Derecha	Margen Izquierda
2.61	0.06	La Ramadita	
11.49	0.26	Dongo	
8.29	0.19	Escalante Alto	
16.87	0.38	Escalante Bajo	
0.37	0.01	Romero	
105.88	2.37	Ranchería	Tiraxi Alto
100.45	2.25	Pacae	Tiraxi Bajo
119.36	2.68	Casa Blanca	La Banda/Huamani
20.65	0.46	La Banda/Yaucay	Montalvan
			San Luis
			Yaucay
			La Achirana
			SubSector 1
			Sub Sector2
			Sub Sector3
			Sub Sector4
			Sub Sector5
			Sub Sector6
			Sub Sector7
1742.43	34.01	Macacona	
1292.68	25.23	Quilloay	
358.50	7.00	Acequia Nueva	
22.46	0.44	El Limón	
961.65	18.77	La Mochica	
319.03	6.23	La Poruma	La Toledo
424.43	8.28	San Jacinto	Tacaraca
274.2	8.12	Santiago	San Agustín
295.06	8.73	Santiagoullo	
318.26	9.42	Sacta	
1480.96	43.83	Paraya o La Banda	La Venta
287.63	8.51	Amara	Ocucaje
			Sta.Ana de Callango

Demanda(MMC/año)	Area (ha)	San José de los Molinos
0.93	41.50	
0.49	22.06	
0.20	8.83	
3.02	134.51	
3.18	141.69	
12.20	543.89	
234.33	16434.3	
54.36	2784.57	
21.97	1125.64	
12.70	650.38	
15.28	782.77	
40.17	2058.02	
35.19	1802.88	
54.66	2800.39	

Area (ha)	Demanda (MMC / año)
1495.84	28.68
14045.9	234.33
9205.78	161.56
5330.68	134.84

6.5.4 Cálculo de la demanda poblacional

Los criterios necesarios para que el programa calcule la demanda poblacional se encuentran en el formulario mostrado en la Figura N°13. El usuario puede variar el número de habitantes por distritos, la dotación de agua urbana, el porcentaje de cobertura, el porcentaje del número de habitantes de la zona urbana y las tasas de crecimiento poblacional de Ica y Huaytará - Huancavelica.

Figura N°13 Formulario para ingresar los criterios de cálculo de la demanda poblacional

Distritos	NHab.2002	NHab. zona urbana	Dotación Urbana (l/hab/día)	% de Cobertura
Santiago de Chocorvos	4279	1279	150	100
San José de los Molinos	6169	5213	150	100
Salas	11473	9695	150	100
Yauca del Rosario	1406	1188	150	100
La Tinguiña	32227	27232	200	100
Parcona	52642	44482	200	100
San Juan Bautista	11464	9687	150	100
Subtanjalla	12836	10846	200	100
Ica	125577	106113	250	100
Los Aquijes	13749	11618	200	100
Pueblo Nuevo	5187	4383	150	100
Tate	4101	3465	150	100
Pachacutec	5679	4799	150	100
Santiago	17563	14841	200	100
Ocucaje	3736	3157	150	100

Porcentaje de habitantes en zona urbana (%)

Ica: 84.5

Huaytará: 29.9

Tasa de crecimiento anual de la población en Ica: 2.4

Tasa de crecimiento anual de la población en Huaytará (Huancavelica): 2.2

Calcular

Continuar

Regresar

6.5.5 Reglas de Operación

Las reglas de operación de embalses constituyen las condiciones de frontera presentes en todo modelo. Son relaciones entre el volumen total del embalse en algún mes y la cantidad de descarga permitida desde las compuertas de salida y vertedero de demasías de los embalses.

Los datos geométricos de volumen almacenado y espejo de agua para los embalses Choclococha, Ccaracochoa y Tambo fueron proporcionados por el PETACC-INADE.

Embalse	Volumen (MMC)	Area (Km2)
Choclococha	0.0	13.8
	50.0	15.8
	100.0	17.0
	150.0	18.3
	200.0	19.5
	250.0	20.9
Ccaracochoa	0.0	0.0
	20.0	2.0
	50.0	3.5
	80.0	6.2
	110.0	8.0
	140.0	8.7
	160.0	9.5
180.0	12.0	
Tambo	3.0	0.8
	9.0	1.3
	25.0	2.0
	58.0	3.3
	65.0	3.5

El usuario tiene la capacidad de definir las reglas de operación para los embalses Choclococha y Ccaracochoa en el formulario mostrado en la Figura N°14 y para el embalse Tambo en el formulario mostrado en la Figura N°15, respectivamente.

Figura N°14 Formulario para definir las reglas de operación de los embalses Choclococha y Ccaracochoa.

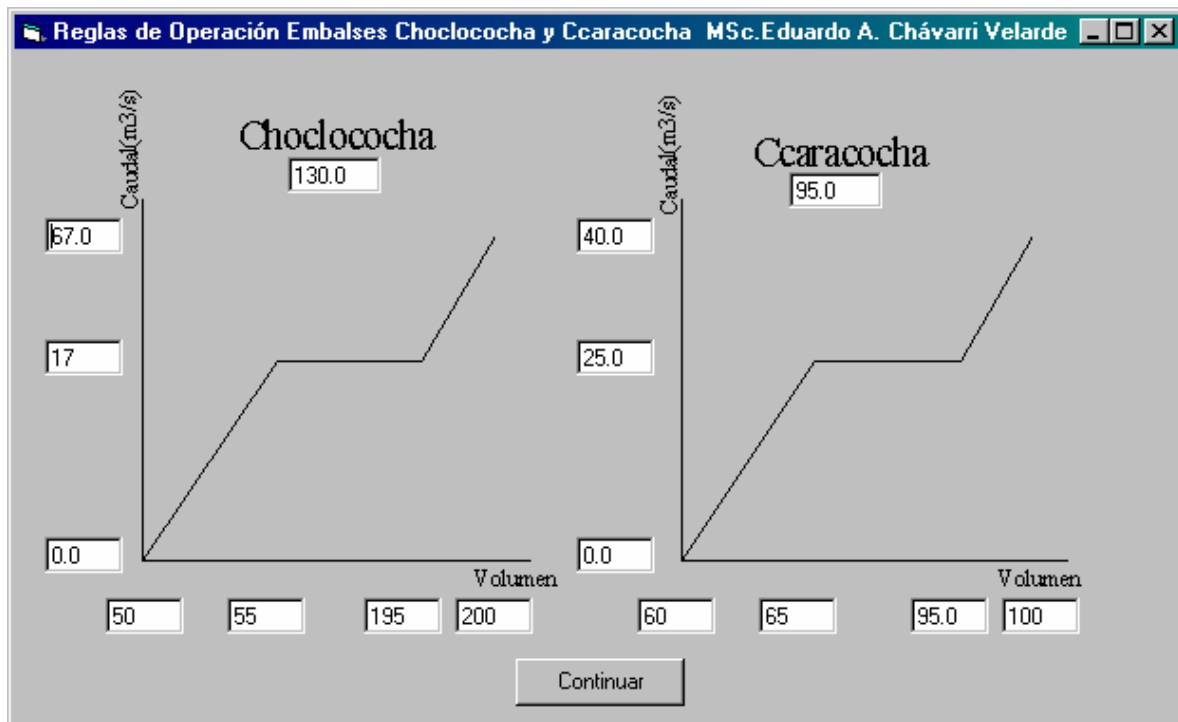
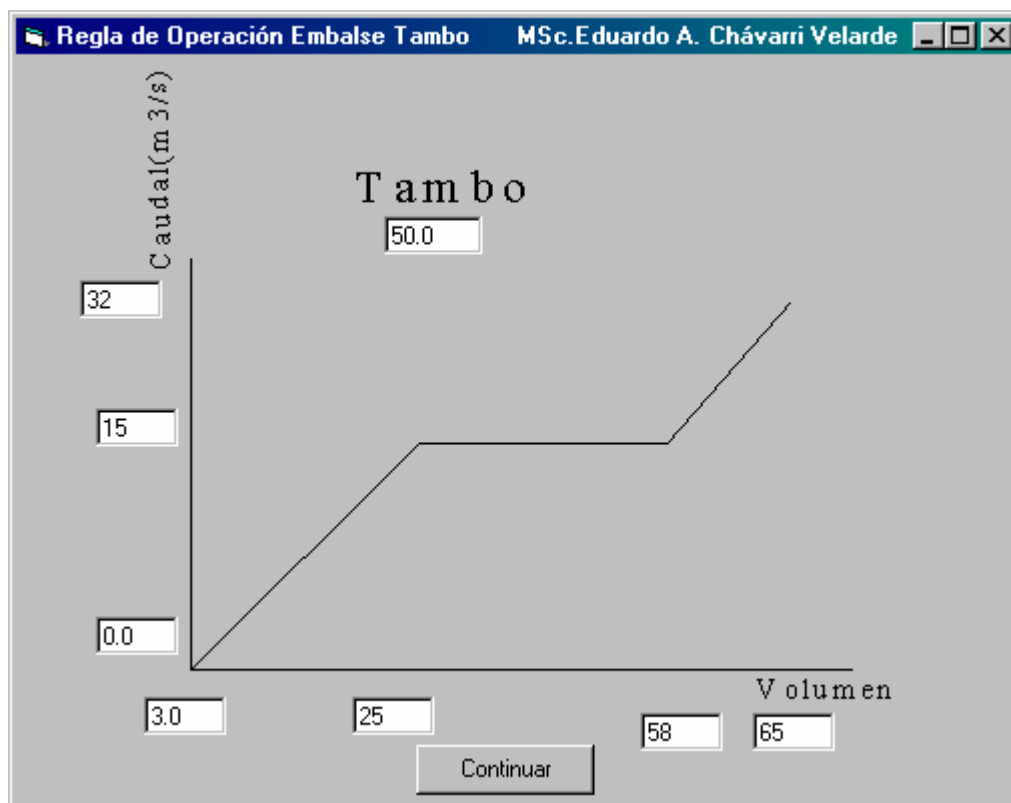


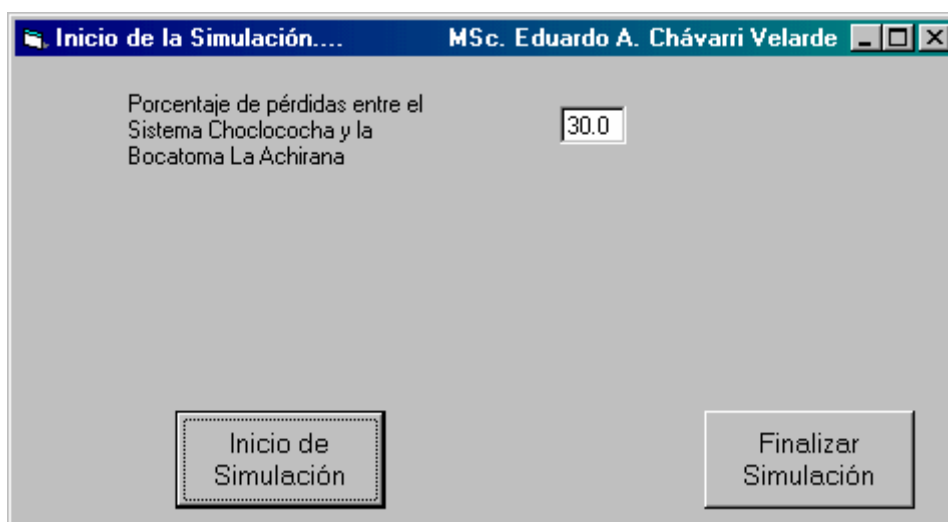
Figura N°15 Formulario para definir la regla de operación del embalse Tambo



6.5.6 Inicio de la simulación

Una vez completa la información solicitada por los formularios precedentes, el usuario se encuentra listo para ejecutar el programa y realizar la simulación, para lo cual finalmente debe definir el porcentaje de pérdida de agua entre el Sistema Choclococha y la bocatoma La Achirana, según el formulario mostrado en la siguiente Figura N°16.

Figura N°16 Formulario para dar inicio a la simulación



The image shows a software window titled "Inicio de la Simulación..." with the author "MSc. Eduardo A. Chávarri Velarde". The window contains a text input field with the label "Porcentaje de pérdidas entre el Sistema Choclococha y la Bocatoma La Achirana" and the value "30.0". At the bottom, there are two buttons: "Inicio de Simulación" and "Finalizar Simulación".

6.5.7 Base de datos de los resultados

El programa graba los resultados en una base de datos MS-Access denominada 'ica4.mdb' en la tabla 'q_puntos_interes'.

La descripción de cada uno de los campos se presenta en el siguiente Cuadro N°16.

Cuadro N°16

Descripción de las variables de salida del programa de simulación	
Variable	Descripción
c_ingah	Con canal colector Ingahuasi (Verdedero), Sin canal colector Ingahuasi (Falso)
c_ccara	Con canal colector Ccaracocha (Verdedero), Sin canal colector Ccaracocha (Falso)
ad_tamb	Con canal aductor Tambo (Verdedero), Sin canal aductor Tambo (Falso)
re_tamb	Con reservorio Tambo (Verdedero), Sin reservorio Tambo (Falso)
escenar	Escenario (Actual, Corto, Mediano o Largo plazo)
Año	Año de simulación
Mes	Mes de simulación
q_cc_cu	Caudal medio mensual generado para la cuenca del Ccaracocha (m3/s)
q_cc_ca	Caudal medio mensual generado para el canal colector Ccaracocha (m3/s)
q_ingah	Caudal medio mensual generado para el canal colector Ingahuasi (m3/s)
q_ta_cu	Caudal medio mensual generado para la cuenca del Tambo (m3/s)
q_ch_cu	Caudal medio mensual generado para la cuenca del Choclococha (m3/s)
q_ch_nr	Caudal medio mensual generado para la cuenca no regulada Choclococha (m3/s)
q_r_ica	Caudal medio mensual generado para la cuenca del río Ica (m3/s)
dp_choc	Demanda poblacional zona urbana de Santiago de Chocorvos (Huaytará-Huancavelica) (m3/s)
dp_icab	Demanda poblacional bruta de la zona urbana de Ica (m3/s)
q_sub_n	Oferta de agua subterránea neta para el valle de Ica luego de cubrir la demanda poblacional (m3/s)
dp_ican	Demanda poblacional neta de la zona urbana de Ica (m3/s)
da_valb	Demanda agrícola bruta de la zona alta del valle de Ica (m3/s)
qch_nrn	Caudal medio mensual neto no regulado de Choclococha luego de cubrir parte del área de San José de Los Molinos (m3/s)
da_valn	Demanda agrícola neta de la zona alta del valle de Ica (m3/s)
da_v_me	Demanda agrícola bruta de la zona media del valle de Ica (m3/s)
da_v_ba	Demanda agrícola bruta de la zona baja del valle de Ica (m3/s)
d_ne_ic	Demanda total de Ica luego de cubrir parte de la demanda agrícola de la zona alta del valle y demanda poblacional de Santiago de Chocorvos (Huaytará-Huancavelica) (m3/s)
d_to_ch	d_ne_ic considerando un porcentaje de pérdida entre lo producido por el Sistema Choclococha y La Achirana (m3/s)
qex_mar	Caudal excedente luego de cubrir la demanda total de Ica (m3/s)
q_in_ch	Caudal de ingreso al embalse Choclococha (m3/s)
q_sa_ch	Caudal de salida desde el embalse Choclococha (m3/s)
q_ev_ch	Caudal evaporado desde el embalse Choclococha (m3/s)
q_al_ch	Caudal descargado por el aliviadero del embalse Choclococha (m3/s)
vol_cho	Volumen total del embalse Choclococha (MMC)
d_de_ch	Demanda total después del aporte del embalse Choclococha (m3/s)
q_in_cc	Caudal de ingreso al embalse Ccaracocha (m3/s)
q_sa_cc	Caudal de salida desde el embalse Ccaracocha (m3/s)
q_ev_cc	Caudal evaporado desde el embalse Ccaracocha (m3/s)
q_al_cc	Caudal descargado por el aliviadero del embalse Ccaracocha (m3/s)
vol_cca	Volumen total del embalse Ccaracocha (MMC)
d_de_cc	Demanda total después del aporte del embalse Ccaracocha (m3/s)
q_in_tam	Caudal de ingreso al embalse Tambo (m3/s)
q_sa_tam	Caudal de salida desde el embalse Tambo (m3/s)
q_ev_tam	Caudal evaporado desde el embalse Tambo (m3/s)
q_al_tam	Caudal descargado por el aliviadero del embalse Tambo (m3/s)
vol_tam	Volumen total del embalse Tambo (MMC)
d_de_tam	Demanda total después del aporte del embalse Tambo (m3/s)

7. Resultados

Los criterios de evaluación de los resultados de las simulaciones fueron los niveles de confiabilidad de la cobertura de la demanda hídrica en términos de cantidad o volumen de agua entregado por el sistema, así como en términos de oportunidad relacionado al tiempo.

La confiabilidad en términos de volumen de agua se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Confiabilidad}_{\text{Volumen}} = \frac{(\sum \text{Demanda}_{\text{total}} - \sum \text{Déficit})}{\sum \text{Demanda}_{\text{total}}} * 100$$

De manera recíproca, la confiabilidad en el tiempo se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Confiabilidad}_{\text{Tiempo}} = \frac{(\sum \text{Meses}_{\text{simulados}} - \sum \text{Meses}_{\text{con}_{\text{déficit}}})}{\sum \text{Meses}_{\text{simulados}}} * 100$$

Como el sistema Choclococha es regulado, no solamente interesa analizar el balance hídrico del sistema, sino también el comportamiento de los volúmenes almacenados en los embalses Choclococha (sin y con encimado), Ccaracocha y Tambo, por tanto se presentan los resultados respectivos.

En el siguiente Cuadro N°17, se muestran los resultados de las 24 simulaciones planteadas.

Cuadro N°17 Resultados de las simulaciones

Simulación	Situación Actual	Colector Inghuasi	Colector Ccaracocha	Reservorio Tambo	Eficiencia Riego (%)	Escenario	Vol.Ini.Cho	Vol.Máx.Cho	Confiabilidad Volumen	Confiabilidad Tiempo
Sim01	X				33	Actual	130	200	85.30	76.0
Sim02			X		33	Corto	130	200	82.68	73.0
Sim03		X	X		33	Mediano	130	200	85.94	78.7
Sim04		X	X	X	33	Largo	130	200	73.14	58.7
Sim05	X				40	Actual	130	200	97.57	93.3
Sim06			X		40	Corto	130	200	95.17	88.7
Sim07		X	X		40	Mediano	130	200	96.98	91.7
Sim08		X	X	X	40	Largo	130	200	89.23	80.3
Sim09	X				45	Actual	130	200	99.64	97.7
Sim10			X		45	Corto	130	200	99.54	97.0
Sim11		X	X		45	Mediano	130	200	99.09	95.7
Sim12		X	X	X	45	Largo	130	200	97.30	94.3
Sim13	X				33	Actual	180	250	85.70	76.3
Sim14			X		33	Corto	180	250	83.06	73.3
Sim15		X	X		33	Mediano	180	250	83.66	73.3
Sim16		X	X	X	33	Largo	180	250	75.50	63.7
Sim17	X				40	Actual	180	250	98.63	95.7
Sim18			X		40	Corto	180	250	96.49	91.0
Sim19		X	X		40	Mediano	180	250	97.09	91.7
Sim20		X	X	X	40	Largo	180	250	89.59	81.3
Sim21	X				45	Actual	180	250	99.85	98.7
Sim22			X		45	Corto	180	250	99.69	97.7
Sim23		X	X		45	Mediano	180	250	99.88	98.3
Sim24		X	X	X	45	Largo	180	250	97.32	94.7

Vol.Ini.Cho : Volumen inicial del embalse Choclococha

Vol.Máx.Cho : Volumen Máximo del embalse Choclococha

Confiabilidad Volumen = (Demanda Total - Déficit Total) / Demanda Total

Confiabilidad Tiempo = (N° de Meses simulados - N° de Meses con déficit) / N° de Meses simulados

Los escenarios actual, corto, mediano y largo plazo se diferencian en la cantidad de área considerada bajo riego de la siguiente manera:

- Escenario Actual : 25796.0 ha
- Escenario Corto plazo : 27070.4 ha
- Escenario Mediano plazo : 30078.2 ha
- Escenario Largo plazo : 34590.0 ha

7.1 Oferta hídrica

El siguiente Cuadro N°18, muestra los niveles de persistencia anuales de las series generadas y naturales de cada fuente de agua involucrada en el sistema.

A partir de los niveles de persistencia calculados podemos señalar por ejemplo la conveniencia de ejecutar de manera prioritaria el colector Inghuasi.

Cuadro N°18

Persistencias anuales de las descargas generadas del sistema Choclococha y río Ica (m3/s)							
Persistencias Anuales (%)	Cuenca Choclococha	Choclococha no regulado	Cuenca Ccaracocha	Colector Ccaracocha	Colector Inghuasi	Cuenca y Aductor Tambo	Río Ica
1.0	6.11	2.66	0.96	0.47	3.07	0.42	53.96
20.0	4.08	1.78	0.64	0.31	2.05	0.28	8.76
25.0	3.97	1.73	0.62	0.30	1.99	0.27	5.95
40.0	3.41	1.48	0.54	0.26	1.71	0.23	0.36
60.0	2.88	1.26	0.45	0.22	1.45	0.20	0.00
80.0	2.44	1.06	0.38	0.19	1.22	0.17	0.00
99.0	0.99	0.44	0.16	0.08	0.50	0.07	0.00

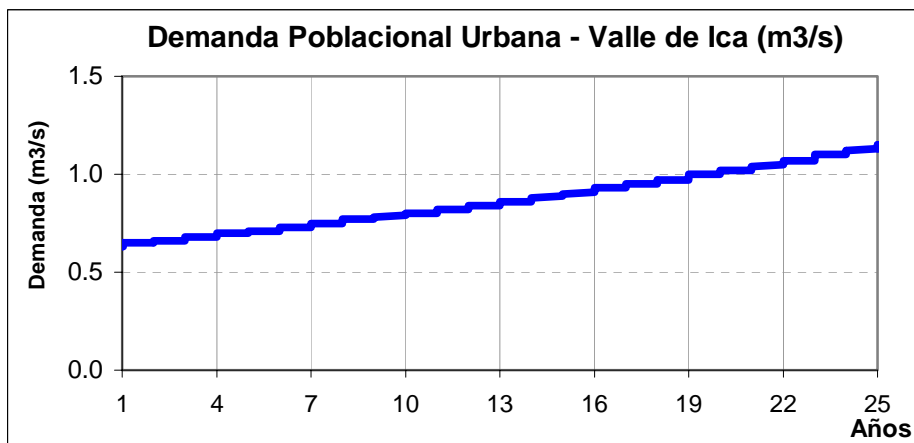
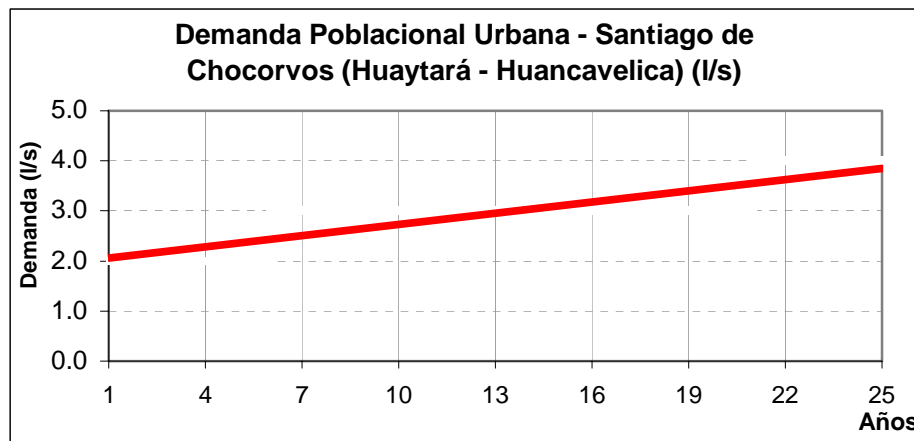
7.2 Demanda Hídrica

Los niveles de demanda hídrica del sistema hidráulico se muestran de manera gráfica.

7.2.1 Demanda poblacional

El requerimiento de agua poblacional ingresa en el cálculo del balance hídrico de manera creciente según la tasa de crecimiento de las poblaciones que son abastecidas por el sistema. La siguiente Figura N°17, muestra la proyección de la demanda hídrica poblacional para los próximos 25 años.

Figura N°17

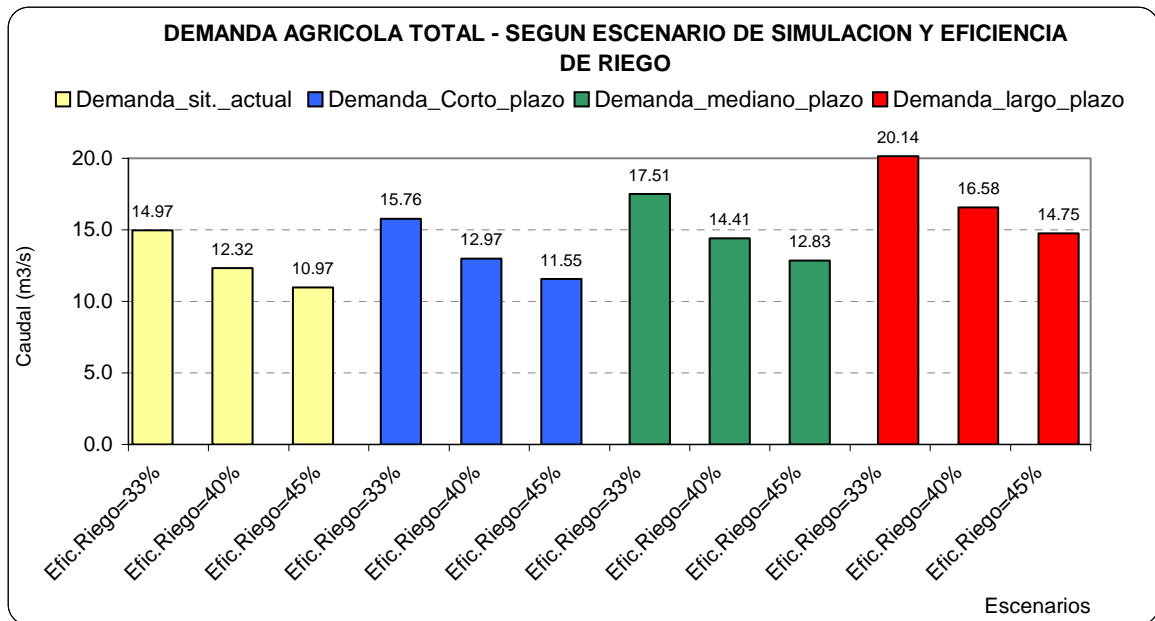


7.2.2 Demanda Agrícola

Los niveles de demanda agrícola están en función de la cantidad de área bajo riego y de la eficiencia de riego.

Como puede verse, la demanda agrícola es similar en el escenario a corto plazo con respecto a la situación actual, sin embargo para los escenarios a mediano y largo plazo, existen diferencias importantes.

Figura N°18



7.3 Movimiento del volumen almacenado en los embalses

La simulación de la operación de los embalses no solamente la condiciona la demanda hídrica del sistema, sino las condiciones en que se encuentra el embalse al final de cada periodo de tiempo.

A pesar de que la simulación del sistema es a nivel mensual, las siguientes figuras dan una idea del comportamiento de cada uno de los embalses a lo largo del periodo simulado. Asimismo se indica el valor de la mediana o el correspondiente a una persistencia del 50%.

Figura N°19

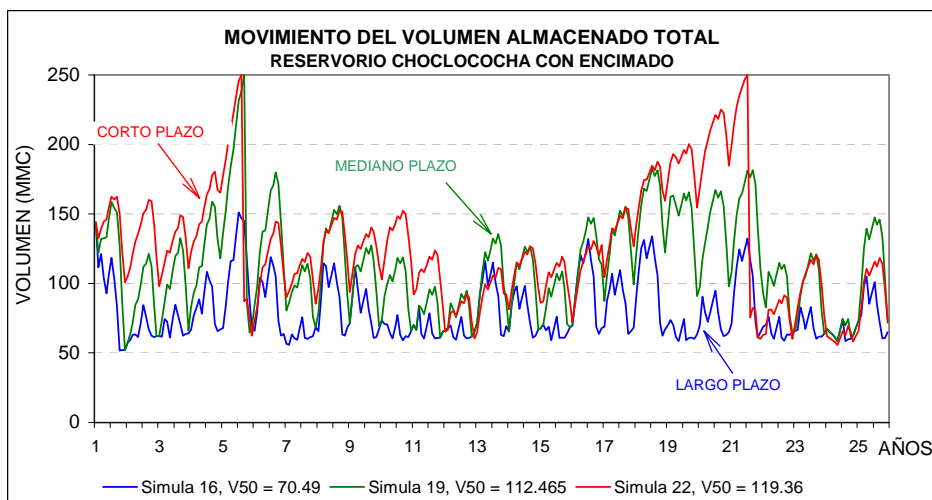
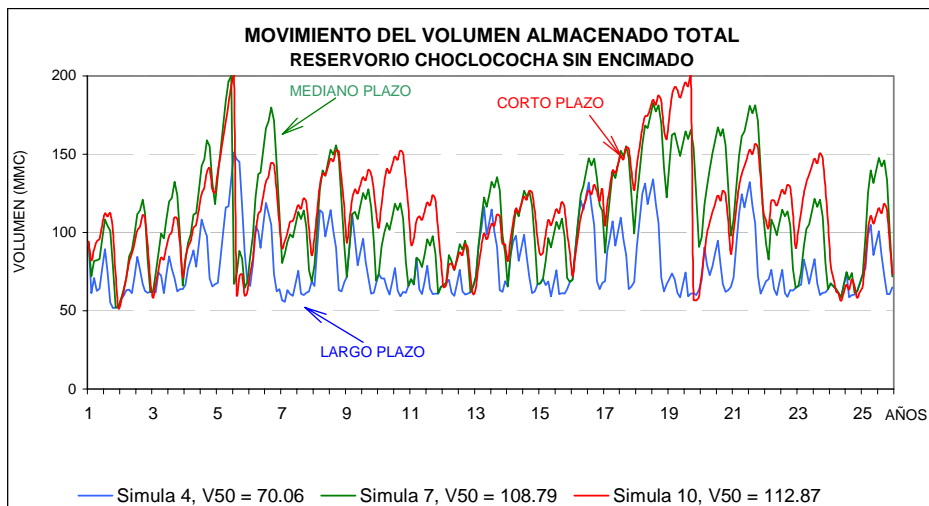


Figura N°20

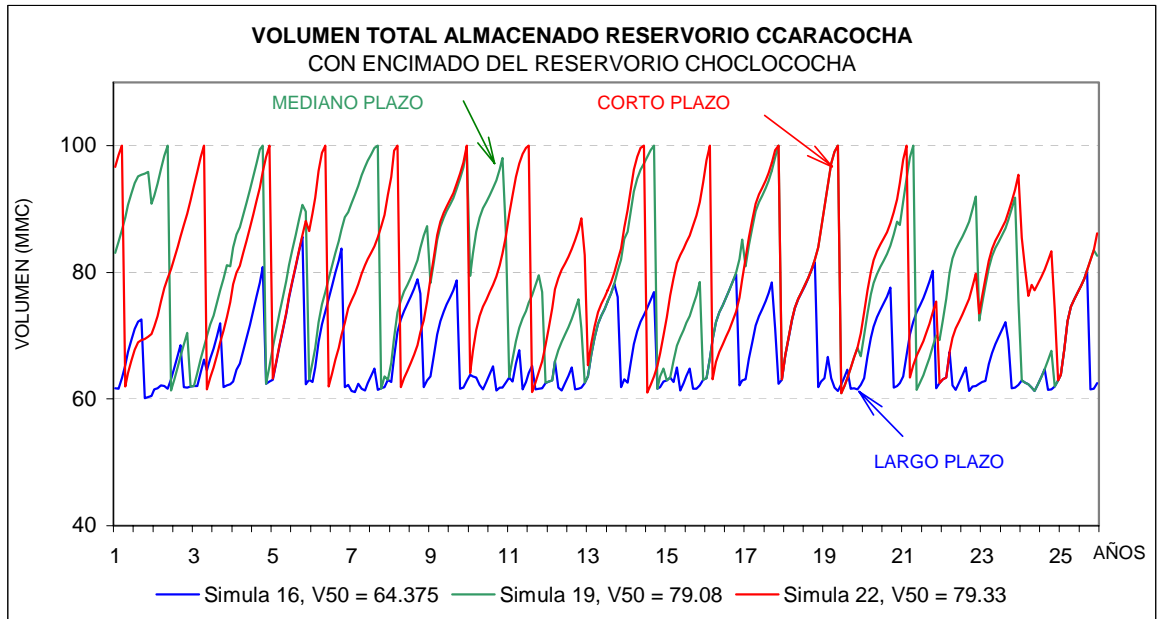
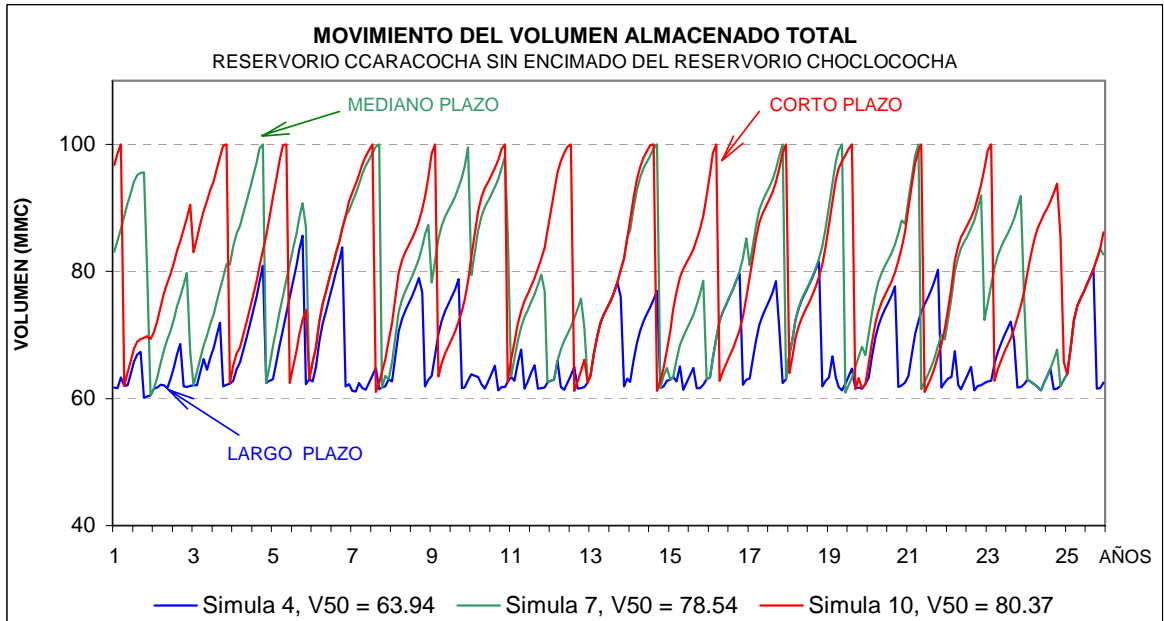
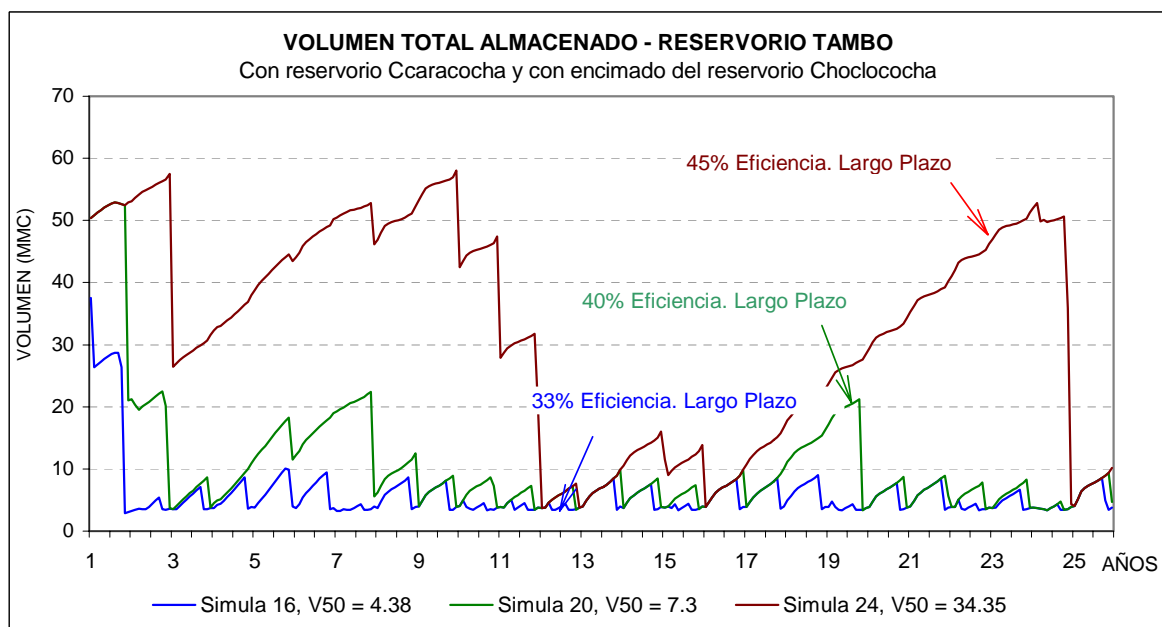
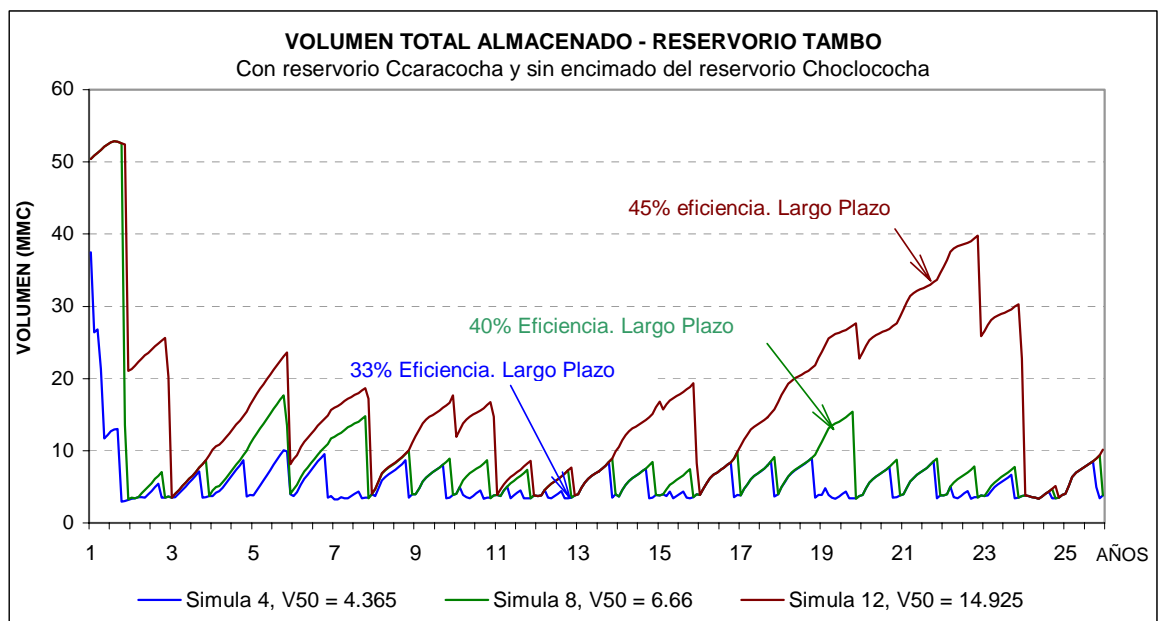


Figura N°21



7.4 Módulos de demanda total y déficit hídrico resultante

Los resultados del balance de agua se darán en términos de déficit hídrico total del sistema y de manera ponderada en todo el periodo de tiempo de simulación y se expresan en miles de m³/ha con el propósito de comparar los resultados entre escenarios.

A partir del análisis de la siguiente figura, podemos señalar que para conseguir niveles permisibles de déficit es prioritario elevar la eficiencia de riego a por lo menos 40% en el corto y mediano plazo y al 45% en el largo plazo.

Figura N°22

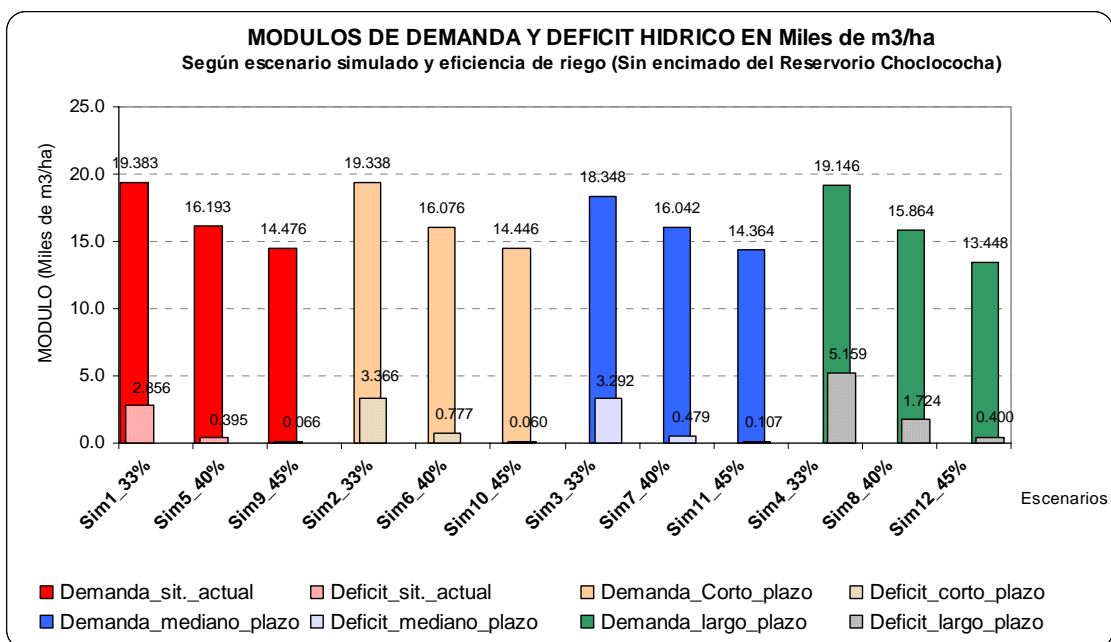
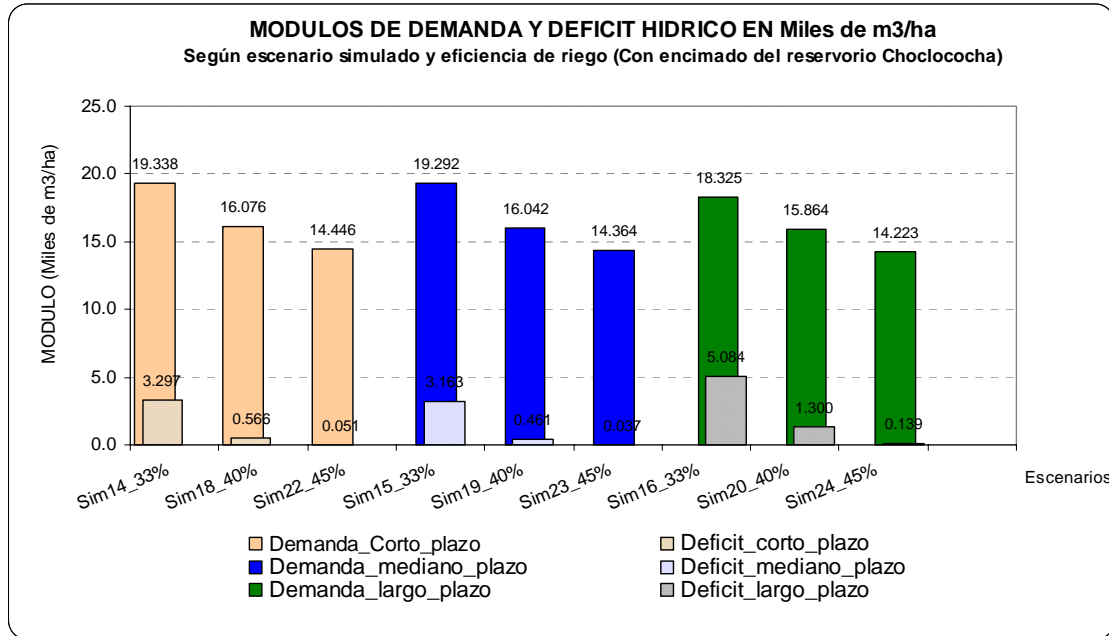


Figura N°23



7.5 Niveles de confiabilidad

Los niveles de confiabilidad aceptables están alrededor del 90% en términos de cantidad de agua o volumen ofertado y 80% en términos de oportunidad o tiempo.

Es así que se encontró que las simulaciones que consideran como eficiencia de riego porcentajes mayores a 33% superan los niveles de confiabilidad anteriormente indicados.

Otro aspecto que es importante señalar con respecto al encimado de la presa Choclococha se debe a su poca sensibilidad en la elevación de los porcentajes de confiabilidad, sin embargo esto último merece un análisis de la operación de los embalses a escala por lo menos diaria.

Cuadro N°19 Niveles de Confiabilidad en términos de volumen y tiempo según escenarios de simulación

Simulación	Eficiencia Riego (%)	Escenario	Vol.Máx.Cho	Confiabilidad Volumen	Confiabilidad Tiempo
Sim01	33	Actual	200	85.30	76.0
Sim13	33	Actual	250	85.70	76.3
Sim05	40	Actual	200	97.57	93.3
Sim17	40	Actual	250	98.63	95.7
Sim09	45	Actual	200	99.64	97.7
Sim21	45	Actual	250	99.85	98.7
Sim02	33	Corto	200	82.68	73.0
Sim14	33	Corto	250	83.06	73.3
Sim06	40	Corto	200	95.17	88.7
Sim18	40	Corto	250	96.49	91.0
Sim10	45	Corto	200	99.54	97.0
Sim22	45	Corto	250	99.69	97.7
Sim03	33	Mediano	200	85.94	78.7
Sim15	33	Mediano	250	83.66	73.3
Sim07	40	Mediano	200	96.98	91.7
Sim19	40	Mediano	250	97.09	91.7
Sim11	45	Mediano	200	99.09	95.7
Sim23	45	Mediano	250	99.88	98.3
Sim04	33	Largo	200	73.14	58.7
Sim16	33	Largo	250	75.50	63.7
Sim08	40	Largo	200	89.23	80.3
Sim20	40	Largo	250	89.59	81.3
Sim12	45	Largo	200	97.30	94.3
Sim24	45	Largo	250	97.32	94.7

8. Análisis de Máximas Avenidas

A pesar de que éste tema no fue parte de los términos de referencia presentados y aprobados por la DGAS, se incluye la estimación de ello por especial solicitud de la DGAS.

El cálculo de los caudales de máximas avenidas para el río Ica correspondientes a determinados periodos de retorno, se calculó mediante el ajuste de la siguiente información de caudales máximos instantáneos proporcionada por la ATDR-Ica (Cuadro N°20).

Las distribuciones estadísticas para eventos extremos probadas fueron: Gumbel, Lognormal, Lognormal tres parámetros, LogPearson tipo III.

Cuadro N°20 Caudales Máximos Instantáneos del río Ica - Estación La Achirana

AÑO	DESCARGA (m3/seg)	FECHA	AÑO	DESCARGA (m3/seg)	FECHA
1969	205	06-Mar	1984	250	11-Mar
1970	196.156	26-Ene	1985	273.312	24-Feb
1971	114.207	12-Mar	1986	425.146	23-Ene
1972	280	08-Mar	1987	178.302	08-Feb
1973	235.22	07-Mar	1988	190.268	03-Feb
1974	202.42	27-Ene	1989	176.522	21-Feb
1975	412.028	15-Mar	1990	375.146	16-Mar
1976	300	03-Feb	1991	276.366	25-Ene
1977	199.248	19-Feb	1992	41.258	26-Dic
1978	87.315	19-Feb	1993	103.959	31-Ene
1979	110.669	06-Mar	1994		
1980	195.477	25-Ene	1995		
1981	324.292	11-Mar	1996		
1982	263.959	11-Feb	1997	97.86	24-Dic
1983	415.22	18-Ene	1998	1050	29-Ene

El Cuadro N°21, muestra las descargas máximas estimadas para periodos de retorno de 1 año a 10000 años, así como el porcentaje de error estándar encontrado en los ajustes respectivos.

Cuadro N°21 Cálculo de los Caudales Máximos Instantáneos estimados

PERIODO DE RETORNO	GUMBEL		LOGNORMAL		LOGNORMAL		LOG PEARSON TIPO III			
	Q.MAX.INST. ESTIMADA (m3/s)	PORCENTAJE	Q.MAX.INST. ESTIMADA (m3/s)	PORCENTAJE	Q.MAX.INST. ESTIMADA (m3/s)	PORCENTAJE	MAXIMA VEROSIMITUD		MOMENTOS	
		ERROR ESTANDAR		ERROR ESTANDAR		ERROR ESTANDAR	ERROR ESTANDAR	Q.MAX.INST. ESTIMADA (m3/s)	ERROR ESTANDAR	Q.MAX.INST. ESTIMADA (m3/s)
1.005	14.3		45.1		36.8		44.1		40.4	
1.05	72.2		79		76.7		79.2		76.5	
1.25	139		128		131		130		129	
2	227		213		218		215		217	
5	345	9.96	354	12.8	352	11.9	352	12.3	356	12.2
10	424	10.4	461	14.9	450	14	452	14.3	455	13.8
20	499	10.8	574	16.9	549	16.6	556	17.3	555	16.6
50	596	11.3	735	19.4	686	20.3	699	22.5	690	21.6
100	669	11.5	866	21.2	795	23	812	26.9	794	25.9
200	742	11.7	1010	22.9	909	25.8	932	31.6	902	30.5
500	838	12	1210	25	1070	29.3	1100	38.1	1050	36.8
1000	910	12.2	1380	26.5	1200	31.9	1240	43.4	1170	41.9
2000	983	12.3	1560	27.9	1340	34.4	1380	48.5	1290	46.9
5000	1080	12.5	1800	29.7	1520	37.5	1570	55.2	1450	53.3
10000	1150	12.6	2000	31	1670	39.8	1720	60.4	1570	58.4

9. Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

- Se pone a consideración de la ATDR - Ica, un programa de cómputo que evalúa mediante niveles de confiabilidad el balance hídrico de la cuenca integral del río Ica, teniendo en cuenta el planeamiento hidráulico actual y previsto por el sistema Choclococha.
- Para conseguir niveles aceptables de confiabilidad en los escenarios futuros, la eficiencia de riego del valle de Ica debe ser elevada a por lo menos 40%.
- Con el objeto de afianzar el volumen almacenado en el reservorio Choclococha, se debe priorizar la ejecución del colector Ingahuasi.
- El sistema Choclococha permite la factibilidad de irrigar a corto plazo 27070.4 ha, a mediano plazo 30078.2 ha y a largo plazo 34590 ha.

9.2 Recomendaciones

- Implementar una red de estaciones meteorológicas e hidrométricas en el ámbito del sistema Choclococha y cuenca del río Ica, en convenio con el SENAMHI.
- Actualizar la información de la explotación del agua subterránea en el valle de Ica.
- Actualizar la información concerniente al cálculo de la demanda hídrica como eficiencia de riego, volúmenes de retorno en el valle.