

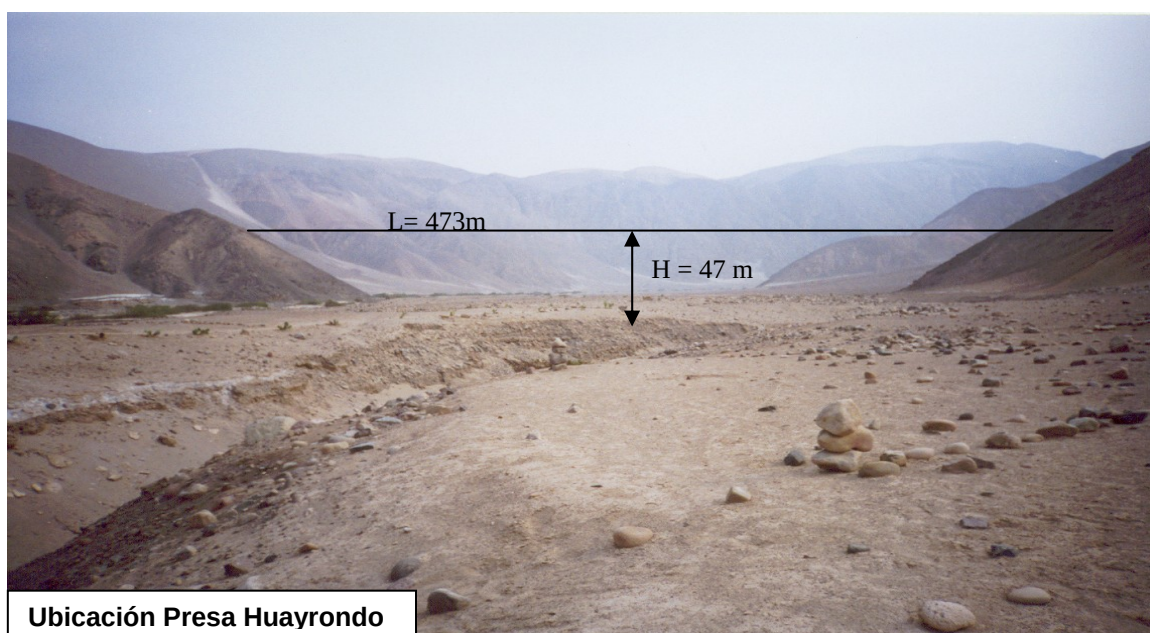
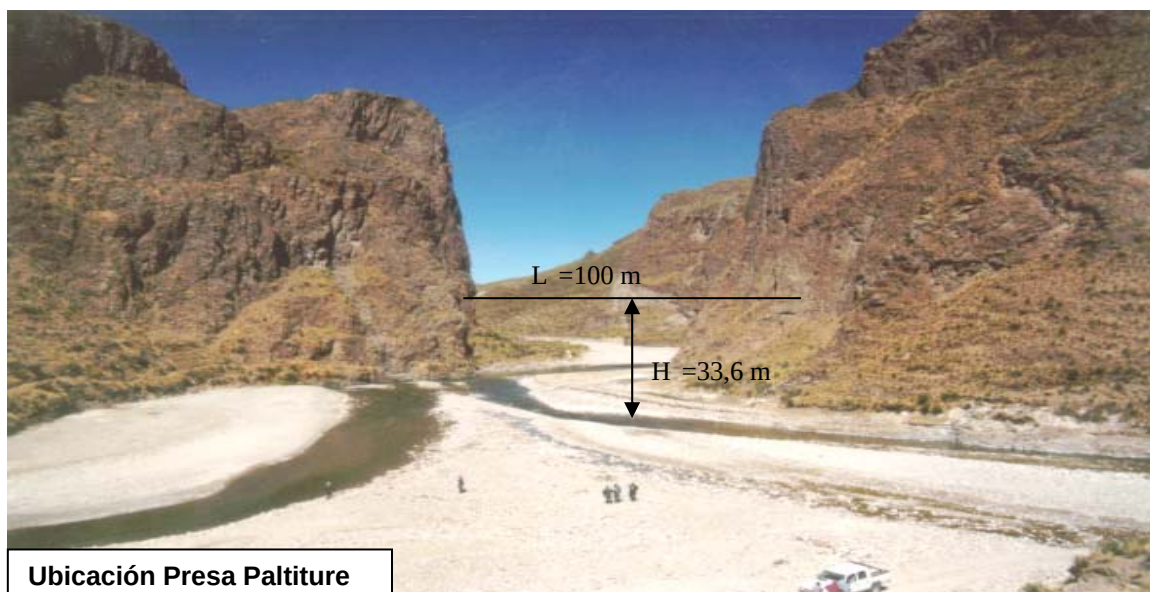


MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
INTENDENCIA DE RECURSOS HIDRICOS



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD AFIANZAMIENTO HIDRICO DEL VALLE DE TAMBO

TOMO II INFORME PRINCIPAL



Lima, Marzo del 2005

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
AFIANZAMIENTO HIDRICO DEL VALLE DE TAMBO

PERSONAL PARTICIPANTE EN LA FORMULACION DEL ESTUDIO

Personal Directivo

Sr. Leoncio Alvarez Vasquez	Jefe del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
Ing. Enrique Salazar Salazar	Intendente de Recursos Hídricos (IRH)
Ing. José H. Paredes Sanchez	Administrador Técnico del Distrito de Riego Tambo-Alto Tambo (hasta Abril 2005)
Ing. Lisandro Irigoín Gonzales	Administrador Técnico del Distrito de Riego Tambo-Alto Tambo (a partir de mayo 2005)
Ing. Luis Perez Sandoval	Coord. Planificación y Presupuesto de la IRH

Personal Ejecutor del Estudio

Ing. Abelardo A. De La Torre V.	Director del Estudio (Hasta Junio 2005)
Ing. Alvaro Ledesma R.	Diagnostico y Plan de mejoramiento de la Gestión del Riego y Drenaje
Ing. Eduardo Gonzales Otoya	Hidrología y Climatología
Ing. Fredy Flores	Estudios Agrológicos y Plan de desarrollo Agropecuario
Ing. Martín Gamara M.	Diseño de Presa y obras conexas
Ing. Luis Dilas Torres	Asistente diseño de presa y obras conexas
Ing. Rafael Hidalgo	Diseño Hidráulico Obras de derivación Huayrondo y Documentación Base para Licitación de Obras y Supervisión
Eco. Ricardo León Arrese	Evaluación Económica
Ing. José Del carmen Urteaga	Mecánica de suelos y Geotecnia
Ing. Gilberto Ramos	Geólogo
Ing. E. Zenteno	Geofísico
Ing. Claudio Manrique	Estudio de Mecánica de Suelos
Ing. Juan Arredondo	Diagnostico Agro-Económico
Ing. Raul Verdeguer	Estudio Ambiental
Soc. María Scamarone	Diagnostico Socioeconómico
Sr. Luis Condor Idrogo	Coordinador Administrativo del la IRH
Sra. Ana Ochoa	Dibujante
Srta. Susana Vega	Secretaria
Sr. Fredy Ticona	Topógrafo

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
AFIANZAMIENTO HIDRICO DEL VALLE DE TAMBO

TOMO II INFORME PRINCIPAL

INDICE

1.	ASPECTOS GENERALES	4
1.1	Nombre del Proyecto y Antecedentes	4
1.2	Ubicación y Vías de Acceso	6
1.3	Unidad responsable de la Formulación y Ejecución	8
1.4	Participación de las Entidades Responsables y de Beneficiarios	11
1.5	Marco de Referencia	11
1.6	Definición del Problema	12
1.7	Objetivos del Proyecto y Prioridad sectorial	12
1.8	Alternativas Analizadas	13
2.	SITUACION ACTUAL Y ESTUDIOS BASICOS	14
2.1	Climatología	14
2.1.1	Descripción Climatológica de la Cuenca Río Tambo	14
2.1.2	Clasificación Climatológica de acuerdo a Koppen	14
2.1.3	Zonas de Vida según L.R. Holdridge	15
2.1.4	Principales Parámetros Meteorológicos	17
2.2	Hidrología	18
2.2.1	Descripción Hidrológica General de la Cuenca del Río Tambo	18
2.2.2	Descargas Medias Anuales de las Principales Subcuencas	19
2.2.3	Caudales Medios mensuales con 75% de Probabilidad de Ocurrencia, disponible para los distintos usos en el valle Tambo	21
2.2.4	El Proyecto Pasto Grande y Cambios en el Régimen de Descargas del Río Tambo	23
2.2.5	La Demanda de agua para riego del Valle de Tambo	28
2.2.6	Uso de agua no Agrícola en el valle de Tambo	39
2.2.7	Balance Hídrico en el valle de Tambo	40
2.2.8	Descargas Máximas Instantáneas	43
2.2.9	Calidad de las Aguas	44
2.2.10	Acarreo de Sedimentos	50
2.3	Geología, Hidrogeología y Sismicidad	56
2.3.1	Geología de la Cuenca del río Tambo	56
2.3.2	Hidrogeología	81
2.3.3	Riesgo Sísmico	85
2.4	Agrología	103
2.4.1	Generalidades	103
2.4.2	Origen de los suelos	104
2.4.3	Unidades Taxonómicas de los suelos	105
2.4.4	Características Físico Químicas de los suelos	106
2.4.5	Clasificación de tierras por su Adaptabilidad para uso específico	107
2.4.6	Adaptabilidad de los cultivos a las distintas clases de suelos	107
2.4.7	Manejo de la Fertilidad	109
2.4.8	Los Problemas de Salinidad y Drenaje en el Valle de Tambo	110
2.4.9	Uso Actual de la Tierra en el Valle de Tambo	111

2.5	Diagnóstico Agro-económico	112
2.5.1	Introducción	112
2.5.2	Estratificación de la Propiedad	113
2.5.3	Capacidad de uso de los suelos	113
2.5.4	Características de la producción Agrícola Actual del Valle	114
2.5.5	Uso Actual de la Tierra	115
2.5.6	Variación Histórica del Patrón de Cultivos en el Valle de Tambo	115
2.5.7	Estacionalidad de Siembra y Cosecha	117
2.5.8	Principales Mercados para la Producción del Valle	118
2.5.9	Niveles Tecnológicos	118
2.5.10	Rendimientos y Valor de la producción Agrícola	119
2.5.11	Producción Pecuaria en el Valle de Tambo	122
2.5.12	Canales de Comercialización Agrícola	124
2.5.13	Comportamiento del PBI Agrícola del valle de Tambo	124
2.6	Diagnostico Socioeconómico	124
2.6.1	Introducción	124
2.6.2	Características Demográficas	125
2.6.3	Aspectos Económicos	127
2.6.4	La Actividad Agropecuaria en el Valle de Tambo	127
2.6.5	La Actividad Pesquera en el valle de Tambo	128
2.6.6	La Minería en el Valle de Tambo	128
2.6.7	Actividdes Económicas Secundarias	128
2.6.8	Sector Económico Terciario	129
2.6.9	Aspectos economico-Financieros	130
2.6.10	Aspectos Sociales	132
2.6.11	Percepción y expectativas de los Beneficiarios Frente al proyecto	134
2.6.12	Niveles y Condiciones Socioeconómicas	135
3.0	POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE IMPLEMENTAR LA SOLUCION DEL PROBLEMA	135
3.1	Planteamientos de Alternativas de solución	135
3.1.1	La Problemática y Medidas de Solución	135
3.1.2	Alternativas de Afianzamiento Hídrico Estudiadas	137
3.2	Análisis de Riesgos de las Alternativas propuestas	140
3.2.1	Riesgos en el caso de la Alternativa Paltiture	140
3.2.2	Riesgos en el caso de la Alternativa Huayrondo	142
3.3	Árbol causa-Efecto	142
3.4	Árbol Medios-Objetivos y Fines	145
3.5	Marco Lógico de la Fase I del Proyecto de Afianzamiento hídrico Del Valle de Tambo	147
4.0	ASPECTOS DE INGENIERIA DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION	149
4.1	Diseño de las obras correspondientes a la “Alternativa Paltiture”	149
4.1.1	Componentes y características principales del Proyecto de Presa y embalse Paltiture	149
4.1.2	Estabilidad geológica del sitio de presa	150
4.1.3	Características de Diseño de la Presa, aliviadero y Obras conexas	151
4.1.4	Cantidades de Obra Proyectada en Paltiture	153
4.1.5	Costo y Presupuesto de las obras Embalse Paltiture	154

4.2	Diseño de las Obras Correspondientes a la Alternativa Huayrondo	154
4.2.1	Principales componentes del Proyecto, Ubicación y Acceso	154
4.2.2	Aspectos hidrológicos	156
4.2.3	Aspectos Geológicos, Sismicidad. Geotecnia-Mecánica de suelos	158
4.2.4	Características de Diseño de la Presa, Aliviadero y Obras conexas	160
4.2.5	Sistema de Derivación y Canales de Derivación y Descarga	161
4.2.6	Canal de derivación	163
4.2.7	Dique de Encauzamiento y defensa	164
4.2.8	Desarenador-Aliviadero	165
4.2.9	Conductos Cubiertos (Tramos cortos de canal)	166
4.2.10	Alcantarillas	166
4.2.11	Entregas de Agua	167
4.2.12	Puentes Peatonales	167
4.2.13	Rápida de Entrega	168
4.2.14	Canal de Descarga	168
4.2.15	Presupuesto de las Obras de Toma, Canal de derivación y Obras de arte	169
4.2.16	Características de Diseño de la Presa Huayrondo, Aliviadero Y Obras conexas	169
4.2.17	Costos y Presupuesto de las Obras de Toma, canal de Derivación y la Presa de la Alternativa Huayrondo	177
5.0	Conclusiones respecto al estudio de Alternativas	178

ANEXOS

- 1 Climatología e Hidrología
- 2 Geología y Sismicidad
- 3 Mecánica de Suelos y Geotecnia
 - Informe resumen
 - Informe detallado (2 Volúmenes)
 - Prospección Geofísica en el sitio de Presa Huayrondo
- 4 Estudio Agrológico, Clasificación de Tierras según su adaptabilidad para uso Específico y Uso Actual
- 5 Diagnostico Agro-Económico
- 6 Diagnostico Socioeconómico
- 7 Estudio medioambiental
 - Diagnostico Ambiental
 - Estudio de Impacto Ambiental y Mediad de Mitigación
- 8 Memoria Técnica de Diseño de la Toma, Obras de encauzamiento,

Canal de derivación, canal de descarga y Obras de arte de la Alternativa Huayrondo.

9 Memoria técnica de Diseño de las Alternativas de Presa

10 Plan de Desarrollo Agropecuario

11 Mejoramiento del Uso de los recursos Agua y Suelo

- Diagnostico
- Propuesta
-

12 Evaluación Económica

PLANOS

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
AFIANZAMIENTO HIDRICO DEL VALLE DE TAMBO

TOMO II INFORME PRINCIPAL

1. Aspectos Generales

1.1 Nombre del Proyecto y Antecedentes

Nombre: “Afianzamiento Hídrico del valle de Tambo”

Antecedentes:

El valle de Tambo, al igual que toda la costa peruana, es una zona desértica, donde la agricultura no es posible sin riego. La oferta de agua para todos los tipos de usos en este valle proviene de la parte alta de la cuenca del río Tambo, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Pacífico.

El río Tambo es de régimen irregular, presentando descargas máximas durante los meses de enero a marzo, y las mínimas en los meses de octubre a diciembre. Los programas de siembra tradicionales en el valle se han adecuado a este régimen, demandando la máxima cantidad de agua, especialmente para el cultivo de arroz, en los meses que se producen las descargas máximas y el agua tiene menor concentración de sales, boro, arsénico y otros elementos tóxicos.

No obstante que se sigue respetando la programación tradicional de siembra, desde que entro en operación el embalse Pasto Grande, construido para mejorar la oferta de agua en los valles de Moquegua. Los problemas de cantidad y calidad de la oferta de agua en el valle de Tambo se han acentuado, especialmente en los meses de estiaje.

En efecto, por ser los valles de Moquegua extremadamente deficitarios en recursos hídricos, su pequeña superficie agrícola, no podía ser expandida. El gobierno Central, con el propósito de resolver esta limitación, procedió a ejecutar la primera etapa del Proyecto Especial Pasto Grande (PEPG) incluyendo: El embalse “Pasto Grande” proyectado para regular 185 MMC de agua proveniente de los escurrimientos superficiales de la subcuenca del río Vizcachas, perteneciente a la cuenca alta del río Tambo. Desde el embalse, mediante un canal de derivación las aguas son conducidas hacia la cuenca del río Moquegua.

Con este incremento de la oferta de agua, disponible desde 1989, se previó mejorar el riego en los valles de Moquegua e Ilo (3450 ha) y Torata (300 ha) y ampliar en 2688 ha la frontera agrícola en las pampas de Estuquiña, San Antonio y Jahuay-Rinconada. Al año 2004, no se han concluido todas las obras

de la primer etapa, razón por la cual solamente se ha logrado incrementar la frontera agrícola en Estuquiña (60 ha) y en San Antonio (200 ha), quedando pendiente la incorporación de 2428 ha.

Como consecuencia del almacenamiento de las aguas del río Vizcachas en el Reservorio Pasto Grande se ha generado un problema social entre los usuarios de agua de los valles de Moquegua y Tambo.

Los usuarios de agua para riego el valle de Tambo argumentan; que la puesta en operación del reservorio Pasto Grande-Primera etapa, utilizando mayoritariamente aguas de la cuenca del Tambo, han aminorado la cantidad y calidad el agua disponible para riego del valle de Tambo, especialmente en los meses de menor descarga (Octubre a Diciembre), impidiendo el normal inicio de la campaña agrícola. Reclamando por ello, que en dicho periodo, se les compense con agua proveniente del Reservorio Pasto Grande. Los usuarios de Moquegua se niegan a atender el pedido, argumentando que ello atentaría con el logro de las metas de expansión del riego en Moquegua.

En el Plan Director del Proyecto Pasto Grande, actualizado el año 1994, se contempló la necesidad de compensar la reducción de caudales en el río Tambo, mediante obras de regulación ubicadas en la cuenca del Tambo. En la práctica, después de 15 años de funcionamiento del embalse, como resultado de las evaluaciones preliminares realizadas respecto al uso del agua proveniente del PEPG, se ha concluido en lo siguiente: (i) En la Región de Moquegua no se esta irrigando toda la superficie prevista (Por no haberse desarrollado la infraestructura de riego necesaria en las áreas de expansión) y en las áreas tradicionalmente irrigadas, la eficiencia de riego ha disminuido agravando los problemas de drenaje y (ii) En la cuenca del río Tambo, la cantidad y calidad del agua que llega al valle agrícola ha disminuido, especialmente en los meses de octubre a diciembre, disminución que se ha venido compensando con derivaciones del reservorio Pasto Grande, especialmente en “años secos”

A la fecha (2004) un tercio del agua que ingresa al reservorio se utiliza para riego de las tierras de Moquegua, un segundo tercio se pierde por evaporación y el tercer tercio permanece almacenado sin uso alguno.

El Gobierno Central con el propósito de solucionar el problema de cantidad y calidad del agua del valle de Tambo, mediante Resolución Suprema N° 022/2003-AG, del 27 de Noviembre del 2003, constituyó una Comisión Técnica, integrada por 4 representantes de Arequipa, 4 representantes de Moquegua, 1 representante del INADE y 1 representante del INRENA.

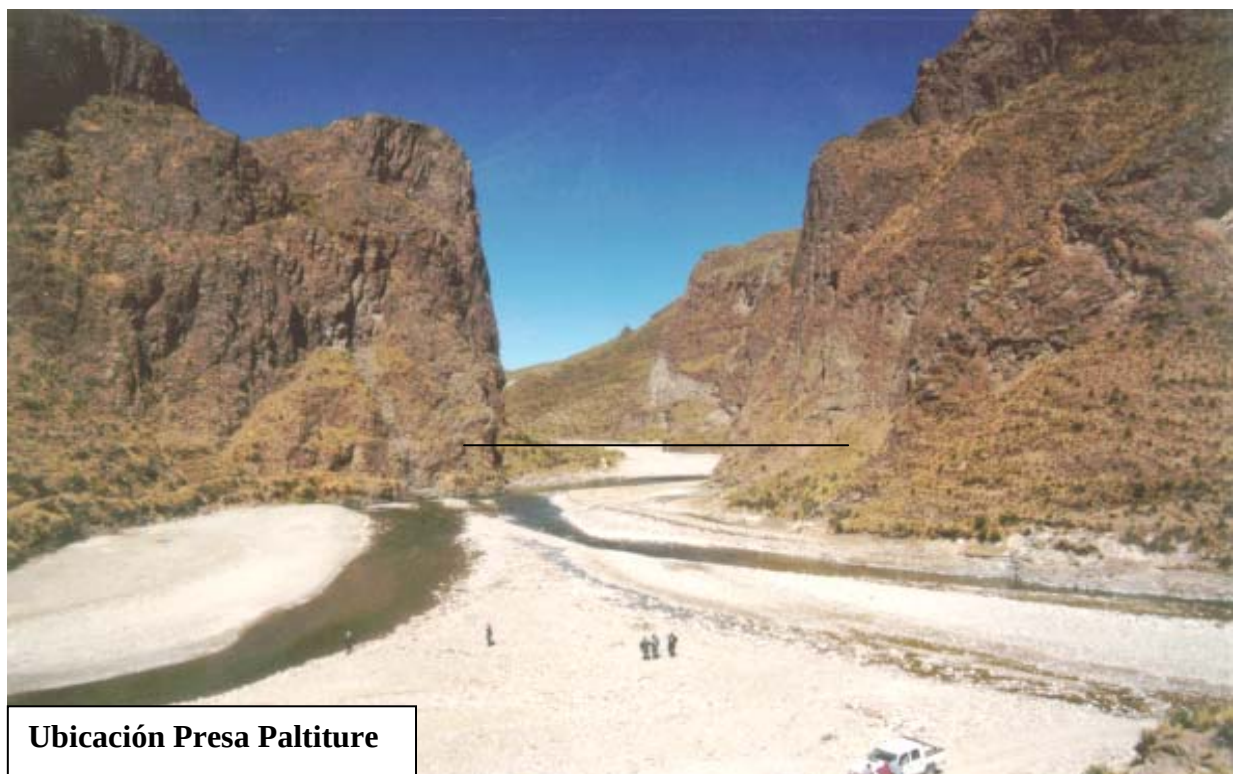
La Comisión Técnica ha desarrollando sus actividades desde su instalación, el 18 de Diciembre del 2003, con recursos propios, principalmente del INRENA y del INADE; contando además con el apoyo técnico de la Región Arequipa.

Al INRENA se le encargó la presidencia de la Comisión Técnica, a la cual se integró un grupo profesional de apoyo. Esta comisión estudió a nivel de perfil 6 alternativas de embalse de aguas superficiales para el valle de Tambo y la posibilidad de incrementar la explotación del agua subterránea en el Valle Moquegua y en el Valle de Tambo. Como resultado de este estudio preliminar se recomendó realizar los estudios de Factibilidad de dos alternativas de embalse, “Paltiture” y “Huayrondo, ambas ubicadas en la cuenca del río Tambo:

1.2 Ubicación y vías de acceso

(1) Para los fines de Planteamiento y análisis de las dos alternativas de embalses, el área de estudio incluye toda la cuenca del río Tambo. Esta cuenca está ubicada al Sur del País e incluye parte de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Puno. Al Norte limita con las cuencas de los ríos Chili, Vitor, Quilca y Coata; por el sur limita con las cuencas de los ríos Moquegua y Locumba; por el oeste con el Océano Pacífico y por el Este limita con las cuencas de los ríos Ilave e Illpa.

(2) La alternativa de embalse Paltiture prevé la construcción de una presa de tierra ubicada en río Paltiture, en el sitio de confluencia de los ríos Tincopalca y Tolapalca, a una altitud de 3 822 m.s.n.m., en la comunidad de Tolapalca, Distrito de Ichuña, provincia de General Sánchez Carrión, Departamento de Moquegua. Geográficamente la presa esta ubicada entre las coordenadas 70° 41' 30" de longitud oeste y 15° 56' 00" de latitud sur



(3). La alternativa de embalse Huayrondo prevé la construcción de una presa de tierra ubicada en la cabecera del valle, parte baja de La quebrada Huayrondo, 800 m aguas arriba de su desembocadura en la margen derecha del río Tambo, a una altitud de 273 m.s.n.m., próxima al pueblo El Toro. Geográficamente está localizado entre las coordenadas UTM GPS - SAT 56: 8'118,500 – 8'120,600 Norte y 229,000 – 223,000 Este. Políticamente, la zona pertenece al Distrito Cocrachacra, Provincia de Islay, del Departamento y Región de Arequipa



Ubicación Presa Huayrondo

(4) El área de estudio beneficiada con el mejoramiento de la oferta de agua, está ubicada entre los paralelos 16° 00 y 17° 15' de latitud sur y Meridianos 70° 30' y 72° 00' de longitud oeste, en la parte baja de la cuenca del río Tambo, en la Provincia de Islay, Distritos de Cocachacra, Dean Valdivia y Mejía y una superficie menor ubicada en la provincia de Sanchez Cerro en el Departamento de Moquegua.

El valle agrícola tiene por coordenadas:

- Sobre el eje Sur- Norte : 8'097,000 – 8'120, 000
- Sobre el eje Oeste-Este : 180,000 – 230,000

Al embalse y lugar de presa Paltiture se puede accede por tres vías:

- Carretera Arequipa-Juliaca 132 Km; desvio a Tolapalca 32 Km

- Carretera Moquegua-Torata-Humalso-Titire-Ichuña-Tolapalca (310 Km)
- Carretera Juliaca-Arequipa 122 Km; desvío a Tolapalca 24 Km

Al Embalse y lugar de Presa Huayrondo se accede por la carretera Panamericana Sur, altura del Km 1,051.2, en la margen izquierda del valle de Tambo, punto del cual se inicia el camino carrozable que conduce al poblado rural “La Pascana”, donde el camino se bifurca, tanto para acceder al emplazamiento de la presa como a la toma de captación y canal de conducción.

Al embalse propiamente se llega por el camino carrozable que cruza el río hacia la margen derecha hasta llegar al poblado “El Toro”, de allí se continúa hasta llegar al ingreso de la quebrada Huayrondo, donde se ubica el emplazamiento de la presa de tierra proyectada (11 Km de recorrido).

A la Toma Huayrondo, se llega por la ramificación del camino carrozable que parte de “La Pascana”, siguiendo por la margen izquierda del cauce del río, hasta las localidades de Quelgua Chica, luego a Quelgua Grande, ésta última frente al lugar denominado “Pan de Azúcar”, en la margen derecha del río, donde se ubica la Toma de captación. La longitud total del recorrido, desde la Panamericana, es 15 Km.

El valle de Tambo cuenta con Tres accesos principales:

- Por la Carretera Arequipa – Matarani – Mollendo (120 Km de recorrido total),
- Desde la ciudad de Moquegua, en dirección norte, recorriéndose aproximadamente 100 km y
- Desde Lima por la Carretera Panamericana Sur (Puente Fiscal), Km 1,049. Internamente cuenta con una vía asfaltada que interconecta el valle con los distintos sectores de riego del valles.

1.3 Unidad Responsable de la Formulación y ejecución

La unidad responsable de la formulación del proyecto es El Ministerio de Agricultura, a través del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA).

El presente estudio ha sido dirigido y Coordinado por La Intendencia de Recursos Hídricos, con el apoyo de La Administración Técnica del Distrito de Riego del Valle de Tambo.

LOCALIZACION GEOGRAFICA



1.4 Participación de las Entidades Responsables y de los Beneficiarios

El estudio ha sido realizado con la participación y consenso de opiniones entre las autoridades Regionales, la sociedad civil y beneficiarios, instalándose una Mesa de Diálogo, en la que participaron:

- Autoridades del Gobierno Central conformadas por el Ministerio de Agricultura, el INRENA y el INADE
- Autoridades de la Región de Arequipa, conformadas por el Gobierno Regional de Arequipa y La Región Agraria de Arequipa.
- Autoridades de la Región de Moquegua.
- Dirigentes Agrarios e Instituciones Representativas, conformada por la Juntas de Usuarios de Tambo,

Durante el desarrollo del estudio se realizaron reuniones de trabajo frecuentes, en las cuales participaron el Administrador Técnico del Distrito de Riego de Tambo-Alto Tambo, los especialistas encargados del estudio y los directivos y técnicos de las Juntas de Usuarios del Valle de Tambo. En estas reuniones de analizaron: Los alcances del estudio, programa de trabajo, las alternativas de solución al problema de déficit de la cantidad y calidad del recurso hídrico, criterios de selección de la alternativa óptima y propuestas integrales finales del estudio elaborado.

1.5 Marco de Referencia

El Proyecto Especial Pasto Grande, cuyas obras principales (Embalse y canal de derivación principal) fueron concluidas en 1989, compromete recursos hídricos de la cuenca del río Tambo para el mejoramiento del riego en los valles de Moquegua, Ilo y Torata así como el riego de nuevas tierras en las pampas de San Antonio y Jahuay del Departamento de Moquegua. Al no haberse construido todas las obras de riego, sólo una parte del agua regulada se está utilizando para el riego de la superficie agrícola tradicional en los valle de Moquegua, Ilo y Torata (3750 ha) y 260 ha de tierras nuevas. Una pequeña parte del saldo regulado ha venido suministrándose al valle de Tambo, con el propósito de compensar la reducción de cantidad y calidad del recurso que tradicionalmente utilizó Tambo para el riego de 9875 ha físicas.

Los recursos hídricos del Proyecto Pasto Grande que están pendientes de utilizar, están comprometidos para el desarrollo agrícola de 2 428 hectáreas de tierras nuevas en las pampas de San Antonio y Jahuay, pertenecientes al Departamento de Moquegua. Por esta razón los beneficiarios de este Departamento argumentan que, de continuarse utilizando parte de esta agua en otros valles como Tambo, disminuye la posibilidad de cumplir la meta de la primer etapa del Proyecto Pasto Grande.

En el caso del valle de Tambo, el Afianzamiento Hídrico que motiva el presente estudio de Factibilidad, tiene el propósito de compensar la reducción de cantidad y calidad de agua por la construcción del Proyecto Pasto Grande-Primera Etapa, restituyendo las condiciones de seguridad de riego y los ingresos de la actividad agrícola de las 9875 ha físicas del valle de Tambo,

prevalecientes hasta antes de entrar en funcionamiento el mencionado embalse.

1.6 Definición del Problema

El problema central se describe como: (i) El deterioro de la cantidad y calidad del agua disponible para las necesidades del valle de Tambo, especialmente en los meses de estiaje (Octubre a diciembre), debido a la derivación de parte de las aguas de la cuenca del río Tambo hacia el sistema hidráulico del proyecto Pasto grande-Primera etapa y (ii) La inconveniencia de seguir suministrando aguas del embalse Pasto grande para el riego del valle de Tambo, sacrificando parte de los objetivos y metas de desarrollo agrícola de los valles de Moquegua, previstos como primera etapa del Proyecto Pasto Grande.

Según se desprende del análisis de la problemática, al haberse hecho, por más de 10 años, otorgamientos de agua del sistema Pasto Grande, para el mejoramiento de la cantidad y calidad de las aguas de riego del valle de Tambo, especialmente en los meses de estiaje, se han reconocido a los agricultores del valle de Tambo, derechos de uso, que ya no pueden ser desconocidos.

En consecuencia, un medio de primer nivel para superar la problemática descrita, es construir un reservorio de almacenamiento y regulación específico para afianzar la oferta de agua (en cantidad y calidad) para el riego del valle de Tambo y liberar los recursos hídricos del Proyecto Pasto Grande para que éste pueda completar los objetivos y metas previstas como Primera Etapa de desarrollo.

1.7 Objetivos del Proyecto y Prioridad Sectorial

El objetivo del presente Proyecto es (i) Afianzar el mejoramiento de la oferta de agua para el riego del valle de Tambo, en base a obras de almacenamiento y regulación parcial de las aguas del río Tambo, compensando así la disminución del caudal y la calidad del agua en los meses de estiaje, causados por la derivación parcial de las aguas de la cuenca del río Tambo hacia el reservorio Pasto Grande-Primera etapa y (ii) Liberar los recursos hídricos del Proyecto Pasto Grande para uso exclusivo en los valles de Moquegua, posibilitando así la consecución de los objetivos y metas de desarrollo agrícola previstos como primera etapa de éste Proyecto.

El presente Proyecto de Inversión Pública, se enmarca dentro de la política nacional y regional de lucha contra la extrema pobreza: Promoviendo actividades productivas, económica y socialmente rentables; Incentivando la inversión privada y Dinamizando el crecimiento y desarrollo socioeconómico sostenido y pacífico del valle de Tambo, en el Departamento de Arequipa y los valles de Moquegua, Ilo y Torata en el Departamento de Moquegua.

El Gobierno Central, en coordinación con las autoridades regionales beneficiarias, ha acordado priorizar la ejecución de los estudios de preinversión

y la ejecución de las obras del Proyecto de Afianzamiento Hídrico del Valle de Tambo, dada la importancia de carácter político y social del mismo para la región.

1.8 Alternativas Analizadas

A nivel de perfil, se estudiaron seis (6) alternativas de regulación, con miras a solucionar el problema de déficit en la oferta de agua: Cinco (5) ubicadas en la cuenca del Tambo y Una (1) en la cuenca del Ilave, Estas fueron:

Alternativa I: Sistema Lagunillas:Trasvase del sistema Lagunillas-Cuenca Ilave

Alternativa II: Sistema Paltiture : Presa de Tierra en Paltiture-Cuenca Tambo

Alternativa III: Sistema Titire : Presa de tierra en Río Titire-Cuenca Tambo

Alternativa IV: Sistema Ichuña : Presa de Tierra en Río Ichuña-Cuenca Tambo

Alternativa V: Sistema Bajo Tambo (Piedra Negra): Presa Concreto en R.Tambo

Alternativa VI: Sistema Hídrico Huayrondo: Presa de Tierra en Q. Huayrondo.

Las seis alternativas, fueron analizadas y evaluadas Técnica y Económicamente a nivel de Perfil, de conformidad con los lineamientos del Sistema de Inversión Pública. Como resultado de este estudio preliminar se seleccionaron las dos mejores, siendo éstas las Alternativas denominadas Paltiture y Huayrondo.

Como parte del presente estudio de factibilidad, se han profundizado los estudios de las alternativas seleccionadas, especialmente los estudios para diseño de la presa, estructura de toma, canal de aducción y derivación de la alternativa Huayrondo, sobre la cual no existían estudios previos. Sobre la alternativa Paltiture si existen estudios recientes, presentados como proyecto definitivo del Embalse Tolapalca.

En el presente estudio de factibilidad se asume que toda el agua del sistema Pasto Grande-Primera etapa, será utilizado exclusivamente en los valles de Moquegua. Respecto a la demanda de agua del valle de Tambo, no se ha considerado cambios en las eficiencias de riego actual (38%) ni cambios en la cedula de cultivo consolidada en los últimos 3 años.

Por la irregularidad de las descargas del río Tambo y la falta de obras de regulación (Embalses), el Valle de Tambo siempre ha sido deficitario en agua para riego en los meses de Octubre a Diciembre, en especial en los años secos. Por consiguiente, en estos años (Con menor descarga que el año con 75% de probabilidad de ocurrencia), aun con la construcción de un reservorio como el propuesto siempre habrá un déficit hídrico por resolver.

De acuerdo a la evaluación de la infraestructura de riego y drenaje existente y al Diagnostico de la gestión del riego en el valle de Tambo (capítulo 2.8 y Anexo 11 “Plan de Mejoramiento del Uso de las Aguas en el Valle de Tambo”), es factible superar este déficit crónico, mediante (i) la ejecución de mejoras básicas en la infraestructura de riego y drenaje, (ii) la capacitación de las organizaciones de usuarios en la gestión del riego y (iii) cambios en el patrón de cultivo de algunas áreas con restricciones (especialmente mal drenaje y salinidad).

2. Situación Actual y Estudios Básicos

2.1 Climatología

2.1.1 Descripción Climatológica de la Cuenca Río Tambo

La cuenca del río Tambo, pertenece a la cuenca hidrográfica del Pacífico sur, se caracteriza por presentar condiciones térmicas variables, cálidas en los sectores más bajos y frío en las planicies andinas, donde se observan algunos picos con nieve permanente.

La distribución asimétrica de la precipitación sobre los flancos oriental y occidental de los Andes Centrales y sobre el altiplano, encuentran su explicación en la posición de las masas de aire que forman anticiclones tanto en el Pacífico como en el Atlántico. En la costa el aire calmo del borde oriental del anticiclón del Pacífico Sur y la corriente de Humboldt, que contiene humedad en una inversión fría a nivel del mar, actúan juntos impidiendo la generación de tormentas y determinan la condición desértica de la región costera.

Por lo antes señalado, el valle de Tambo, al igual que toda la costa peruana, es una zona desértica, donde la agricultura no es posible sin riego. La oferta de agua para todos los tipos de usos en este valle proviene de la parte alta del río Tambo.

2.1.2 Clasificación Climática de acuerdo a Koppen

Dentro de la cuenca del río Tambo, de acuerdo a los criterios de W. Koppen, et al, se distinguen 3 tipos de clima: (i) Clima semicálido muy seco (Desértico o Árido subtropical), (ii) Clima templado sub-húmedo (Estepa y valles interandinos bajos) y (iii) Clima frío o Boreal (Valles mesoandinos).

(i) Zona de clima semi cálido seco (desértico o árido subtropical)

Este tipo de clima corresponde a toda la zona comprendida entre el litoral del Pacífico y los 2000 m.s.n.m. se distingue por tener un clima con precipitación promedio anual de 150 mm y temperaturas medias decrecientes con la altura, cuyo promedio anual es de 18 a 19 grados centígrados.

Las características climáticas de esta zona favorecen una cedula de cultivo muy diversificada.

(ii) Zona de Clima Templado Sub-húmedo (Estepa y valles interandinos bajos)

Este tipo de clima, también conocido como “Clima de montaña baja”, es propio de la región de la sierra, principalmente de los valles interandinos bajos e intermedios, situados entre los 1000 y 3000 m.s.n.m.

En esta zona las temperaturas sobrepasan los 20°C y la precipitación promedio anual es menor a los 200 mm, aunque en las partes más elevadas, húmedas y orientales puede alcanzar y ocasionalmente sobrepasar los 300 mm.

Dada las condiciones de pluviosidad, para asegurar una producción rentable, la agricultura requiere de riego suplementario permanente. Las condiciones térmicas favorecen: en las partes más bajas, el desarrollo de cultivos tropicales (cítricos, caña de azúcar y algodón) y en las partes más altas (frutales de hueso, cereales y tuberosas).

(iii) Zona de clima frío o boreal (Valles Mesoandinos)

Este tipo de clima se da entre los 3000 y 4000 m.s.n.m. Se caracteriza tener una precipitación anual promedio de 300 mm y temperatura anual promedio de 12°C.

El sector andino caracterizado por este tipo de clima, constituye el centro tradicional de la agricultura serrana de secano. Los cultivos más representativos de esta zona son: cereales de grano chico (trigo, avena, cebada y centeno), las tuberosas y leguminosas comestibles como el haba. En las tierras más elevadas predominan los pastos naturales.

2.1.3 Zonas de Vida Según L.R. Holdridge

En la cuenca del río Tambo, de acuerdo a los criterios de clasificación de zonas de vida del Dr. L. R. Holdridge, se han determinado 7 zonas de vida agrupadas en cuatro unidades bioclimáticas, distribuidas en los pisos altitudinales: templado, cálido, montano, subalpino y nival.

(i) Desierto desecado-Subtropical (dd-S)

Esta zona corresponde a la franja comprendida entre el nivel del mar y los 1800 m.s.n.m., la precipitación media anual es nula, la biotemperatura media anual varía entre 17°C y 12°C, el relieve varía de plano a abrupto, los suelos son propios de desiertos (Gipsicos, xerosoles solonchaks), la vegetación es escasa: Algunos arbustos xerófitos y en el área correspondiente al valle de Tambo se halla una amplia variedad de cultivos.

(ii) Desierto perárido- Montano Bajo Subtropical (dp.MBS)

Esta zona esta comprendida entre los 1 800 y 2 200 m.s.n.m., la precipitación media anual es nula, la biotemperatura media anual varía entre 17°C y 12°C, tiene un relieve topográfico accidentado, pendientes de hasta 70%, suelos superficiales (litosoles y xerosoles), la vegetación es escasa: cactáceas, hierbas y arbustos.

(iii) Matorral desertico-Montano Bajo Subtropical (md-MBS)

Esta zona esta comprendida entre los 2 200 y 3 100 m.s.n.m., la precipitación media anual es de 117 mm, la biotemperatura media anual varía entre 17°C y 12°C, tiene un relieve topográfico que varía entre quebrado y abrupto, suelos superficiales (litosoles y regosoles), la vegetación es escasa: xerófitas achupalla, papa y en las proximidades a los cursos de agua: sauce aliso, chilca, pájaro bobo, mallas, etc.

(iv) Matorral desértico- Montano Subtropical (md-MS)

Esta zona esta comprendida entre los 3 100 y 3 900 m.s.n.m., la precipitación media anual cercana a los 400 mm, la biotemperatura media anual varía entre 12°C y 6°C, tiene un relieve topográfico empinado, los suelos son profundos, de textura media, calcárea (Andosoles, vítricos, litosoles), la vegetación es escasa: festuca, tala, toya, cactus (Caracashua o anjojishja).

(v) Páramo húmedo-Supalpino Subtropical (ph-SaS)

Esta zona esta comprendida entre los 3 900 y 4 500 m.s.n.m., la precipitación media anual varía entre los 400 y 500 mm, la biotemperatura media anual varía entre 6°C y 3°C, tiene un relieve topográfico de laderas inclinadas, los suelos son medianamente profundos, variando de litosoles a gleysoles y orgánicos. La vegetación es escasa: ichu, pajonales (Festuca), quinal gynoxys, cactus, yareta, etc.

(vi) Tundra muy húmeda-Alpino Subtropical (tmh-AS)

Esta zona esta comprendida entre los 4 500 y 5 000 m.s.n.m., la precipitación media anual es superior a 500 mm, la biotemperatura media anual varía entre 3°C y 1,5°C, tiene un relieve topográfico variando de accidentado a colinado, los suelos son tipo andosoles y litosoles, textura media. La vegetación es escasa: ichu negro, tola escasa, condorripa y huamanripa.

(vii) Nival-Subtropical (N-S)

Esta zona está ubicada sobre los 5 000 m.s.n.m., la precipitación media anual es superior a 600 mm, la biotemperatura media anual varía entre 1,5°C y 0°C, tiene un relieve topográfico abrupto, los suelos son líticos y peñascos. La vegetación está limitada a algas y minúsculos líquenes y crustáceos sobre nieve.

2.1.4 Principales Parámetros Meteorológicos

a) Estaciones Meteorológicas y Registros de Variables Climáticas

En la cuenca del río Tambo existen 10 estaciones meteorológicas, 6 de ellas pluviométricas (PLU) y 4 completas (CO).

Cuadro 1 Estaciones Meteorológicas en la Cuenca del Río Tambo

Nombre de Estación	Categ	Coordenadas (m)		Elev. msnm	Estado actual	Registro	
		Este	Norte			Período	Responsable
Carumas	CO	319750	8140600	3052	Funcionando	1965-2001	SENAMHI
Pasto Grande	CO	369402	8150626	4550	Funcionando	1965-2001	SENAMHI
Humalso	PLU	334500	8137350	4400	Funcionando	1965-2001	SENAMHI
Tocco	CO	380125	8139994	4540	Funcionando	1986-2001	SPL
Pampa Blanca	CO	232117	8111320	114	Desactivada	1975-1989	SENAMHI
Quinistaquillas	PLU	299224	8147127	1756	Desactivada	1975-1085	SENAMHI
Calacoa	PLU	318759	8149148	3575	Desactivada	1964-1984	SENAMHI
Pachas	PLU	370118	8179031	3328	Desactivada	1964-1984	SENAMHI
Ichuña	PLU	336029	8215685	3756	Desactivada	1966-1984	SENAMHI
Omate	PLU	290264	8154420	2185	Desactivada	1976-1986	SENAMHI

b) Valores climatológicas representativas del valle de Tambo

Por su ubicación respecto al nivel medio del mar, la estación Meteorológica representativa de las condiciones climáticas del valle de Tambo, es la estación Pampa Blanca. Esta está ubicada en el departamentote Arequipa, provincia de Islay, Distrito de Cocachacra. Las variables climáticas en ella registrada son los siguientes: Temperatura y Humedad Relativa (1975-1989), Horas de sol (1984-1989) y Velocidad de vientos (1986-1989). Los valores medios mensuales de todo el periodo de registro y La evapotranspiración Potencial (ETP) calculada en base a la fórmula de Penman - Monteith, con el programa CropWat 4.0 para Windows, se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2 Valores medios mensuales de las principales variables climatológicas en el valle de Tambo (Registros de la Estación Pampa Blanca)

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Temp media °C	23,5	24,0	23,3	21,2	19,1	17,3	16,4	16,5	16,8	18,5	20,4	22,3	19,9
Humedad Relat %	75	75	78	79	80	81	81	80	81	78	75	74	78
Velocidad m/s	3,80	3,80	3,70	3,33	3,58	3,65	3,38	3,83	3,70	3,60	2,80	2,83	3,50
Velocidad Km/día	328	328	320	287	309	315	292	330	320	311	242	245	302
Horas de sol	7,0	7,9	7,1	6,9	5,2	4,6	4,6	4,5	4,0	5,3	5,7	6,6	5,8
Evaporación mm/día	3,10	3,40	3,03	2,57	2,19	1,86	1,95	1,92	1,86	2,41	2,87	3,28	2,54
ETP mm/día	4,7	4,8	4,2	3,4	2,6	2,2	2,2	2,5	2,7	3,4	3,9	4,3	3,4

2.2 Hidrología

2.2.1 Descripción Hidrológica General de la Cuenca del río Tambo

La cuenca del Tambo, comprende a las provincias de Sánchez Cerro y Mariscal Nieto en el departamento de Moquegua; provincias de Arequipa e Islay en el departamento de Arequipa y provincias de Puno y San Román en el departamento de Puno; tiene un área total de 13,361 km², de las cuales 8 149 km² corresponden a la cuenca húmeda, ubicada por encima de los 2 500 m.s.n.m.,

La cuenca del río Tambo limita por el norte con las cuencas de los ríos Chili, Vitor, Quilca y Coata; por el sur limita con las cuencas de los ríos Moquegua y Locumba; por el oeste con el Océano Pacífico y por el Este limita con las cuencas de los ríos Ilave e Illpa.

La red hidrográfica de la cuenca del río Tambo, tiene como cauce principal al río Tambo, el cual se forma, sobre los 3 600 m.s.n.m., por la confluencia de los ríos: Carumas, Coralaque, Ichuña y Paltiture y se desplaza de noreste a suroeste.

Los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río Tambo se generan en la cuenca alta, donde la precipitación es más alta, decreciendo con la altura de la siguiente manera:

Estación Climatológica	Elevación m.s.n.m.	precipitación media anual (mm)
Omate	2 185	75,48
Coalaque	2 283	73,60
Carumas	2 985	391,99
Puquina	3 084	254,38
Pachas	3 328	290,44
Ubinas	3 370	307,74
Calacoa	3 575	454,10
Coralaque	3 600	395,00
Ichuña	3 756	521,11
Ayaviri	3 906	614,01

El río Tambo es de régimen irregular y torrencioso, presentando descargas máximas durante los meses de enero a marzo, y las mínimas en los meses de octubre a diciembre. De acuerdo a la serie histórica de caudales medios mensuales del río tambo, medidos en la estación La Pascana, período 1956-

1999, el volumen total anual generado es de 1,077 MMC equivalente a una descarga promedio anual de 31.457 m³/s.

Cuadro 3 Relación de estaciones Hidrométricas localizadas en la cuenca del Tambo

Estación	Categoría	Río	Coordenadas °C		Altitud m.s.n.m.	Estado	Periodo	Registro
			Este	Norte				
Tocco	LM	Tocco	380250	8139994	4540	Activa	1974-01	SPL
Chilota	LM	Chilota	350100	8159600	4290	Inactiva	1956-99	SENAMHI
Huachunta	LM	Chincune	355450	8158815	4310	Inactiva	1956-86	SENAMHI
Carumas	LM	Carumas	319300	8140250	3052	Inactiva	1956-86	SENAMHI
La Pascana	LM	Tambo	219050	8119650	205	Activa	1956-99	SENAMHI
Pasto Grande	LM	Vizcachas	369402	8150626	4550	Activa	1956-99	SENAMHI
Chincune	LM	Vizcachas	348855	8165982	4300	Activa	1956-99	SENAMHI
Vrt. Humalso	LM	Carumas	334841	8138213	4400	Activa	1956-99	SENAMHI

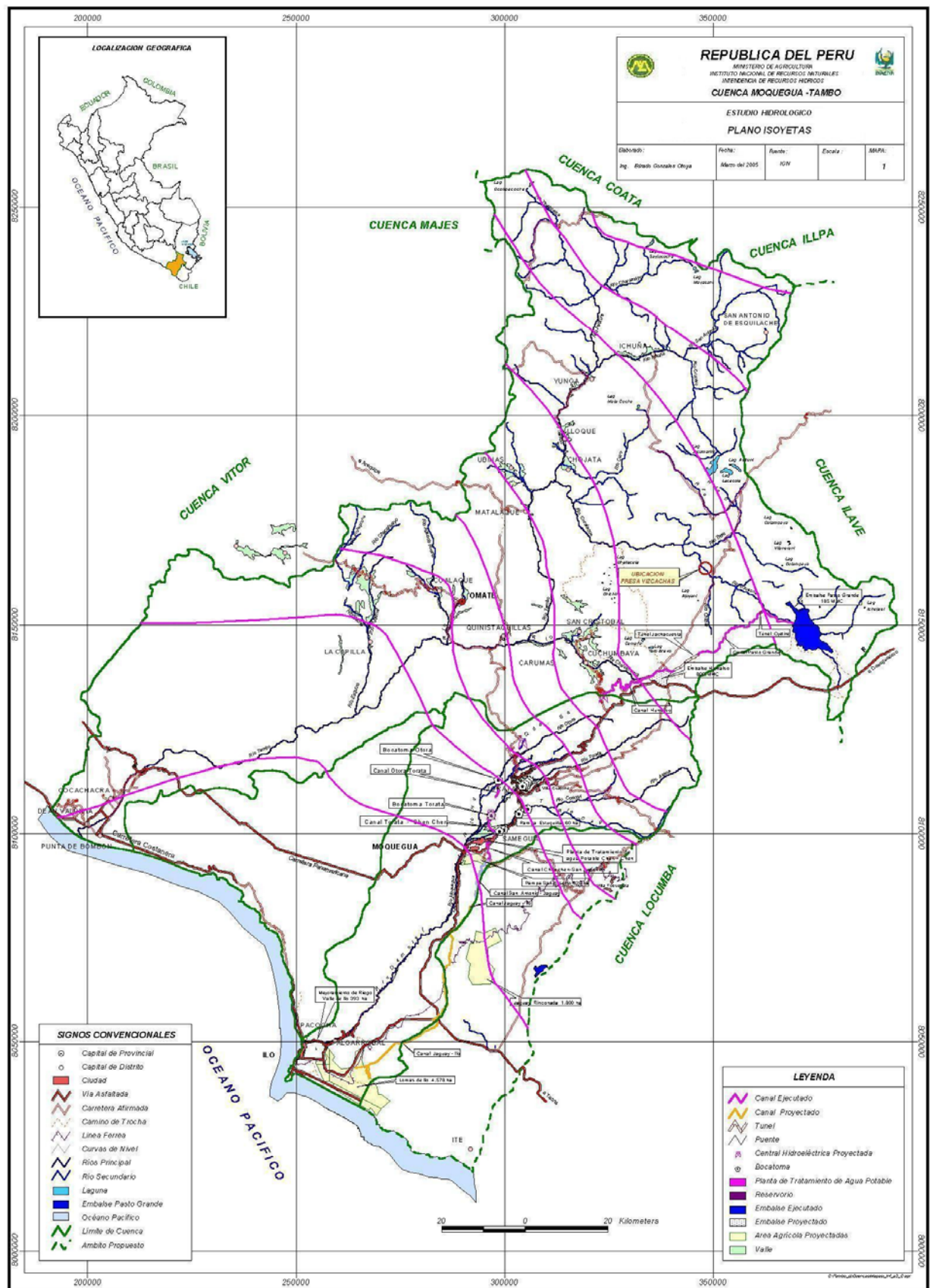
Para el cálculo del volumen de agua disponible, para los distintos usos en la cuenca de Tambo, se han utilizado los registros pluviométricos mensuales (valores medios mensuales) en las siguientes estaciones: Pampa Blanca, Omate, Quinistaquilla, Carumas, Calacoa, Pachas, Pasto Grande, Tocco, Ichuña y Húmalos.

2.2.2 Descargas Medias Anuales de las Principales Subcuencas

Ante la insuficiencia de registros de caudales que corresponda a toda la superficie de cada una de las subcuencas de interés para el proyecto, las descargas medias de éstas han sido determinadas en función de la información hidrométrica de la cuenca La Pascana, procediéndose de la siguiente manera:

Con la información de la red pluviométrica, se confeccionaron planos de Isoyetas de la cuenca Tambo, luego en función del área de cada subcuenca y la respectiva lámina de lluvia (según planos de Isoyetas), se calcularon los volúmenes de precipitación en cada una de las cuencas de interés.

Los caudales medios aportados por cada una de estas subcuencas fueron establecidos en proporción a los caudales medios aforados en la estación La Pascana. El factor de proporcionalidad fue calculados dividiendo los volúmenes de precipitación de cada una de las subcuencas entre el volumen de precipitación total en la cuenca, (Estación La Pascana), ver cuadro 4



Cuadro 4 Precipitación y Factor por subcuenca, en la cuenca del Tambo

	SubCuenca	Area de la cuenca(km ²)	Precipitación media		Factor de Proporcionalidad
			Lamina (mm)	Volumen (MMC)	
1	Paltiture	1124.54	550	616.23	0.16
2	Ichuña	1382.48	540	745.09	0.20
3	Titire	239.84	460	111.32	0.03
4	Piedras Negras	9930.76	380	3753.22	0.99
5	Boc. Huayrondo	10000.90	375	3753.91	0.99
6	Huayrondo	1190.15	40	50.25	0.01
7	La Pascana	11317.76	336	3805.43	1.00
8	Lagunillas	653.91	600	392.35	0,10

Cuadro 5

Descargas Medias Anuales generadas por subcuenca y sitios de interés del estudio en la cuenca del río Tambo

	SubCuenca	Area de Subcuenca (km ²)	Precipitación Media (mm)	Caudal medio (m ³ /s)	Volumen descargado (MMC)
1	Presa Paltiture	1124.54	550	5.09	174.40
2	Ichuña	1382.48	540	6.16	210.87
3	Titire	239.84	460	0.92	31.51
4	Piedras Negras	9930.76	380	31.03	1062.22
5	Boc. Huayrondo	10 000.90	375	31.03	1062.42
6	Q. Huayrondo	1190.15	40	0.42	14.22
7	La Pascana	11317.76	336	31.46	1077.00

2.2.3 Caudales medios mensuales con 75% de probabilidad de ocurrencia disponible para los distintos usos del Valle de Tambo

Para fines de balance hídrico se ha calculado los caudales y volúmenes medios mensuales con 75% de Probabilidad de ocurrencia en los puntos de interés del proyecto de Afianzamiento Hídrico del valle de Tambo. En el cuadro 6 se presenta los valores de descarga correspondientes:

- Los caudales en el punto de derivación Huayrondo constituye la oferta total de agua proveniente del río Tambo, para todos los usos del valle de Tambo. En época de avenidas parte de esta agua (hasta un máximo de 15MMC anuales), sería almacenada en alguno de los reservorios estudiados y posteriormente, en época de estiaje esta misma agua sería retornada al río Tambo para satisfacer el déficit que se tenga.
- Los caudales en Paltiture, constituye la oferta total de agua para llenar el reservorio propuesto en dicho lugar en época de avenidas, la misma que será retornada al río en época de estiaje. En este caso los volúmenes

utilizados para llenar el reservorio Paltiture será descontado de la oferta calculada en el sitio identificado como Bocatoma Huayrondo.

- Los caudales en Quebrada Huayrondo serían retenidos en el embalse Huayrondo si esta fuera la alternativa elegida y constituye un caudal neto adicional disponible.
- Los Caudales de los afluentes de la Presa Pasto Grande ha sido utilizado como aportes en el balance hídrico de dicho reservorio (Cuadro 6).

Cuadro 6
Descargas medias mensuales con 75% de probabilidad de excedencia en los puntos de interés del estudio

Mes		Estac.La Pascana	Bocatoma Huayrondo	Quebrada Huayrondo	Presa Paltiture	Afluentes Presa Pasto Grande
Enero	Caudal (m ³ /s)	64,68	64,03	0,65	10,35	11,647
	Volumen(MMC)	173,24	171,50	1,74	27,72	31,20
Febrero	Caudal (m ³ /s)	81,32	80,51	0,81	13,01	9,382
	Volumen(MMC)	196,73	194,77	1,96	31,47	22,7
Marzo	Caudal (m ³ /s)	26,42	26,16	0,26	4,23	5,208
	Volumen(MMC)	70,76	70,07	0,70	11,33	13,95
Abril	Caudal (m ³ /s)	10,61	10,50	0,11	1,70	1,127
	Volumen(MMC)	27,50	27,22	0,29	4,41	2,92
Mayo	Caudal (m ³ /s)	10,61	10,50	0,11	1,70	1,871
	Volumen(MMC)	28,42	28,12	0,29	4,55	5,01
Junio	Caudal (m ³ /s)	10,11	10,01	0,10	1,62	1,046
	Volumen(MMC)	26,21	25,95	0,26	4,20	2,71
Julio	Caudal (m ³ /s)	9,34	9,24	0,09	1,49	0,436
	Volumen(MMC)	25,02	24,75	0,24	3,99	1,17
Agosto	Caudal (m ³ /s)	8,65	8,57	0,09	1,38	1,033
	Volumen(MMC)	23,17	22,95	0,24	3,70	2,77
Septiembre	Caudal (m ³ /s)	6,16	6,10	0,06	0,99	0,654
	Volumen(MMC)	15,97	15,81	0,16	2,57	1,70
Octubre	Caudal (m ³ /s)	5,32	5,26	0,05	0,85	0,809
	Volumen(MMC)	14,25	14,09	0,13	2,28	2,17
Noviembre	Caudal (m ³ /s)	7,06	6,99	0,07	1,13	1,142
	Volumen(MMC)	18,30	18,12	0,18	2,93	2,96
Diciembre	Caudal (m ³ /s)	6,46	6,40	0,06	1,03	1,782
	Volumen(MMC)	17,30	17,14	0,16	2,76	4,77
Anual	Caudal (m ³ /s)	20,56	20,36	0,21	3,29	3,011
	Volumen(MMC)	636,87	629,90	6,35	101,81	94,03

Como resultado del análisis de las descargas del río Tambo, medidas en la estación Chucarapi-La Pascana, correspondiente al período 1942-1991, se estableció lo siguiente:

- La descarga media mensual varían 8.86 m³/s en el mes de octubre (el más bajo) a 112.18 m³/s en febrero (el más alto), equivalente a una masa anual de 23.7 MMC y 271.4 MMC respectivamente.
- El 72 % de los aportes anuales, equivalentes a 783.6 MMC, ocurren en los primeros 4 meses del año.
- La descarga media anual al 75 % de persistencia es de 24.76 m³/s, que equivale a 780.9 MMC anuales, y la descarga al 95 % de persistencia es de 12.01 m³/s, que equivale a 378.8 MMC anuales.
- Los años más secos fueron 1990, 1991 y 1983, siendo este último el más seco de los tres, coincidiendo con la presencia del “Fenómeno El Niño”, durante el cual el aporte anual total fue de 255.4 MMC.
- Los años más húmedos fueron 1972, 1975 y 1955, siendo este último el más húmedo, con un aporte anual total de 2,382.5 MMC.

2.2.4 El Proyecto Pasto Grande y cambios en el régimen de descargas del río Tambo

a) Recursos Hídricos Disponibles

La disponibilidad de recursos hídricos para el Proyecto Pasto Grande en su primera etapa, son los recursos regulados en el reservorio Pasto Grande (185 MMC) más los recursos propios de la cuenca del río Moquegua, estos últimos, conformado por los aportes de los ríos Huaracane (promedio anual 0.255 m³/s), Torata (promedio anual 0.838 m³/s) y Tumilaca (promedio anual 1.122 m³/s), la información disponible corresponde al período de 1956 al 1999.

Los recursos regulados en el reservorio Pasto Grande, corresponden a la cuenca del río Vizcachas, uno de los más importantes afluentes del río Tambo, localizado en la cuenca alta, el cual tiene agua de muy buena calidad.

La información que se dispone corresponde al período de 1989, inicio de la operación del reservorio Pasto Grande, hasta 1999. En este período se derivaron del embalse hacia Moquegua, un promedio de 75 MMC anuales.

La derivación de estos recursos hídricos hacia la cuenca de Moquegua, generan en la cuenca baja del río Tambo - valle Tambo, una merma en la cantidad y calidad de los recursos hídricos que normalmente disponían, incidiendo más significativamente en el período de estiaje.

Para la segunda etapa del Proyecto Pasto Grande, se proyecta la derivación de recursos hídricos adicionales de la cuenca del Tambo, pertenecientes a los ríos Chilota y Chincune, lo cual generará una disminución adicional en la cantidad y calidad del agua disponible en la cuenca baja – Valle de Tambo.

b) Análisis de los efectos de la 1ra Etapa de Pasto Grande

Naturalización de las Descargas del Río Tambo

Se ha realizado un primer análisis, consistente en la naturalización de las descargas anuales del río Tambo, en base a los registros en la estación de aforos La Pascana, los resultados se presentan gráficamente en la figura N° 1. Para ello se ha integrado los volúmenes ingresados al reservorio Pasto Grande con la serie registrada para el Tambo, mostrándose las curvas acumuladas para el período 1989-99, período en el cual se derivaron más 850 MMC, que tiene incidencia en el caudal base del río Tambo y también en los caudales en los períodos de estiaje.

Los caudales y volúmenes de descarga promedios del río Tambo, para los períodos anterior y posterior a la entrada en operación el reservorio Pasto Grande, corresponden a los siguientes valores (cuadros 7 y 8):

Cuadro 7
Río Tambo, Descargas promedio antes y después de entrar en funcionamiento el reservorio Pasto Grande

PERIODO	Caudal (m³/s)	Volumen (MMC)
1956-88	32.7	1031.2
1989-99	25.1	792.1
1956-99	30.8	971.1

Cuadro 8
Aportes de los afluentes al embalse Pasto Grande, desde inicio de la operación

PERIODO	Caudal (m³/s)	Volumen (MMC)
1989-99	3.1	92.9

Del análisis de la información disponible, se llega a las siguientes conclusiones:

- Se ha producido una reducción de las descargas promedio del río Tambo, en el período posterior al inicio de la operación del embalse Pasto Grande. (En comparación con las descargas promedio anual de los 32 años anteriores a la operación del reservorio Pasto Grande).
- Los volúmenes almacenados en el reservorio Pasto Grande, tienen un valor promedio anual sustancialmente inferior, a la reducción de los volúmenes promedio medidos en el río Tambo, En ambos casos calculado para el mismo período de operación del embalse Pasto Grande (1989-1999).

- La conclusión de esta primera parte del análisis, es que la reducción de los volúmenes en el río Tambo, no se debe solamente al almacenamiento y posterior derivación de recursos hídricos hacia Moquegua, sino que además ha coincidido con un período de menores aportes de la cuenca.

Ampliación del Análisis para la Primera Etapa de Pasto Grande

El análisis de las descargas del río Tambo, antes mostrado, ha sido ampliado para la serie paralela, teniendo en cuenta los períodos de avenidas y estiaje, bajo las siguientes consideraciones:

- Se dispone de información paralela del Tambo en La Pascana y de Pasto Grande en el embalse, para el período 1990 al 1999.
- Las demandas del valle Tambo son del orden de los 200 MMC anuales, y los volúmenes de descarga en La Pascana - Tambo, superan los 1 000 MMC, por consiguiente se tiene una oferta de agua excedente, superior al 80 % del volumen anual, concentrado principalmente en el periodo dic-mayo de cada año
- Los recursos disponibles para el valle Tambo, no son regulados, por consiguiente las disponibilidades de agua que garanticen la agricultura actual, deben corresponder al año hidrológico cuyas descarga medias tengan probabilidad de persistencia de 75 %, el cual ha sido identificado como 1998.
- Se ha considerado como disminución de las descargas del río Tambo en la estación La Pascana, debido a la regulación Pasto Grande, a todos aquellos volúmenes almacenados en el reservorio, en aquellos años con descargas aforadas en la Pascana, menores al correspondiente al año hidrológico medio con 75% de persistencia.
- El análisis realizado corresponde a los volúmenes anuales durante el período 1990-1999, en la época de estiaje (Junio a Noviembre), en base a la siguiente información:

Aforado en La Pascana-Tambo 1990 : 151.3 MMC; 1991: 152.7 MMC; 1992: 83.4 MMC; 1993: 131.2 MMC; 1994: 127.4 MMC; 1995: 129.6 MMC; 1996: 121.6 MMC; 1997: 174.5 MMC; 1998: 122.9 MMC; 1999: 249.0 MMC

Derivado a Pasto Grande entre 1990 y 1999: 42.1 MMC anuales, que corresponde a 2.66 m³/s promedio, durante el período de estiaje (Jun a Nov).

El volumen de descarga del año hidrológico con 75 % de persistencia, (año 1998) es de 122.92 MMC durante el periodo de estiaje (Junio a Noviembre).

El análisis de los volúmenes derivados y la cuantificación de los efectos, durante el período de estiaje de cada año, se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9
Disminución de descargas en el río Tambo, Estación La Pascana, como consecuencia del almacenamiento en Pasto Grande, 1ra Etapa, Durante el período de estiaje (Junio a Noviembre) en MMC

AÑO	Volumen Aforado en La Pascana Tambo	Volumen medio Esperado en Tambo (Año 75% de Persistencia)	Volumen aforado en exceso al año 75%	Volumen Almacenado en reservorio	Volumen de agua por compensar a V. Tambo
1990	151.3	122.9	28.4	42.1	0.0
1991	152.7	122.9	29.8	42.1	0.0
1992	83.4	83.4	0.0	42.1	42.1
1993	131.2	122.9	8.3	42.1	0.0
1994	127.4	122.9	4.5	42.1	0.0
1995	129.6	122.9	6.6	42.1	0.0
1996	121.6	121.6	0.0	42.1	42.1
1997	174.5	122.9	51.6	42.1	0.0
1998	122.9	122.9	0.0	42.1	42..1
1999	249.0	122.9	126.08	42.1	0.0
Promedio	131.25	118.8	25.5	42.01	12.6

Los resultados permiten demostrar que:

- 1998 es el año Hidrológico medio con 75% de persistencia del río Tambo, por consiguiente sus descargas medias mensuales, medidas en la estación La Pascana, representan la disponibilidad de agua para los distintos usuarios del valle de Tambo.
- En tres de los diez primeros años de operación del reservorio Pasto Grande (1989-1999) las descargas del río Tambo-Estación La Pascana, correspondientes a la época de estiaje (Junio a Noviembre) habría sido menor a la descarga correspondiente al año Hidrológico medio con 75% de persistencia,
- Que el volumen anual promedio que se requiere suministrar al valle de Tambo, para compensar por el almacenamiento de parte de sus aguas en el reservorio Pasto Grande en los meses de Junio a Noviembre es de **12.6 MMC**
- Que en los meses deficitarios Octubre, Noviembre y Diciembre la disminución de las descargas del río Tambo en la estación La Pascana sería del orden de 5MMC

c) Análisis de los efectos de la 2da Etapa de Pasto Grande

En esta parte se hace el análisis del impacto en las descarga del río Tambo como consecuencia de las derivaciones de la primera y segunda etapa del Proyecto Pasto Grande. Este análisis ha sido hecho con información 1990-99,

durante la estación de estiaje (Junio a Noviembre), la cual se detalla a continuación:

- Aforado en La Pascana - Río Tambo: 1990: 151.3 MMC; 1991: 152.7 MMC; 1992: 83.4 MMC; 1993: 131.2 MMC; 1994: 127.4 MMC; 1995: 129.6 MMC; 1996: 121.6 MMC; 1997: 174.5 MMC; 1998: 122.9 MMC; 1999: 249.0 MMC
- Retenido por al reservorio Pasto Grande: 1990 a 1999: 42.1 MMC promedio anual, que corresponde a 2.66 m³/s promedio(de Junio a Noviembre)
- Derivación Chilota y Chincune: 1990: 5.5 MMC, 1991: 7.8 MMC; 1992: 5.4 MMC; 1993: 10.7 MMC; 1994: 14.4 MMC; 1995: 11.3; 1996: 11.2; 1996: 13.7 MMC; 1997: 10.0 MMC; 1999: 9.6 MMC.
- En el año hidrológico medio con 75 % de persistencia (1998), la descarga durante el periodo de estiaje (Junio a Noviembre) es de 122.92 MMC

El análisis de los volúmenes derivados hacia Moquegua (primera y senda etapa Pasto Grande) y la cuantificación de sus efectos en las descargas del río Tambo, en el período de estiaje de cada año, se muestra en el N° 10.

Cuadro 10
Análisis de los efectos en las descargas del Río Tambo como consecuencia de las derivación al reservorio Pasto Grande-2da Etapa

AÑO	Volumen aforado en estación La Pascana	Volumen medio esperado en Tambo (año 75% de persistencia)	Volumen aforado en exceso al año 75%	Volumen Derivado a P. Grande 1ra y 2da Etapa	Volumen de agua por compensar al Valle Tambo
1990	151.3	122.9	28.4	47.6	0.0
1991	152.7	122.9	29.8	49.9	0.0
1992	83.4	83.4	0.0	47.5	47.5
1993	131.2	122.9	8.3	52.8	2.4
1994	127.4	122.9	4.5	56.5	9.9
1995	129.6	122.9	6.6	53.4	4.7
1996	121.6	121.6	0.0	53.3	53.3
1997	174.5	122.9	51.6	55.8	0.0
1998	122.9	122.9	0.0	52.1	52.1
1999	249.0	122.9	126.08	51.7	0.0
ANUAL	131.25	118.8	25.5	52.1	17.0

Los resultados permiten demostrar que:

- 1998 es el año Hidrológico medio con 75% de persistencia del río Tambo, por consiguiente sus descargas medias mensuales, medidas en la estación La Pascana, representan la disponibilidad de agua para los distintos usuarios del valle de Tambo.
- En seis de los diez primeros años de operación del reservorio Pasto Grande (1989-1999) las descargas del río Tambo-Estación La Pascana, correspondientes a la época de estiaje (Junio a Noviembre) habría sido menor a la descarga correspondiente al año Hidrológico medio con 75% de persistencia,
- Que el volumen anual promedio que se requerirá suministrar al valle de Tambo, para compensar por la derivación de aguas al reservorio Pasto Grande cuando se ejecute la segunda etapa (Derivación Chilota Chincune) en los meses d Junio a Novimbre, sería de **17.0 MMC**
- Que en los meses deficitarios Octubre, Noviembre y Diciembre la disminución de las descargas del río Tambo en la estación La Pascana sería del orden de 7 MMC

2.2.5 La Demanda de Agua Para riego del valle de Tambo

a) Fuente de información base

La información para los cálculos de las demandas de agua con fines agrícolas, ha sido obtenida de los siguientes documentos:

- Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la cuenca del río Tambo, INRENA, Intendencia de Recursos Hídricos, Administración del Distrito de Riego de Tambo – Tambo Alto, Diciembre 2003.
- Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Moquegua, INRENA, Intendencia de Recursos Hídricos, Administración del Distrito de Riego de Moquegua, Abril 2003.
- Diagnósticos de Gestión de la Oferta de Agua de la Cuenca Moquegua Tambo (2001), elaborados por el Proyecto Especial Pasto Grande (PEPG);
- Planes de Cultivos y Riego de las Juntas de Usuarios del ámbito, de los Distritos de Riego Moquegua y Tambo.
- Información proporcionada por las Administraciones Técnicas de los Distritos de Riego Moquegua y Tambo, superficies bajo riego bajo regímenes de licencia y permiso, y proyectos de ampliación de

frontera agrícola en vías de ejecución.

- Áreas sembradas de los cultivos en el valle de Tambo, 1997-2004. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Información Agraria.
- Estudio Agrológico y Uso actual de la tierra (2005), realizado entre Octubre del 2004 y Marzo del 2005 y presentado como parte del presente estudio de Factibilidad “Afianzamiento Hídrico del Valle de Tambo” y se presenta como anexo 4.
- Diagnóstico Agro-económico del valle de Tambo, elaborado entre enero y febrero del 2005 y presentado como anexo 5 del presente estudio de Factibilidad “Afianzamiento Hídrico del Valle de Tambo.
- “Diagnostico de la Gestión del Riego uso de los recursos agua y suelo”, elaborado entre Noviembre del 2004 y Febrero del 2005 y presentado como anexo 11 del presente estudio de Factibilidad “Afianzamiento Hídrico del Valle de Tambo

b) Consideraciones Generales

La demanda de agua ha sido establecida, considerando dos situaciones:

- **Situación con proyecto:** En este caso se ha considerado la construcción de un reservorio que mejore la cantidad y calidad de la oferta de agua para el valle de Tambo, especialmente en los meses de estiaje, con lo cual se dejaría de derivar aguas del embalse Pasto Grande, posibilitando a este completar su desarrollo agrícola conforme a lo previsto en el proyecto original.

De acuerdo al estudio realizado: (i) como consecuencia de la construcción del reservorio Pasto Grande – Primera Etapa, las descargas del río Tambo en los meses de estiaje (Junio a Noviembre) disminuyeron en 12,6 MMC, afectando la calidad del agua, por mayor concentración de sales y Boro y (ii) como consecuencia de la construcción de la segunda etapa del Proyecto Pasto Grande las descargas del río Tambo en los meses de estiaje (Junio a Noviembre) disminuirían en 17,0 MMC, afectando aun más la calidad del agua, por mayor concentración de sales y Boro

Para superar la problemática planteada, del Proyecto Pasto Grande se ha venido derivando agua para Tambo, de acuerdo al déficit que se presentó en cada mes y año.

En conclusión gracias a que el Proyecto Pasto Grande compensó con agua del reservorio, el déficit que se hubiere presentado para el riego del

valle de Tambo; el desarrollo agrícola de este valle ha venido evolucionado en forma normal, en función de las variables del mercado, el desarrollo tecnológico y la dinámica agro-socio-económica del valle.

Es por ello que en los últimos años se expandido la superficie física y la superficie cultivada. Con el proyecto se pretende compensar los volúmenes de agua que dejará de recibir de Pasto Grande.

- **Situación sin proyecto:** En este caso se analiza las consecuencias en la productividad del valle de Tambo, afectada por la disminución de la oferta de agua al no compensársele por las aguas derivadas hacia los valles de Moquegua, beneficiados con las aguas del proyecto Pasto Grande. En este caso la superficie promedio cultivada disminuiría en proporción a la menor cantidad y calidad del agua disponible, especialmente en los meses de estiaje.

c) Cálculo de la Demanda de agua con fines de riego

(i) Área cultivada en Tambo para la situación con proyecto

De acuerdo al diagnóstico Agrícola (Anexo 5), las superficies sembradas con cada uno de los cultivos en los últimos 8 años ha evolucionado conforme se muestra en el cuadro 11.

CUADRO 11 PATRÓN DE CULTIVOS HISTORICA DEL VALLE DE TAMBO

- datos expresados en ha -

Cultivos	1 997	1 998	1 999	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004
Ají	322	295	275	394	212	254	129	240
Ajo	540	539	655	977	1,443	1,149	1,363	1,354
Alfalfa	3,011	3,222	3,158	2,869	2,355	2,327	2,486	2,318
Arroz Cáscara	2,007	2,239	1,946	2,200	2,144	2,350	2,435	2,750
Betarraga	20	58	33	64	58	24	11	5
Camote	225	340	335	452	404	373	203	280
Caña De Azúcar	613	812	500	671	563	838	1,177	1,180
Cebolla	620	1,035	1,006	1,099	1,299	1,770	1,388	1,011
Espárrago	50	43	43	42				
Maíz Amarillo Duro	105	189	12			1	8	
Maíz Amiláceo	118	243	216	286	290	150	180	77
Maíz Chala		340	402	440	404	485	514	806
Melón	30	15	7	13	6			
Olivo	371	365	360	341	166	227	181	176
Papa	939	919	1,257	960	1,224	1,437	1,089	1,333
Pápikra					122	299	332	551
Sandía	80	33	15	27	23	17	8	11
Sorgo Forrajero		98	43	32				
Sorgo Grano	53	52	55	51		13	30	19
Tomate	47	69	31	15	67	71	100	28
Trigo	55	41	62	52	63	192	245	387
Zapallo	90	138	178	146	182	60	87	188
Total	9,296	11,084	10,589	11,131	11,025	12,037	11,966	12,714

FUENTE: O. I. A. Oficina de Información Agraria Islay-Arequipa.

El área cultivada con las diferentes especies, en la serie histórica de 1997 al 2004, presenta variaciones de un año a otro que se explican en las variables del mercado (Volumen requerido y Precios) y en general de la rentabilidad de los cultivos. Así se explica la desaparición de cultivos como Melón, sandía, Sorgo Forrajero, Maíz duro, Espárrago y una disminución significativa del área cultivada con alfalfa, mientras se incrementa significativamente el Ají Páprika y las áreas cultivadas con Arroz y Caña de Azúcar, ajo, papa y Maíz Chala.

Finalmente se debe notar que en los últimos 3 años (2002-2004), la superficie total cultivada es prácticamente la misma y la más alta histórica, estabilizándose las áreas cultivadas con las principales especies.

Entre 1997 y 1998 la superficie sembrada (Primera más segunda campaña) en el valle de Tambo se incremento en 1800 ha, entre 1998 y el 2005 la superficie sembrada ha seguido incrementándose en 320 ha promedio por año.

En el valle de Tambo son seis los más importantes cultivos que compiten por un mismo territorio agrícola (Aproximadamente 72% del área física disponible): Arroz, Alfalfa, Caña de azúcar, Cebolla, Ajo y Ají Páprika.

Entre 1997 y 2001 la superficie territorial sembrada en el Valle de Tambo se incremento en 800 ha, la superficie cultivada con alfalfa decreció 600 ha, pero en cambio se elevaron las áreas sembradas con Ajo (800 ha) y Cebolla (700 ha), los demás cultivos tuvieron variaciones poco significativas.

Para efectos de demanda de agua para riego, el cambio más significativo ha sido la ampliación del área física cultivada (300 ha), más el incremento de 1700 ha de Arroz y Caña de Azúcar (de alto consumo de agua) versus reducción de 900 ha de Alfalfa (también de alto consumo de agua) y la menor siembra de otros cultivos de poco consumo de agua (Cebolla y maíz Amilaceo).

Si comparamos los aforos en el río Tambo-Estación La Pascana en estos 3 años, con las descargas correspondientes al año con 75% de probabilidad de ocurrencia (considerado año hidrológico medio de proyecto), vemos que la oferta de agua en estos 3 últimos años fue optima.

En conclusión la cedula de cultivo para la situación con proyecto podría ser básicamente la correspondiente al año 2004, que es aproximadamente igual al promedio de los últimos tres años, con la ventaja que en la cedula de cultivo del año 2004 esta mejor reflejada la tendencia actual a consolidarse determinadas áreas de cultivos importantes como es el caso de la caña de azúcar, arroz y Ají Páprika, En el caso del arroz y Páprika se ha optado por considerar el área sembrada el 2005 por considerar que es más realista en la situación actual. La cedula para la situación sin proyecto se presenta en el cuadro 12.

(ii) Area cultivada en Tambo para la situación sin proyecto

Al disminuir la oferta de agua (en años secos o por la derivación hacia el Proyecto Pasto Grande), se afecta las descargas del río Tambo, especialmente perjudicial en los meses de estiaje, produciendo los siguientes cambios en la superficie cultivada del valle:

- Por reducción de la cantidad y calidad del agua, La siembra de cultivos en época de estiaje disminuye, especialmente de arroz, postergándose hasta Enero (ello perjudica los rendimientos de arroz y la rotación tradicional con otros cultivos).
- La siembra de cultivos cuyo ciclo vegetativo se completa en los meses deficitarios en agua también disminuye (ajo, cebolla y papa)
- La superficie cultivada como segunda campaña disminuye por déficit de agua y retraso en la cosecha de la campaña principal.
- Los rendimientos de los cultivos de ciclo anual (Caña de azúcar, Alfalfa, espárrago) disminuye por déficit de agua en los meses de estiaje.
- Por deterioro de la calidad del agua en los meses de estiaje, es un riesgo la siembra de especies sensibles a la salinidad y Boro, disminuyendo las opciones de cultivos de rotación.

Teniendo en cuenta las restricciones señaladas y de acuerdo a la época de siembra, cosecha y período vegetativo de los principales cultivos del valle, así como la disponibilidad de agua sin proyecto, se ha elaborado una cedula de cultivo, priorizando los de mayor rentabilidad (Cuadro 12 y 15).

d) Cálculo de la demanda de riego

La evapotranspiración Potencial (ETP) ha sido calculada en base a la fórmula de Penman - Monteith, con el programa CropWat 4.0 para Windows, en base a la información climatológica de la estación representativa del valle Tambo (Pampa Blanca), los resultados se presentan en el cuadro N° 2.

La evapotranspiración real (ETA) ha sido calculada en función de los coeficientes de evapotranspiración (Kc) de cada cultivo; coeficientes de origen experimental, que se han obtenido de las siguientes publicaciones técnicas conocidas internacionalmente:

- Publicación N° 24 de la FAO, “La Necesidad de agua de los cultivos”
- American Society of Civil Engineers, “Consumptive Use of Water and Irrigation water Requirements”,

CUADRO 12 CEDULA DE CULTIVO PARA LA SITUACION SIN PROYECTO

CULTIVO	EPOCA DE SIEMBRA	EPOCA DE COSECHA	PERIODO VEGETATIVO	SUPERFICIE CULTIVADA(ha)
Ají	Octubre - Febrero	Diciembre - Abril	3 meses	240
Ajo	Febrero – Junio	Junio - Noviembre	6 meses	1020
Alfalfa	Abril	Todo el año	10 – 12 meses	2318
Arroz	Septiembre - Enero	Marzo - Junio	6 meses	2750
Betarraga	Febrero - Abril	Julio - Septiembre	6 meses	5
Camote	Enero – Diciembre	Todo el año	5 – 6 meses	280
Caña de Azúcar	Enero – Diciembre	Todo el año	18 meses	1180
Cebolla	Junio – Septiembre	Noviembre – Febrero	5 meses	911
Maíz Amiláceo	Abril – Junio	Septiem - Noviembre	6 meses	20
Maíz Chala	Enero - Diciembre	Todo el año	4 meses	806
Olivo	Enero – Diciembre	Mayo - Junio	Perenne	176
Papa	Mayo – Julio	Septiem - Noviembre	5 meses	1000
Ají Pápikra	Enero - Septiembre	Todo el año	6 meses	200
Sandía	Febrero - Abril	Julio – Septiembre	3 – 4 meses	11
Sorgo Grano	Enero - Junio	Junio – Diciembre	6 meses	0
Tomate	Febrero – Abril	Julio – Septiembre	6 meses	28
Trigo	Abril – Junio	Octubre – Diciembre	6 meses	200
Zapallo	Febrero – Abril	Julio - Septiembre	5 meses	56
Total				11 201

La eficiencia de riego varía de un cultivo a otro en función del sistema de riego y tipo de suelo, también varía de un sector de riego a otro en función de las características de la infraestructura (revestimiento de canales, tipo de estructura de distribución y aforo, etc) y finalmente varía a lo largo del año siendo menos eficiente en época de abundancia. De acuerdo a las evaluaciones hechas por distintas instituciones (ver anexo 11 “Mejoramiento del uso de los recursos agua-Suelo”, Primera parte “Diagnostico de la situación Actual”), la eficiencia de riego promedio a nivel de valle $EfR = 0.38$.

$$EfR = EfC \times EfD \times EfA$$

EfR = Eficiencia total
 EfC = Eficiencia de conducción
 EfD = Eficiencia de distribución
 EfA = Eficiencia de aplicación

Cuadro 13 Eficiencias de Riego en los valles de Moquegua y Tambo

Valle	Eficiencia de riego (%)				Fuente
	conducción	Distribución	Aplicación	Total	
Moquegua e Ilo	0,80	0,90	0,51	0,37	INRENA (*)
Tambo	0,85	0,88	0,51	038	INRENA (**)
Áreas Nuevas	0,80	0,95	0,90	0,68	INRENA (***)

(*) Evaluación y ordenamiento de los recursos Hídricos en la cuenca del río Moquegua, INRENA, Abril 2003

(**) Evaluación y Ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Tambo, INRENA, Diciembre 2003

(***) Estimación considerando una dotación de 10 000 m³/ha, en área de riego, sin incluir pérdidas por conducción.

Cuadro 14 Demanda de Agua para riego del valle de Tambo, situación con Proyecto

Cultivo/área sembrada		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Evapot. Potencial(mm)	ETP	146	134	130	102	81	66	68	78	81	105	117	133	1241
Ají (240 ha)	Kc	0.6	1,02	0,7										
	ETA	88	137	91										316
	MMC	0,211	0,328	0,218										0,757
Ajo (1354 ha)	Kc			0,70	0,80	1,02	0,98	0,70						
	ETA			91	82	83	65	48						369
	MMC			1,232	1,110	1,124	0,880	0,650						4,996
Alfalfa (2318 ha)	Kc	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	
	ETA	127	117	113	89	70	57	59	68	70	104	102	116	1092
	MMC	2,944	2,712	2,619	2,063	1,623	1,321	1,368	1,576	1,623	2,411	2,364	2,689	25,313
Arroz (Almaci: 796 ha Dic	Kc	1,10	1,10	1,12	1,14	1,15	0,95							
	ETA	161	147	146	116	93	63						**	726
	MMC	1,282	1,170	1,162	0,923	0,740	0,501						0,796	6,574
Arroz (Almac: 500ha Nov	Kc	1,10	1,12	1,14	1,15	0,95							1,10	
	ETA	161	150	148	117	77						**	146	799
	MMC	0,805	0,750	0,740	0,585	0,385						0,500	0,730	4,495
Arroz (2000 ha) Almac Oct,	Kc	1,12	1,14	1,15	0,95							1,10	1,10	
	ETA	164	153	150	97						**	129	146	839
	MMC	3,280	3,060	3,000	1,940						2,000	2,580	2,920	18,780
Camote (280 ha)	Kc	0,75	0,85	0,85	0,36	0,10							0,25	
	ETA	110	114	111	37	8							33	413
	MMC	0,308	0,319	0,311	0,104	0,022							0,092	1,156
Caña de azúcar (1180 ha)	Kc	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	
	ETA	152	139	135	106	84	69	71	81	84	109	122	138	1290
	MMC	1,794	1,640	1,593	1,251	0,991	0,814	0,838	0,956	0,991	1,286	1,440	1,628	15,222
Cebolla (1011 ha)	Kc						0,70	0,78	0,96	0,98	0,60			
	ETA						46	53	75	79	63			316

	MMC						0,465	0,536	0,758	0,799	0,637			3,195
Maíz Amiláceo (77 ha)	Kc				0,48	0,74	1,08	1,08	1,08	0,84				
	ETA				49	60	71	73	84	68				405
	MMC				0,038	0,046	0,055	0,056	0,065	0,052				0,312
Maíz Chala (403+403 ha)	Kc	0,60	1,05	1,05	0,95		0,60	1,05	1,05	0,95				
	ETA	88	141	137	97		40	71	82	77				733
	MMC	0,355	0,568	0,552	0,391		0,161	0,286	0,330	0,310				2,953
Olivo (176 ha)	Kc	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
	ETA	88	80	78	61	49	40	41	47	49	63	70	80	746
	MMC	0,155	0,141	0,137	0,107	0,086	0,070	0,072	0,082	0,086	0,111	0,123	0,141	1,312
Papa (1333 ha)	Kc						0,25	0,75	0,85	0,36	0,10			
	ETA						17	51	66	29	11			174
	MMC						0,227	0,680	0,880	0,387	0,147			2,321
Ají Pápikra (551+150ha)	Kc	0,60	1,02	1,02	1,02	0,80	0,60	0,60	1,02	1,02	1,02	0,80	0,60	
	ETA	88	137	133	104	65	40	41	80	82	107	94	80	1051
	MMC	0,485	0,755	0,733	0,573	0,358	0,220	0,062	0,120	0,123	0,161	0,141	0,120	3,851
Sorgo Grano (19 ha)	Kc				0,48	0,74	1,08	1,08	0,84					
	ETA				49	60	71	73	66					319
	MMC				0,009	0,011	0,013	0,014	0,013					0,060
Trigo (387 ha)	Kc					0,20	0,52	0,93	0,91	0,26	0,10			
	ETA					16	34	63	71	21	11			216
	MMC					0,062	0,132	0,244	0,275	0,081	0,043			0,837
Hortalizas (232 ha)	Kc						0,60	0,73	1,02	0,70				
	ETA						40	50	80	57				227
	MMC						0,093	0,116	0,186	0,132				0,527
Total Cultivado 13410 ha	Ha	8444	8444	9798	9654	7638	9837	8640	7286	7267	8555	6324	7400	
Demanda neta valle	MMC	11,619	11,443	12,297	9,094	5,448	4,952	4,922	5,241	4,584	6,796	7,148	9,116	92,660
Demanda bruta valle *	MMC	30,576	30,113	32,361	23,932	14,337	13,032	12,953	13,792	12,063	17,884	18,810	23,989	243,842
	M ³ /s	11,42	12,45	12,08	9,23	5,35	5,03	4,84	5,15	4,65	6,68	7,26	8,96	7,73

* Calculado para una eficiencia de riego total EfR = 0.38, ** Almácigos y machaco

Cuadro 15 Demanda de Agua para riego del valle de Tambo, situación sin Proyecto

Cultivo/área sembrada		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Evapot. Potencial(mm)	ETP	146	134	130	102	81	66	68	78	81	105	117	133	1241
Ají (240 ha)	Kc	0,6	1,02	0,7										
	ETA	88	137	91										316
	MMC	0,211	0,329	0,218										0,758
Ajo (1020 ha)	Kc			0,70	0,80	1,02	0,98	0,70						
	ETA			91	82	83	65	48						369
	MMC			0,928	0,836	0,847	0,663	0,490						3,764
Alfalfa (2318 ha)	Kc	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	
	ETA	127	117	113	89	70	57	59	68	70	104	102	116	1092
	MMC	2,944	2,712	2,619	2,063	1,623	1,321	1,368	1,576	1,623	2,411	2,364	2,689	25,313
Arroz (2750 ha)	Kc	1,10	1,10	1,12	1,14	1,15	0,95							
	ETA	161	147	146	116	93	63					**	**	726
	MMC	4,428	4,043	4,015	3,190	2,557	1,733					1375	1375	22,716
Camote (280 ha)	Kc	0,75	0,85	0,85	0,36	0,10							0,25	
	ETA	110	114	111	37	8							33	413
	MMC	0,308	0,319	0,311	0,104	0,022							0,092	1,156
Caña de azúcar (1180 ha)	Kc	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	
	ETA	152	139	135	106	84	69	71	81	84	109	122	138	1290
	MMC	1,794	1,640	1,593	1,251	0,991	0,814	0,838	0,956	0,991	1,286	1,440	1,628	15,222
Cebolla (911 ha)	Kc						0,70	0,78	0,96	0,98	0,60			
	ETA						46	53	75	79	63			316
	MMC						0,419	0,483	0,683	0,720	0,574			2,879
Maíz Amiláceo (20 ha)	Kc				0,48	0,74	1,08	1,08	1,08	0,84				
	ETA				49	60	71	73	84	68				405
	MMC				0,010	0,012	0,014	0,015	0,017	0,014				0,082
Maíz Chala (806 ha)	Kc	0,60	1,05	1,05	0,95									
	ETA	88	141	137	97									463

	MMC	0,709	1,136	1,104	0,782									3,731
Olivo (176 ha)	Kc	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
	ETA	88	80	78	61	49	40	41	47	49	63	70	80	746
	MMC	0,155	0,141	0,137	0,107	0,086	0,070	0,072	0,083	0,086	0,111	0,123	0,141	1,312
Papa (1000 ha)	Kc					0,25	0,75	0,85	0,36	0,10				
	ETA					20	50	58	28	8				164
	MMC					0,200	0,500	0,580	0,280	0,080				1,640
Ají Páipkra (200 ha)	Kc	0,60	1,02	1,02	1,02	0,80	0,60							
	ETA	88	137	133	104	65	40							567
	MMC	0,176	0,274	0,266	0,208	0,130	0,080							1,134
Sorgo Grano (0,0 ha)	Kc													
	ETA													
	MMC													
Trigo (200 ha)	Kc					0,20	0,52	0,93	0,91	0,26	0,10			
	ETA					16	34	63	71	21	11			216
	MMC					0,032	0,068	0,126	0,142	0,042	0,022			0,432
Hortalizas (100 ha)	Kc				0,60	0,73	1,02	0,70						
	ETA				61	59	67	48						235
	MMC				0,061	0,059	0,067	0,048						0,235
Total Cultivado 11 201 ha	Ha	7950	7950	8970	8850	9244	9875	6925	5805	5805	4785	5049	6704	
Demanda neta valle	MMC	10,725	10,594	11,191	8,612	6,559	5,749	4,020	3,737	3,556	4,404	5,302	5,925	80,374
Demanda bruta valle *	MMC	28,224	27,879	29,450	22,663	17,260	15,129	10,578	9,834	9,358	11,589	13,952	15,592	211,511
	M ³ /s	10,54	11,52	11,00	8,74	6,44	5,84	3,9 5	3,67	3,61	4,33	5,38	5,82	6,71

* Calculado para una eficiencia de riego total EfR = 0.38 ** Almácigos y Machacos

2.2.6 Usos de agua no agrícola del Valle del Tambo

(e.1) Uso poblacional en el valle de Tambo

De acuerdo al número de habitantes, los centros poblados más importantes del valle Tambo están localizados próximos al litoral.

La demanda de agua para consumo poblacional, como es obvio fundamentalmente depende del número de habitantes de cada centro poblado, aunque también existen diferencias en el consumo promedio por habitante entre un centro poblado y otro. De acuerdo a información suministrada por las empresas responsables del suministro de cada localidad, el consumo de los más importantes centros poblados es el siguiente: La población de Mollendo es la que tiene el mayor consumo (98.5 l/s), en segundo lugar la población de Mejía con un consumo de 20.6 l/s, en tercer lugar Cocachacra con 12.5 l/s, cuarto el Arenal con 8,5 l/s y finalmente la Curva con 6.5 l/s. Esta demanda es atendida principalmente por SEDAPAR S.A. y en menor proporción por las municipalidades o asociaciones administrando caudales que varían entre 4.45 l/s y 0.2 l/s.

El caudal total actual utilizado por las poblaciones del valle de Tambo es de 158,2 l/s.

(e.2) Uso Industrial en el valle de Tambo

El principal usuario industrial del valle Tambo es la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A con 150 l/s, cuya licencia se encuentra por regularizar. La empresa Leche Gloria S.A requiere para sus plantas enfriadoras un caudal de 3.6 l/s.

El caudal actual total utilizado para fines industriales en el valle de Tambo asciende a 153.6 l/s.

(e.3) Uso Minero (no consuntivo)

Los usuarios mineros son: La Minera Pampa de Cobre S.A y Aruntani SAC, requiriendo un caudal total de 33.91 l/s (cuenca alta).

(e.4) Uso Piscícola

El único usuario Piscícola es la Empresa multicomunal de servicios agropecuarios y pesca artesanal Jacumarine R. Ltda que demanda un caudal de 20 l/s (cuenca alta).

(e.5) Uso Energético (No consuntivo)

El único usuario es EGASA, para la central térmica de Mollendo, requiriendo un caudal de 24 l/s.

(e.6) Demanda total con fines no agrarios en valle de Tambo

La demanda consuntiva actual total con fines no agrarios para el Valle de Tambo asciende a 331,8 l/s. (No incluye los usos mineros ubicados en la cuenca alta ni los usos no consuntivos para generación de energía)

2.2.7 Balance Hídrico en el Valle de Tambo

a) Balance hídrico en el valle de Tambo - Situación con proyecto

Para fines de diseño se ha considerado que, como resultado de la puesta en marcha de la Primera etapa del reservorio Pasto Grande, la oferta de agua suministrada por la cuenca natural del río Tambo en el período de estiaje ha disminuido en 12,6 MMC (ver cuadro 9). Así mismo se ha establecido que 1998 es el año hidrológico con 75 % de probabilidad de ocurrencia, cuyas descargas medias mensuales se presentan en el cuadro 6.

Para la situación con proyecto la oferta de agua disponible es igual a las descargas naturales del río Tambo correspondientes año hidrológico 1998 más el agua del reservorio propuesto para ser utilizada en los meses deficitarios.

Tal como se muestra en el cuadro N° 14, la superficie total cultivable en la situación con proyecto es igual a 13 410 ha, es decir aproximadamente igual a la superficie cultivable en la situación actual, con aportes complementarios del reservorio Pasto Grande en los meses de estiaje.

Cuadro 16 Balance Hídrico Valle Tambo-Situación con Proyecto

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1. Usos no Agrícolas(m3/s)												
Poblacional	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158
Industrial	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154
Piscícola	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2. Uso riego Agrícola (m3/s)	11,42	12,45	12,08	9,23	5,35	5,03	4,84	5,15	4,65	6,68	7,26	8,96
Total (m3/s)	11,75	12,78	12,41	9,56	5,68	5,36	5,17	5,48	4,98	7,01	7,59	9,29
Total(MMC)	31,471	30,917	33,239	24,780	15,213	13,893	13,847	14,678	12,908	18,776	19,673	24,882
Oferta (m3/s)	64,68	81,32	26,42	10,61	10,61	10,11	9,34	8,65	6,16	5,32	7,06	6,46
Déficit (m3/s)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,69	0,53	2,83
Déficit(MMC)										4,526	1,374	7,580

Nota: El Déficit Total 13,480 MMC será suministrado por el Reservorio Propuesto

b) Balance hídrico en el valle de Tambo - Situación sin proyecto

En este caso se ha considerado que la única agua disponible son las descargas naturales del río Tambo correspondientes al año hidrológico con 75 % de probabilidad de ocurrencia.

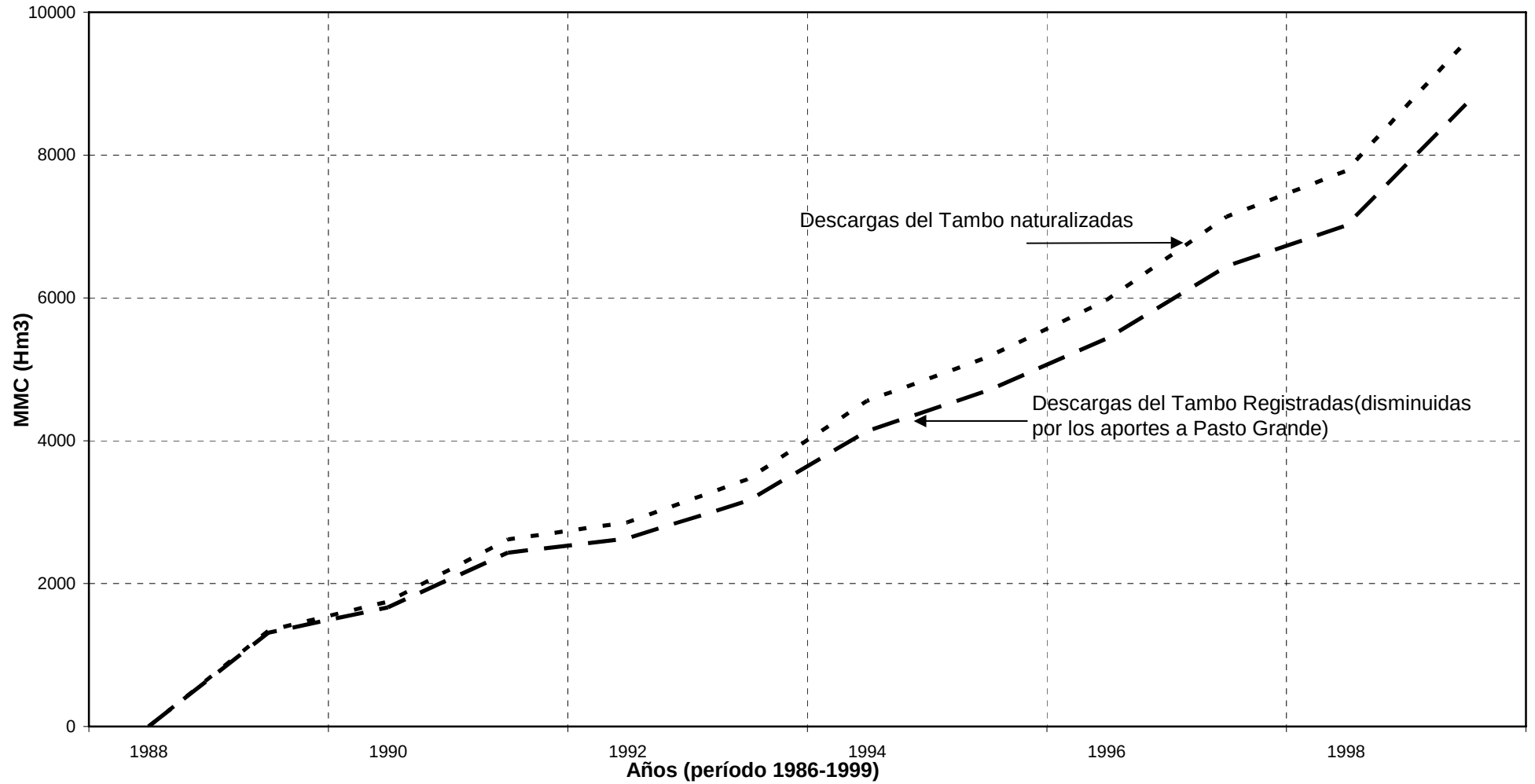
Tal como se muestra en el cuadro N° 15, la superficie total cultivable en la situación sin proyecto es igual a 11 201 ha.

Tal como se explica en el presente informe y se analiza en el Anexo 5 “Diagnostico Agro-económico”, además de la menor superficie agrícola cultivada en la situación “sin Proyecto”, por menor agua disponible; los agricultores del valle de Tambo se ha visto obligados a modificar el programa de siembras, postergando de 1 a 2 meses la campaña de arroz, para evitar que los cultivos se vean afectados por el incremento de la concentración de sales y Boro en los meses de estiaje. Como consecuencia de ello los rendimientos son un poco menores. Adicionalmente el atraso en la cosecha de arroz limita la posibilidad de la segunda campaña con otros cultivos por que su ciclo vegetativo incluiría parte de los meses críticos en cantidad y calidad de agua.

Cuadro 17 Balance Hídrico Valle Tambo-Situación sin Proyecto

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1. Usos no Agrícolas(m3/s)												
Poblacional	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158
Industrial	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154
Piscícola	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2. Uso riego Agrícola (m3/s)	10,54	11,52	11,00	8,74	6,44	5,84	3,95	3,67	3,61	4,33	5,38	5,82
Total (m3/s)	10,87	11,85	11,33	9,07	6,77	6,17	4,28	4,00	4,94	4,66	5,71	6,15
Total(MMC)	29,114	28,668	30,346	23,509	18,133	15,993	11,464	10,714	12,804	12,481	14,800	16,472
Oferta (m3/s)	64,68	81,32	26,42	10,61	10,61	10,11	9,34	8,65	6,16	5,32	7,06	6,46
Déficit (m3/s)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Déficit(MMC)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 1 Volumen de descarga anual acumulado, naturalizadas y registradas en estación La Pascana, río Tambo



2.2.8 Descargas Máximas Instantáneas

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

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

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

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

Donde:

Q = Descarga máxima en pies³/sg.

A = Área de la cuenca en millas².

C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca.

Ante la ausencia de mediciones hidrométricas, profesionales de la Cooperación Energética Peruana-Alemana y de la ex-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ex-ONERN) con el objetivo de realizar el análisis regional de avenidas, adecuaron para el país las relaciones anteriores.

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

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

Donde:

$Q_{\max}$ = caudal máximo en m³/s

T = período de retorno en años

Para la Región N° 5, donde se ubican las diferentes subcuencas involucradas, se tienen los valores: $C_1 = 0.11$, $C_2 = 0.26$, $m = 1.02$ y $n = 0.04$.

Las descargas máximas calculadas para cada una de las Cuencas de interés del proyecto, arrojan los siguientes valores (cuadro 18):

CUADRO 18 CAUDALES MAXIMOS PARA DFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LOS PUNTOS DE INTERES DE LAS ALTERNATIVAS DE PRESA HUAYRONDO Y PALTITURE - ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Tr (años)	Q. Huayrondo Cuenca: 1190,15 Km ²		R. Tambo-Toma Huayrondo Cuenca: 10 009 Km ²		Presa Paltiture Cuenca: 1124,54 Km ²	
	Qmax M ³ /s	Rendimiento M ³ /s/Km ²	Qmax M ³ /s	Rendimiento M ³ /s/Km ²	Qmax M ³ /s	Rendimiento M ³ /s/Km ²
10 000	172	0,14	3997	0,40	1063	0.95
1000	129	0,11	2998	0,30	798	0.71
200	99	0,08	2299	0,23	612	0.54
100	86	0.07	1999	0,20	532	0.47
50	73	0,06	1698	0,17	452	0.40
10	43	0,04	999	0,10	266	0.24
5	30	0,03	698	0,07	186	0.17
2	13	0,01	301	0,03	80	0,07

2.2.9 Tránsito de avenidas reservorio Paltiture

Para los fines de diseño del aliviadero de excedencias del reservorio Paltiture, se ha procedido a transitar las avenidas máximas con probabilidad de ocurrencia: 1/100 años, 1/ 200 años y 1/1 000 años.

El procedimiento de cálculo realizado incluye lo siguiente:

- (1) Cálculo del tiempo de concentración de la cuenca que abastecerá de agua al embalse
- (2) Determinación del hidrograma unitario, para definir el tiempo base y el tiempo de ocurrencia de la descarga pico de las avenidas con distinta probabilidad de ocurrencia
- (3) Tránsito de las avenidas máximas

(1) Tiempo de Concentración

Para el cálculo del tiempo de concentración se ha utilizado la siguiente expresión:

$$T_c = [0.87 L^3/H]^{0.385}$$

Donde:

L: longitud más larga recorrida por el agua, en km

H: diferencia de elevación entre el punto más alto y más bajo de la cuenca, en metros.

Para las condiciones del embalse Paltiture:

L = 35 Km

H = 1150 metros

Tc = 3,8171993 horas

(2) Hidrograma Unitario

El hidrograma unitario define la distribución de las descargas máximas durante todo el período de duración de las avenidas máximas estudiadas, así como los tiempos Base y tiempo de ocurrencia de la descarga Pico.

El tiempo al pico (Tp) esta dado por la siguiente expresión:

$$T_p = [D/2] + [0.6T_c]$$

Tp = horas

D = duración de la lluvia (horas)

Tc = Tiempo de concentración (horas)

Para el caso del embalse Paltiture:

D = 6 horas

Tc = 3,8171993 horas

Tp = 5,29031958 horas

El tiempo base (Tb), corresponde al tiempo total del hidrograma y esta dado por la siguiente expresión:

$$T_b = 2.67 T_p$$

Para el caso del embalse Paltiture resulta:

Tb = 14,1251533 horas

El tiempo de retardo (Tr) es igual a la diferencia entre el tiempo base (Tb) y el tiempo al pico (Tp)

Para el caso del embalse Paltiture:

Tr = (14,1251533 - 5,29031958) horas

Tr = 8,83483369 horas

(3) Tránsito de la Avenida

El tránsito de las descargas máximas de un cauce a través de un reservorio, tiene el propósito de establecer el caudal máximo de excedencia que habría que evacuar por una estructura de alivio, cuando esta avenida máxima ocurra.

En el caso del reservorio Paltiture: Por la escasa capacidad del mismo (Volumen útil = 15 MMC) y una cuenca cuyo volumen de aporte con 75% de persistencia es de 102 MMC, lo más probable es que la avenida máxima ocurrirá cuando el reservorio se encuentre lleno. Por consiguiente la capacidad de regulación de la avenida máxima por almacenamiento de agua en el embalse será insignificante.

No obstante lo antes señalado. El embalse provoca un retardo en el flujo del agua, modificando el hidrograma unitario de salida, por desplazamiento del tiempo y reducción del caudal máximo en la estructura de excedencia.

Este procedimiento de cálculo conocido como el método de “retardo promedio sucesivo”, fue desarrollado por F.E. Tetum del U.S. Army Corps of Engineers. En la práctica ha sido aplicado a tramos de cauce largos, la simplicidad en los cálculos constituye la principal ventaja con respecto a otros métodos.

En este caso se considera que la relación descarga – almacenamiento, por tanto la forma del hidrograma de avenida, tiende a variar uniformemente a lo largo del canal. El cambio en la forma del hidrograma entre dos puntos sucesivos del cauce, refleja el efecto acumulativo de todas las características de almacenamiento de dicho tramo de cauce.

Los datos de entrada, hidrograma de entrada, los hidrogramas por tramos y los caudales de salida, hidrograma de salida, se presentan en forma tabulada en los cuadros 19, 20 y 21. Estos han sido calculados para los caudales máximos con probabilidad de ocurrencia 1/100, 1/200 y 1/1000 años.

Teniendo en cuenta la regularidad de las lluvias en la parte alta de la cuenca, abastecedora del reservorio Paltiture y la poca capacidad del embalse, lo recomendable es diseñar un aliviadero de excedencias para la avenida con probabilidad de ocurrencia 1/1000 años

El caudal Máximo de excedencia resultante del tránsito es el siguiente:

Probabilidad de ocurrencia de la avenida máxima	Caudal máximo (m ³ /s)	
	A la Entrada del reservorio	A la salida por el aliviadero de excedencia
1/ 100	532	469
1/ 200	612	539
1/ 500	705	615
1/1 000	798	702

Cuadro 19 TRANSITO DE AVENIDA $Q_{100} = 532 \text{ m}^3/\text{s}$ RESERVORIO PALTITURE														
N°	Horas	Q_i (m^3/s)	Método del Retardo Promedio Sucesivo (coeficientes 10 tramos)											Q_s (m^3/s)
			C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	
			0,001	0,0098	0,044	0,1172	0,205	0,246	0,205	0,1172	0,044	0,0098	0,001	
		20,00	0,02											
		20,00	0,02	0,20										0,22
		20,00	0,02	0,20	0,88									1,10
		20,00	0,02	0,20	0,88	2,34								3,44
		20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10							7,54
1	0,5	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10	4,92						12,46
2	1	62,16	0,06	0,20	0,88	2,34	4,10	4,92	4,10					16,60
3	1,5	104,33	0,10	0,61	0,88	2,34	4,10	4,92	4,10	2,34				19,40
4	2	146,49	0,15	1,02	2,74	2,34	4,10	4,92	4,10	2,34	0,88			22,59
5	2,5	188,66	0,19	1,44	4,59	7,29	4,10	4,92	4,10	2,34	0,88	0,20		30,04
6	3	230,82	0,23	1,85	6,45	12,23	12,74	4,92	4,10	2,34	0,88	0,20	0,02	45,96
7	3,5	272,99	0,27	2,26	8,30	17,17	21,39	15,29	4,10	2,34	0,88	0,20	0,02	72,23
8	4	315,15	0,32	2,68	10,16	22,11	30,03	25,67	12,74	2,34	0,88	0,20	0,02	107,14
9	4,5	357,32	0,36	3,09	12,01	27,05	38,68	36,04	21,39	7,29	0,88	0,20	0,02	146,99
10	5	399,48	0,40	3,50	13,87	31,99	47,32	46,41	30,03	12,23	2,74	0,20	0,02	188,70
11	5,5	532,00	0,53	3,91	15,72	36,94	55,96	56,78	38,68	17,17	4,59	0,61	0,02	230,91
12	6	501,88	0,50	5,21	17,58	41,88	64,61	67,16	47,32	22,11	6,45	1,02	0,06	273,89
13	6,5	471,76	0,47	4,92	23,41	46,82	73,25	77,53	55,96	27,05	8,30	1,44	0,10	319,25
14	7	441,65	0,44	4,62	22,08	62,35	81,89	87,90	64,61	31,99	10,16	1,85	0,15	368,04
15	7,5	411,53	0,41	4,33	20,76	58,82	109,06	98,27	73,25	36,94	12,01	2,26	0,19	416,30
16	8	381,41	0,38	4,03	19,43	55,29	102,89	130,87	81,89	41,88	13,87	2,68	0,23	453,44
17	8,5	351,29	0,35	3,74	18,11	51,76	96,71	123,46	109,06	46,82	15,72	3,09	0,27	469,10
18	9	321,18	0,32	3,44	16,78	48,23	90,54	116,05	102,89	62,35	17,58	3,50	0,32	462,00
19	9,5	291,06	0,29	3,15	15,46	44,70	84,36	108,65	96,71	58,82	23,41	3,91	0,36	439,82
20	10	260,94	0,26	2,85	14,13	41,17	78,19	101,24	90,54	55,29	22,08	5,21	0,40	411,37
21	10,5	230,82	0,23	2,56	12,81	37,64	72,02	93,83	84,36	51,76	20,76	4,92	0,53	381,41
22	11	200,71	0,20	2,26	11,48	34,11	65,84	86,42	78,19	48,23	19,43	4,62	0,50	351,29
23	11,5	170,59	0,17	1,97	10,16	30,58	59,67	79,01	72,02	44,70	18,11	4,33	0,47	321,18
24	12	140,47	0,14	1,67	8,83	27,05	53,49	71,60	65,84	41,17	16,78	4,03	0,44	291,06
25	12,5	110,35	0,11	1,38	7,51	23,52	47,32	64,19	59,67	37,64	15,46	3,74	0,41	260,94
26	13	80,24	0,08	1,08	6,18	19,99	41,14	56,78	53,49	34,11	14,13	3,44	0,38	230,82
27	13,5	50,12	0,05	0,79	4,86	16,46	34,97	49,37	47,32	30,58	12,81	3,15	0,35	200,71
28	14	20,00	0,02	0,49	3,53	12,93	28,80	41,96	41,14	27,05	11,48	2,85	0,32	170,59
29	14,5	20,00	0,02	0,20	2,21	9,40	22,62	34,56	34,97	23,52	10,16	2,56	0,29	140,50
30	15	20,00	0,02	0,20	0,88	5,87	16,45	27,15	28,80	19,99	8,83	2,26	0,26	110,71
31	15,5	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	10,27	19,74	22,62	16,46	7,51	1,97	0,23	82,24
32	16	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10	12,33	16,45	12,93	6,18	1,67	0,20	57,30

Cuadro 20 TRANSITO DE AVENIDA $Q_{200} = 612 \text{ m}^3/\text{s}$ RESERVORIO PALTITURE

N°	Horas	Q_i (m^3/s)	Método del Retardo Promedio Sucesivo (coeficientes 10 tramos)											Q_s (m^3/s)
			C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	
			0,001	0,0098	0,044	0,1172	0,205	0,246	0,205	0,1172	0,044	0,0098	0,001	
		20,00	0,02											
		20,00	0,02	0,20										0,22
		20,00	0,02	0,20	0,88									1,10
		20,00	0,02	0,20	0,88	2,34								3,44
		20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10							7,54
1	0,5	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10	4,92						12,46
2	1	68,75	0,07	0,20	0,88	2,34	4,10	4,92	4,10					16,61
3	1,5	117,51	0,12	0,67	0,88	2,34	4,10	4,92	4,10	2,34				19,48
4	2	166,26	0,17	1,15	3,03	2,34	4,10	4,92	4,10	2,34	0,88			23,03
5	2,5	215,01	0,22	1,63	5,17	8,06	4,10	4,92	4,10	2,34	0,88	0,20		31,61
6	3	263,76	0,26	2,11	7,32	13,77	14,09	4,92	4,10	2,34	0,88	0,20	0,02	50,01
7	3,5	312,52	0,31	2,58	9,46	19,49	24,09	16,91	4,10	2,34	0,88	0,20	0,02	80,39
8	4	361,27	0,36	3,06	11,61	25,20	34,08	28,91	14,09	2,34	0,88	0,20	0,02	120,75
9	4,5	410,02	0,41	3,54	13,75	30,91	44,08	40,90	24,09	8,06	0,88	0,20	0,02	166,83
10	5	458,78	0,46	4,02	15,90	36,63	54,07	52,89	34,08	13,77	3,03	0,20	0,02	215,06
11	5,5	612,00	0,61	4,50	18,04	42,34	64,07	64,89	44,08	19,49	5,17	0,67	0,02	263,87
12	6	577,18	0,58	6,00	20,19	48,05	74,06	76,88	54,07	25,20	7,32	1,15	0,07	313,56
13	6,5	542,35	0,54	5,66	26,93	53,77	84,05	88,87	64,07	30,91	9,46	1,63	0,12	366,01
14	7	507,53	0,51	5,32	25,40	71,73	94,05	100,87	74,06	36,63	11,61	2,11	0,17	422,43
15	7,5	472,71	0,47	4,97	23,86	67,65	125,46	112,86	84,05	42,34	13,75	2,58	0,22	478,22
16	8	437,88	0,44	4,63	22,33	63,56	118,32	150,55	94,05	48,05	15,90	3,06	0,26	521,16
17	8,5	403,06	0,40	4,29	20,80	59,48	111,18	141,99	125,46	53,77	18,04	3,54	0,31	539,27
18	9	368,24	0,37	3,95	19,27	55,40	104,04	133,42	118,32	71,73	20,19	4,02	0,36	531,06
19	9,5	333,41	0,33	3,61	17,73	51,32	96,90	124,85	111,18	67,65	26,93	4,50	0,41	505,41
20	10	298,59	0,30	3,27	16,20	47,24	89,77	116,29	104,04	63,56	25,40	6,00	0,46	472,52
21	10,5	263,76	0,26	2,93	14,67	43,16	82,63	107,72	96,90	59,48	23,86	5,66	0,61	437,88
22	11	228,94	0,23	2,58	13,14	39,08	75,49	99,15	89,77	55,40	22,33	5,32	0,58	403,06
23	11,5	194,12	0,19	2,24	11,61	34,99	68,35	90,59	82,63	51,32	20,80	4,97	0,54	368,24
24	12	159,29	0,16	1,90	10,07	30,91	61,21	82,02	75,49	47,24	19,27	4,63	0,51	333,41
25	12,5	124,47	0,12	1,56	8,54	26,83	54,07	73,45	68,35	43,16	17,73	4,29	0,47	298,59
26	13	89,65	0,09	1,22	7,01	22,75	46,93	64,89	61,21	39,08	16,20	3,95	0,44	263,76
27	13,5	54,82	0,05	0,88	5,48	18,67	39,79	56,32	54,07	34,99	14,67	3,61	0,40	228,94
28	14	20,00	0,02	0,54	3,94	14,59	32,66	47,75	46,93	30,91	13,14	3,27	0,37	194,12
29	14,5	20,00	0,02	0,20	2,41	10,51	25,52	39,19	39,79	26,83	11,61	2,93	0,33	159,33
30	15	20,00	0,02	0,20	0,88	6,43	18,38	30,62	32,66	22,75	10,07	2,58	0,30	124,88
31	15,5	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	11,24	22,05	25,52	18,67	8,54	2,24	0,26	91,97
32	16	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10	13,49	18,38	14,59	7,01	1,90	0,23	63,13

Cuadro 21 TRANSITO DE AVENIDA $Q_{1000} = 798 \text{ m}^3/\text{s}$ RESERVORIO PALTITURE

N°	Horas	Q_i (m^3/s)	Método del Retardo Promedio Sucesivo (coeficientes 10 tramos)											Q_s (m^3/s)
			C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	
			0,001	0,0098	0,044	0,1172	0,205	0,246	0,205	0,1172	0,044	0,0098	0,001	
		20,00	0,02	0,20										0,22
		20,00	0,02	0,20	0,88									1,10
		20,00	0,02	0,20	0,88	2,34								3,44
		20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10							7,54
1	0,5	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10	4,92						12,46
2	1	84,07	0,08	0,20	0,88	2,34	4,10	4,92	4,10					16,62
3	1,5	148,14	0,15	0,82	0,88	2,34	4,10	4,92	4,10	2,34				19,66
4	2	212,21	0,21	1,45	3,70	2,34	4,10	4,92	4,10	2,34	0,88			24,05
5	2,5	276,28	0,28	2,08	6,52	9,85	4,10	4,92	4,10	2,34	0,88	0,20		35,27
6	3	340,35	0,34	2,71	9,34	17,36	17,23	4,92	4,10	2,34	0,88	0,20	0,02	59,44
7	3,5	404,42	0,40	3,34	12,16	24,87	30,37	20,68	4,10	2,34	0,88	0,20	0,02	99,36
8	4	468,49	0,47	3,96	14,98	32,38	43,50	36,44	17,23	2,34	0,88	0,20	0,02	152,41
9	4,5	532,56	0,53	4,59	17,79	39,89	56,64	52,20	30,37	9,85	0,88	0,20	0,02	212,97
10	5	596,64	0,60	5,22	20,61	47,40	69,77	67,97	43,50	17,36	3,70	0,20	0,02	276,35
11	5,5	798,00	0,80	5,85	23,43	54,91	82,91	83,73	56,64	24,87	6,52	0,82	0,02	340,49
12	6	752,24	0,75	7,82	26,25	62,42	96,04	99,49	69,77	32,38	9,34	1,45	0,08	405,80
13	6,5	706,47	0,71	7,37	35,11	69,93	109,18	115,25	82,91	39,89	12,16	2,08	0,15	474,72
14	7	660,71	0,66	6,92	33,10	93,53	122,31	131,01	96,04	47,40	14,98	2,71	0,21	548,86
15	7,5	614,94	0,61	6,47	31,08	88,16	163,59	146,77	109,18	54,91	17,79	3,34	0,28	622,19
16	8	569,18	0,57	6,03	29,07	82,80	154,21	196,31	122,31	62,42	20,61	3,96	0,34	678,63
17	8,5	523,41	0,52	5,58	27,06	77,43	144,83	185,05	163,59	69,93	23,43	4,59	0,40	702,41
18	9	477,65	0,48	5,13	25,04	72,07	135,44	173,79	154,21	93,53	26,25	5,22	0,47	691,63
19	9,5	431,88	0,43	4,68	23,03	66,71	126,06	162,53	144,83	88,16	35,11	5,85	0,53	657,93
20	10	386,12	0,39	4,23	21,02	61,34	116,68	151,28	135,44	82,80	33,10	7,82	0,60	614,69
21	10,5	340,35	0,34	3,78	19,00	55,98	107,30	140,02	126,06	77,43	31,08	7,37	0,80	569,18
22	11	294,59	0,29	3,34	16,99	50,62	97,92	128,76	116,68	72,07	29,07	6,92	0,75	523,41
23	11,5	248,82	0,25	2,89	14,98	45,25	88,54	117,50	107,30	66,71	27,06	6,47	0,71	477,65
24	12	203,06	0,20	2,44	12,96	39,89	79,15	106,24	97,92	61,34	25,04	6,03	0,66	431,88
25	12,5	157,29	0,16	1,99	10,95	34,53	69,77	94,98	88,54	55,98	23,03	5,58	0,61	386,12
26	13	111,53	0,11	1,54	8,93	29,16	60,39	83,73	79,15	50,62	21,02	5,13	0,57	340,35
27	13,5	65,76	0,07	1,09	6,92	23,80	51,01	72,47	69,77	45,25	19,00	4,68	0,52	294,59
28	14	20,00	0,02	0,64	4,91	18,43	41,63	61,21	60,39	39,89	16,99	4,23	0,48	248,82
29	14,5	20,00	0,02	0,20	2,89	13,07	32,25	49,95	51,01	34,53	14,98	3,78	0,43	203,10
30	15	20,00	0,02	0,20	0,88	7,71	22,86	38,69	41,63	29,16	12,96	3,34	0,39	157,83
31	15,5	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	13,48	27,44	32,25	23,80	10,95	2,89	0,34	114,58
32	16	20,00	0,02	0,20	0,88	2,34	4,10	16,18	22,86	18,43	8,93	2,44	0,29	76,68
			0,00	0,20	0,88	2,34	4,10	4,92	13,48	13,07	6,92	1,99	0,25	48,15
			0,00	0,00	0,88	2,34	4,10	4,92	4,10	7,71	4,91	1,54	0,20	30,70
			0,00	0,00	0,00	2,34	4,10	4,92	4,10	2,34	2,89	1,09	0,16	21,95
			0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	4,92	4,10	2,34	0,88	0,64	0,11	17,10
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,92	4,10	2,34	0,88	0,20	0,07	12,51
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	2,34	0,88	0,20	0,02	7,54
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,34	0,88	0,20	0,02	3,44
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,20	0,02	1,10
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,02	0,22
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02

2.2.10 Calidad de las Aguas

En todos los estudios de desarrollo del Valle de Tambo realizados en las últimas décadas, se hace referencia a la mala calidad de las aguas del Río Tambo, especialmente en cuanto a contenido salino en general y en particular toxicidad por Cloruros y Boro. Calificación que se ha venido haciendo en base a los estándares internacionales.

En 1964 el Ministerio de Agricultura por intermedio del SIPA llamó la atención sobre el contenido elevado de Boro en los ríos de la cuenca del Tambo; en 1967 el Ing. Godofredo Wingerling por encargo de la Southern Peru Cooper Co. realizó un estudio del Boro en los ríos Tambo y Vagabundo; en 1967 Bustamante y Williams S.A. para la Oficina General de Irrigaciones del MINAG realizó una evaluación sobre el Boro en el Sistema Tambo; en 1972 y posteriormente en 1982, la Dirección General de Aguas realizó un estudio de la calidad de las aguas en el río Tambo; en 1993 el PRONAMACHS como parte del Estudio Hidrológico de la Cuenca del Tambo analizó la calidad de las aguas y en los meses de abril-mayo y recientemente (Mayo y octubre del 2003), la Intendencia de Recursos Hídricos realizó un muestreo de la calidad de las aguas de las cuencas del Tambo y Moquegua estableciendo una red de monitoreo. En todos los casos se ha evidenciado alto nivel de salinidad y específicamente del Ion Boro, pero nada concluyente respecto a su efecto en los rendimientos y la calidad de la producción agrícola.

El contenido de boro en las plantas varía con las especies, la edad y los órganos analizados. Los síntomas de toxicidad generalmente aparecen por encima de 200 mg/l. Estos síntomas coinciden en la mayoría de cultivos con necrosis progresiva de las hojas que comienza con un amarillamiento de los bordes de las hojas, progresa entre los nervios laterales hacia la nervadura central y termina con un oscurecimiento y la posterior necrosis.

De acuerdo a estándares internacionales y teniendo en cuenta el efecto sobre los cultivos y la producción, la tolerancia al Boro presente en el agua de riego se muestra en el cuadro 22.

CUADRO 22 CLASIFICACION DE CULTIVOS DE ACUERDO A SU TOLERANCIA AL BORO EN AGUAS DE RIEGO

NIVEL DE TOLERANCIA	SENSIBLES	SEMI TOLERANTES	TOLERANTES
CONCENTRACIÓN	0,30 – 1,00 mg/l	1,00 – 2,05 mg/l	2,05 – 4,00 mg/l
CULTIVOS	Manzano, cerezo, limonero, naranja, peral, melocotonero, toronja, palta, higuera, vid, ciruelo, frijoles	Cabada, alfalfa, repollo, zanahoria, lechuga, cebolla, papa, calabaza, espinaca, tabaco, olivo, tomate, trigo	Espárrago, algodón, pepino, ajonjolí, remolacha, habas, pasto, centeno

FUENTE: M. de la Fuente “Diseño y desarrollo sistema tratamiento eliminación boro en vertidos industriales” Tesis Doctoral Univ. Politécnica Madrid – 2000

En el caso específico del nivel de Boro hallado en los suelos del valle de Tambo, los resultados son aparentemente contradictorios: Se obtienen rendimientos agrícolas más altos en suelos con contenido de Boro más elevado y viceversa. En primer lugar habría que señalar que los estudios fueron hechos con información general de campo, por consiguiente los probables efectos nocivos de las aguas debido al exceso de Boro, son encubiertos por otros factores mucho más determinantes de los rendimientos y calidad de la producción (Bajos niveles de fertilización, malas condiciones de drenaje, fecha de siembra y régimen de riego, etc.)

De acuerdo a la fuente del cuadro anterior, la **adsorción** del boro juega un papel importante en la determinación de la cantidad de boro disponible para la **absorción** por las plantas y su posible efecto perjudicial a esta. El **Boro Asimilable**, esta constituido fundamentalmente por ácido bórico $B(OH)_3$ y existe en cantidades muy reducidas en comparación con el boro total. Normalmente al aumentar el pH del suelo, la adsorción de Boro por parte del suelo es mayor, por lo tanto la disponibilidad de Boro absorbible por la planta es menor.

La textura de los suelos y las condiciones climáticas son factores determinantes de la cantidad de boro que pueden absorber los cultivos. Los suelos con textura ligera contienen en general mayores cantidades de boro soluble que los suelos de textura fina, ello es debido a que los minerales arcillosos incrementan su capacidad de **adsorción** del boro conforme se eleva el Ph, hasta un máximo cuando el pH es 8,5 a 9, reduciéndose la lixiviación.

Las condiciones climáticas no ejercen los mismos efectos en todos los cultivos, en cuanto a la absorción de boro; algunos acumulan más boro en condiciones de altas temperaturas y climas secos y otros lo hacen a bajas temperaturas y humedades más altas.

Los componentes minerales del suelo también influyen en la disponibilidad de boro; en suelos alcalinos con presencia de iones Ca libres, la disponibilidad de **Boro asimilable** por las plantas es mucho menor,

En el valle de Tambo es usual la aplicación de un riego abundante (especialmente en el cultivo de arroz y Caña de azúcar) ello propicia el lavado de las sales, incluido el Boro, lográndose rendimientos que no reflejan la alta presencia de Boro inicial.

Teniendo en cuenta que el contenido de boro en el agua del río Tambo se eleva en los meses de Octubre a Diciembre, es practica normal en el valle iniciar la campaña principal de cultivo entre diciembre y enero, con agua de mejor calidad, disminuyendo la posibilidad de daño por Boro.

En tierras con malas condiciones de drenaje y salinidad, los rendimientos son menores, independientemente del contenido de Boro.

Finalmente Practicas agronómicas inadecuadas determinan rendimientos bajos, independientemente del contenido de Boro.

De los resultados de las campañas de muestreo realizados en el estudio denominado: "Monitoreo de calidad de aguas superficiales del río Tambo", ejecutado por la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA, en el año 2003, se concluye que:

- En época de estiaje (Octubre a diciembre), el agua del río Tambo, en la zona de riego, tiene elevados niveles de concentración de sales solubles totales, cloruros y Boro (según estándares internacionales perjudiciales para los cultivos). En la realidad de Tambo no se ha podido cuantificar este perjuicio, porque sus efectos se dan en combinación con otras causas adversas.
- Los ríos: Titire, Putina, El Chorro, Río Vagabundo (Aguas termales) y Río Vagabundo, serían los principales afluentes contaminantes del río Tambo (según los análisis realizados), aunque el nivel de contaminación no sería representativo del promedio de la cuenca aportante, por que las muestras fueron tomadas muy cerca del sitio donde aflora el agua subterránea contaminada.
- La conductividad eléctrica de las aguas de la cuenca del río Tambo, de acuerdo a la clasificación de aguas para riego, varía de media a muy alta, encontrándose la mayor concentración de sales en los ríos Vagabundo (Aguas termales), Vagabundo, Titire y puente Ichuña.
- El contenido de boro en la época de estiaje (Octubre a Diciembre) en los ríos afluentes del río Tambo: Titire, Putina, Carumas y El Chorro, según los análisis realizados es muy alto (4 a 16,9 ppm), y en el Río Vagabundo (Aguas termales) extremadamente altas con 79,7 ppm. Esta información debe tomarse con reserva para establecer la contaminación promedio causada por cada fuente, por la proximidad del sitio de muestreo al afloramiento subterráneo contaminante.
- Casi en todos los puntos de muestreo, el contenido de cloruros es alto, variando entre 16,84 en el puente Freyre hasta 121,95 meq/lit en el río Vagabundo (aguas termales), este último muy influenciado por los afloramientos subterráneos contaminantes.
- Se señala la presencia de arsénico en concentraciones muy elevadas en tres puntos de muestreo: Río Putina (2,8 ppm); Río Vagabundo-aguas termales (23,12 ppm), Río Vagabundo (11,78 ppm).

Según los análisis realizados en mayo y Septiembre del 2003, el agua que finalmente se utiliza para riego en el valle de Tambo, en muestras tomadas en las tomas de Quelgua, Ensenada-Mejia/Mollendo, El Tuco y Freyre, tiene una concentración salina media-Alta, toxicidad por Cloro severa y por Boro ligera.

Si bien la Intendencia de Recursos Hídricos, viene realizado un monitoreo sistemático de la calidad del agua en 18 puntos de la cuenca del río Tambo (De sus principales tributarios y de éste en los puntos de derivación para riego), no se cuenta con información similar de los años previos a la construcción del proyecto Pasto Grande, por lo tanto no es posible establecer categóricamente en que proporción la derivación de aguas hacia la cuenca de Moquegua, ha provocado el deterioro de la calidad del agua que actualmente se utiliza en el valle de Tambo.

La tendencia general es que, en años secos, la salinidad del agua de río Tambo tiende a subir respecto a un año medio, pero también es cierto que en los últimos 30 años, tanto en años secos como húmedos, la salinidad total del agua en la parte baja del río Tambo se viene incrementando y ello se debería en parte al incremento de las áreas agrícolas bajo riego en la parte alta, (Actualmente 5 975 ha). Tierras permeables con alto contenido de sales. Otra causa de este incremento de la salinidad es el agravamiento de los problemas de drenaje, temporalmente mejorado en la primera mitad de la década de los 80, por las obras que ejecuto el REHATIC, perdiéndose su efecto en los años siguientes por falta de mantenimiento.

En el caso de Boro es más evidente la tendencia a incrementarse la concentración con la reducción del caudal, por consiguiente es razonable asumir que al haberse reducido las descargas del río Tambo, por la derivación parcial hacia el reservorio Pasto Grande, el nivel de boro es mayor, la dificultad estriba en cuantificar este incremento. Por ejemplo:

Q = 24,52 m³/s; B < 0,2 ppm (Mayo 1972)

Q = 14,19 m³/s; B = 6,4 ppm (Mayo 1982)

Q = 16,00 m³/s; B = 3,6 ppm (Mayo 2000)

Q = 9,55 m³/s; B = 5.5 ppm (Sep. 1972)

Q = 6,60 m³/s; B = 11,5 ppm (Ago 1996)

Q = 7,82 m³/s; B = 4,9 ppm (Oct 2000)

Cuadro 23 Toxicidad del agua de los principales contaminantes tributarios río Tambo, según INRENA-IRH, 2003

Lugar de muestreo	Contenido de sales, elementos tóxicos y clasificación de las aguas de riego					
	Salinidad (mmhos/cm)		Cloruros (meq/lit)		Boro (ppm)	
	Mayo 2003	Sep 2003	Mayo 2003	Sep 2003	Mayo 2003	Sep 2003
R. Titire	0,186 Baja	0,571 moderada	20,678 severa	62,062 severa	<0,2 ninguna	1,1 ninguna
R. Putina		2,650 alta		21,411 severa		15,6 severa
R. El Chorro	1,723 media/alta	2,080 Media/alta	9,591 ligera	17,046 severa	<0,2 ninguna	4,0 severa
R. Vagabundo (agua Termal)		11,470 excesiva		121,952 severa		79,7 severa
R. Vagabundo	15,700 excesiva	4,560 muy alta	35,404 severa	50,693 severa	<0,2 ninguna	9,2 severa
Toma EMM	1,964 media/alta	2,060 Media/alta	10,409 severa	17,321 severa	<0,2 ninguna	2,5 ligera

Cuadro 24 Resultados de calidad agronómica del agua – Río Tambo (Años 2000 – 2003)

Puntos de muestreo	C.E. mmhos/cm				Boro ppm				Cloruros meq/lt			
	10/2000	10/2001	10/2002	09/2003	10/2000	10/2001	10/2002	09/2003	10/2000	10/2001	10/2002	09/2003
Puente Ichuña			2,70 Alta	3,75 Alta			1,86 Ligera	1,1 Ninguna			0,18 Baja	38,26 Severa
Río Titire			3,58 Alta	0,57 Baja			10,82 Severa	16,9 Severa			22,99 Severa	62,06 Severa
Río Putina				2,65 Alta				15,6 Severa				21,41 Severa
Río Carumas				1,06 Media				4,7 Severa				6,68 Ligera
Río El Chorro	3,17 Alta	2,35 Muy alta	2,43 Alta	2,08 Media	5,39 Severa	2,15 Regular	4,41 Severa	4,0 Severa	19,08 Severa	14,72 Severa	8,85 Ligera	17,40 Severa
Río Vagabundo (Aguas termales)				11,47 Muy alta				79,7 Severa				121,95 Severa
Río Vagabundo			5,58 Muy alta	4,56 Muy alta			64,38 Severa	9,2 Severa			45,24 Severa	50,69 Severa
Quelgua	2,94 Alta	2,28 Muy alta	2,49 Alta	2,13 Media	4,88 Severa	2,71 Regular	5,88 Severa	1,1 Ninguna	17,83 Severa	14,56 Severa	14,75 Severa	18,59 Severa
Ensenada – Mejía - Mollendo (bocatoma)			2,33 Alta	2,06 Media			4,92 Severa	2,5 Ligera			13,34 Severa	17,32 Severa
El Tuco				2,15 Media				2,1 Ligera				18,42 Severa
Puente Freyre	2,79 Alta	2,20 Alta	2,38 Alta	2,04 Media	5,18 Severa	2,59 Regular	4,90 Severa	0,8 Ninguna	16,21 Severa	13,88 Severa	13,71 Severa	16,84 Severa

Fuente: “Monitoreo de la calidad de aguas superficiales del río Tambo” IRH.

Cuadro 25 Salinidad y Toxicidad del agua del Río Tambo (Estación La Pascana) *

Fecha de muestreo	CE(mmhos/cm)	Boro (ppm)	Clase para riego
14-05-72	1,5	5,5	C ₃ S ₂
28-11-72	2,7	12,2	C ₄ S ₃

* Proyecto de Irrigación La Clemesí, Volumen II "Hidrología y Climatología", Feb 1987

Cuadro 26 Salinidad y Toxicidad del agua del Río Tambo, ONERN 1974

Lugar de Muestreo	CE (mmhos/cm)	Boro (ppm)	Clasificación para riego
Toma Checa	0,84	0,9	C3S1
Puente Fiscal	1,03	0,9	C3S1
La Curva "Punta Bombón"	1,01	0,9	C3S1
Desagüe	1,97	2,3	C3S1
Filtración Irrigación Ensenada	6,93		C5S4
Mejía Mollendo	26,06		C5S4

Fuente: DGAS

Cuadro 27 Salinidad y Toxicidad por Boro del agua Río Tambo y Tributarios (20/01/82)

Lugar de muestreo	CE(mmhos/cm)	Boro (ppm)	Clase para riego
Paltiture	2,68	2,30	C ₄ S ₃
Río Ichuña	5,20	3,65	C ₄ S ₃
Río Titire	13,94	40,00	
Río Vizcachas	0,28	0,07	C ₂ S ₁
Río Tambo	3,69	6,40	C ₄ S ₂
Río Carumas	1,84		C ₃ S ₁

2.2.10 Acarreo de sedimentos

a) Generalidades

La vida útil de un embalse, ubicado en el cauce de un río, está directamente relacionado con el acarreo de sólidos de dicho río, el cual será retenido por el embalse, constituyéndose en el volumen muerto del embalse. En consecuencia, con la finalidad de establecer el volumen muerto, volumen útil y nivel de operación del embalse, es indispensable determinar el volumen de sólidos que será transportado desde los distintos puntos de la cuenca hacia el reservorio, durante la vida útil de diseño o proyecto.

Al igual que la mayoría de cuencas del país, las cuencas correspondientes a los sitios de represamiento Paltiture y Huayrondo no cuentan con registros de información sobre transporte de sólidos, para su cuantificación directa, por consiguiente se debe recurrir a métodos indirectos, establecidos con información de cuencas similares. Para los fines del presente estudio se debe determinar el acarreo de sólidos hacia los reservorios proyectados en Paltiture y Huayrondo.

- La cuenca Paltiture está ubicada sobre los 3800 msnm (Elevación media 4330 msnm), tiene una extensión de 1124 Km², relieve topográfico undulado, pendiente media 7,9%, cubierta principalmente por vegetación tipo ichu y una precipitación regular, promedio anual es de 550 mm.
- La cuenca Huayrondo es tributaria del río Tambo, cuya desembocadura está ubicada sobre los 250 msnm (la elevación media de la cuenca es 2250 msnm), tiene una extensión de 1190 Km², relieve topográfico muy ondulado, pendiente media de 10 %, semi desnudo y condiciones de aridez extrema en la parte baja y moderada precipitación en la zona sobre los 2 500 msnm. Las descargas más importantes ocurren en los años afectados por el fenómeno del Niño.

De conformidad con las características de las cuencas, el acarreo de sólidos hacia Paltiture, si bien moderado, resulta importante para un embalse de pequeña magnitud como el proyectado, pudiendo realizarse estimaciones del acarreo en base a experiencias en otras cuencas del país y fórmulas desarrolladas para este fin. En el caso de Huayrondo, los aportes promedio anuales son pocos significativos, no habiendo experiencia alguna a nivel nacional de mediciones en este tipo de cuenca árida.

b) Estimación del transporte de sólidos

Para el caso del embalse Paltiture, el acarreo de sólidos ha sido calculado por 5 métodos, seleccionándose conservadoramente el valor más alto obtenido. Para el embalse Huayrondo, se ha considerado que el transporte anual por Km² sería del orden de 4% del transporte en Paltiture, por lo siguiente, los caudales máximos probables en huayrondo es 15 a 16 % de los esperado en Paltiture y la superficie donde discurre agua con capacidad de erosión es aproximadamente 25% de la cuenca.

B.1 Transporte de sólidos según relación propuesta por Laugheim y Schumm

En la figura 2 se muestra la relación obtenida por Laugheim y Schaumm, entre la precipitación media anual, el volumen de sólidos anualmente aportados por unidad de superficie de cuenca y la cobertura vegetal predominante.

En el caso de la cuenca Paltiture, cubierta fundamentalmente por pastos naturales y con una precipitación media anual de 550 mm, el acarreo medio de sólidos, calculado por este procedimiento sería 190 Tn/Km²-año.

En el caso Huayrondo el acarreo medio de sólidos, calculado por este procedimiento sería: 7,6 Tn/Km²-año.

B.2 Transporte de sólidos en función de la altitud y Cociente: Volumen sólido/caudal medio, medido en diferentes ríos de la costa Peruana

En la figura 3, adjunta elaborada con información sedimentológica de diferentes ríos del país, se relaciona la altitud media de la cuenca con el cociente: Volumen de sólidos/ caudal hídrico medio anual de la cuenca aportante.

En el caso de la cuenca Paltiture, con una altitud media igual a 4330 msnm, el cociente Volumen de sólidos/ caudal hídrico medio anual = 0,0006. Por consiguiente, siendo el caudal medio anual total 174,4 MMC y la superficie de la cuenca 1124 Km², el caudal medio anual por Km² de cuenca resulta siendo 155 160 m³/Km². Por consiguiente el volumen anual de acarreo por Km² de cuenca resulta siendo:

$$(155\ 160\ \text{m}^3/\text{Km}^2) \times (0,0006) = 93,096\ \text{m}^3/\text{Km}^2\text{-año}$$

Si consideramos un peso específico de 1,6, la masa de sólidos acarreados, calculado por este procedimiento, sería: 149 Tn/Km²-año.

En el caso Huayrondo el acarreo medio de sólidos calculado por este procedimiento sería: 5,96 Tn/Km²-año

B.3 Transporte de sólidos según Ecuación de Fleming

Fleming relaciona el transporte de sólidos de una cuenca con la descarga media anual de la cuenca y el tipo de cobertura, de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$Q_s = a Q^n$$

Donde:

Q_s = masa de sólidos acarreados (Tn)

Q = Caudal hídrico medio anual (pies³/s)

a y n = son parámetros que dependen de la cobertura de la cuenca

Para la cuenca del río Paltiture: $Q = 5,53\ \text{m}^3/\text{s} = 195,29\ \text{pies}^3/\text{s}$, $a = 17,474$ y $n = 0,65$, por consiguiente:

$$Q_s = 17,474 \times 195,29^{0,65} = 538,68\ \text{Tn/Km}^2\text{-año}$$

En el caso Huayrondo el acarreo medio de sólidos calculado por este procedimiento sería: 21,56 Tn/Km²-año

B.4 Transporte de sólidos según Ecuación de Murano

La ecuación de Murano fue derivada en base a información obtenida de 103 embalses. Esta relaciona el acarreo de sólidos de la cuenca, la precipitación anual, la superficie, la altitud media y la pendiente media de la cuenca y tiene la siguiente expresión:

$$Q_s = 10^{-3,2} A^{-0,229} P^{0,97} H^{1,21} I^{0,88}$$

Donde:

Q_s = masa de sólidos acarreados (m³/Km²-año)

A = Area de la cuenca aportante (Km²)

- P = Precipitación media anual (mm)
 H = Elevación media de la cuenca (msnm)
 I = Pendiente media de la cuenca (m/m)

Para la cuenca del río Paltiture, con una precipitación media anual de 550 mm, una altitud media de 4330 msnm y una pendiente media de 7,9% (0,079); el acarreo de sólidos por Km^2 de cuenca resulta expresada de la siguiente manera: $Q_s = 1284 A^{-0,229}$. En consecuencia para una cuenca de 1124 Km^2 , el volumen de acarreo de sólidos anuales calculado por este procedimiento es igual a $257 \text{ m}^3/\text{Km}^2$. Para un peso específico de $1,6 \text{ Tn/m}^3$, la masa de sólidos acarreados sería:

$$Q_s = 411 \text{ Tn/Km}^2\text{--año}$$

Para la cuenca Huayrondo, el acarreo medio de sólidos calculado por este procedimiento sería:

$$Q_s = 16,44 \text{ Tn/Km}^2\text{--año}$$

B.5 Transporte de sólidos en base a información del río Mantaro.

En base a información proveniente de varias subcuencas del río Mantaro, se obtuvo una ecuación que relaciona el área de la cuenca aportante con el volumen de sólidos acarreados por Km^2 :

$$Q_s = 780,7 A^{-0,25}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \text{Volumen de sólidos acarreado (m}^3/\text{Km}^2\text{--año)} \\
 A &= \text{Área de la cuenca aportante (Km}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

Para el caso de la cuenca Paltiture ($A = 1124 \text{ Km}^2$), el volumen de acarreo anual resulta ser $Q_s = 126 \text{ m}^3/\text{Km}^2$. Por consiguiente para un peso específico de 1,6, la masa de sedimentos acarreados en Paltiture, calculado por este procedimiento resulta ser:

$$Q_s = 202 \text{ Tn/Km}^2\text{--año}$$

Para la cuenca Huayrondo, el acarreo medio de sólidos, calculado por este procedimiento sería:

$$Q_s = 8,1 \text{ Tn/Km}^2\text{--año}$$

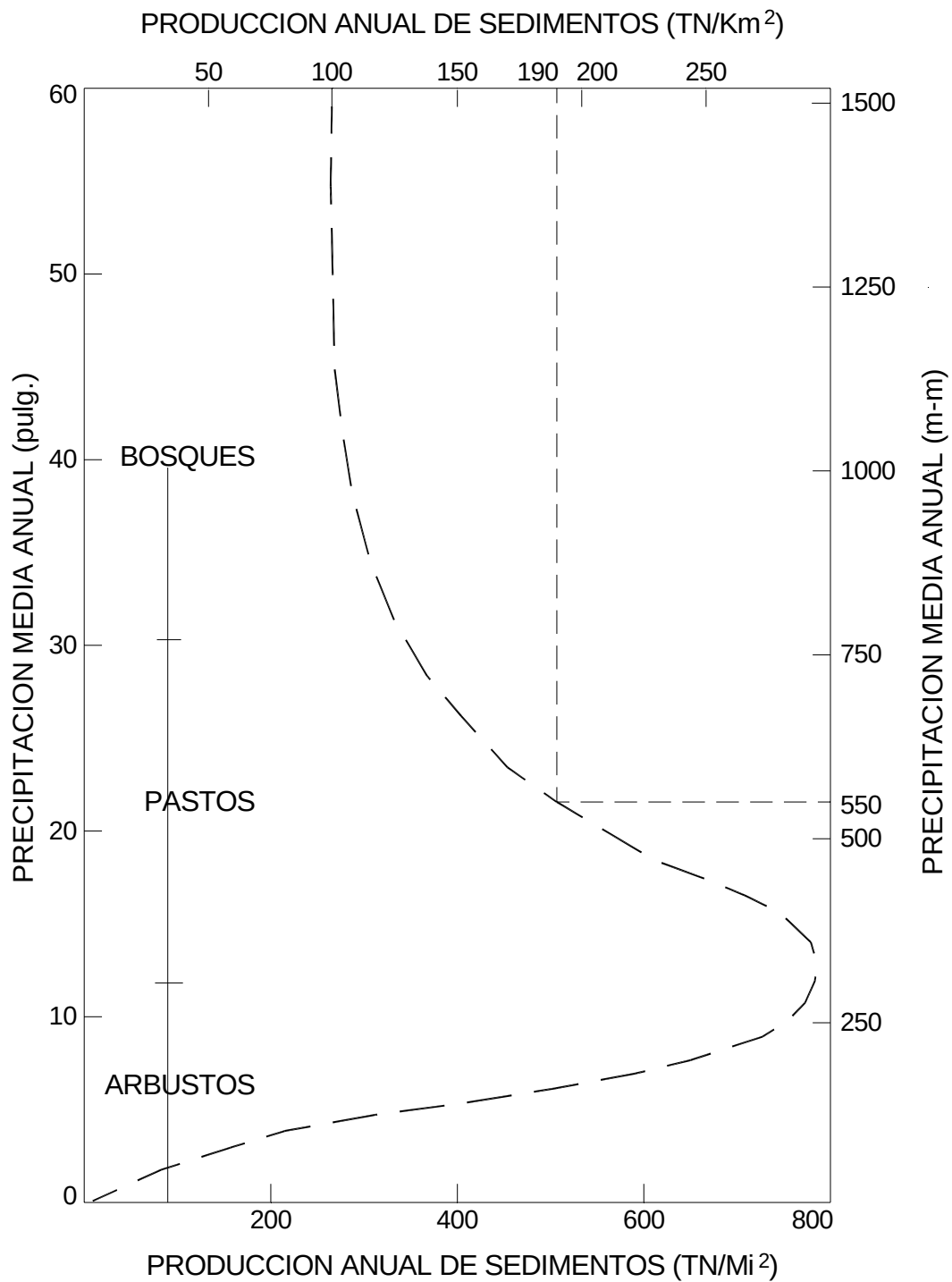
B.6 Volumen muerto de diseño

Conservadoramente se considera que el acarreo de sólidos sería:

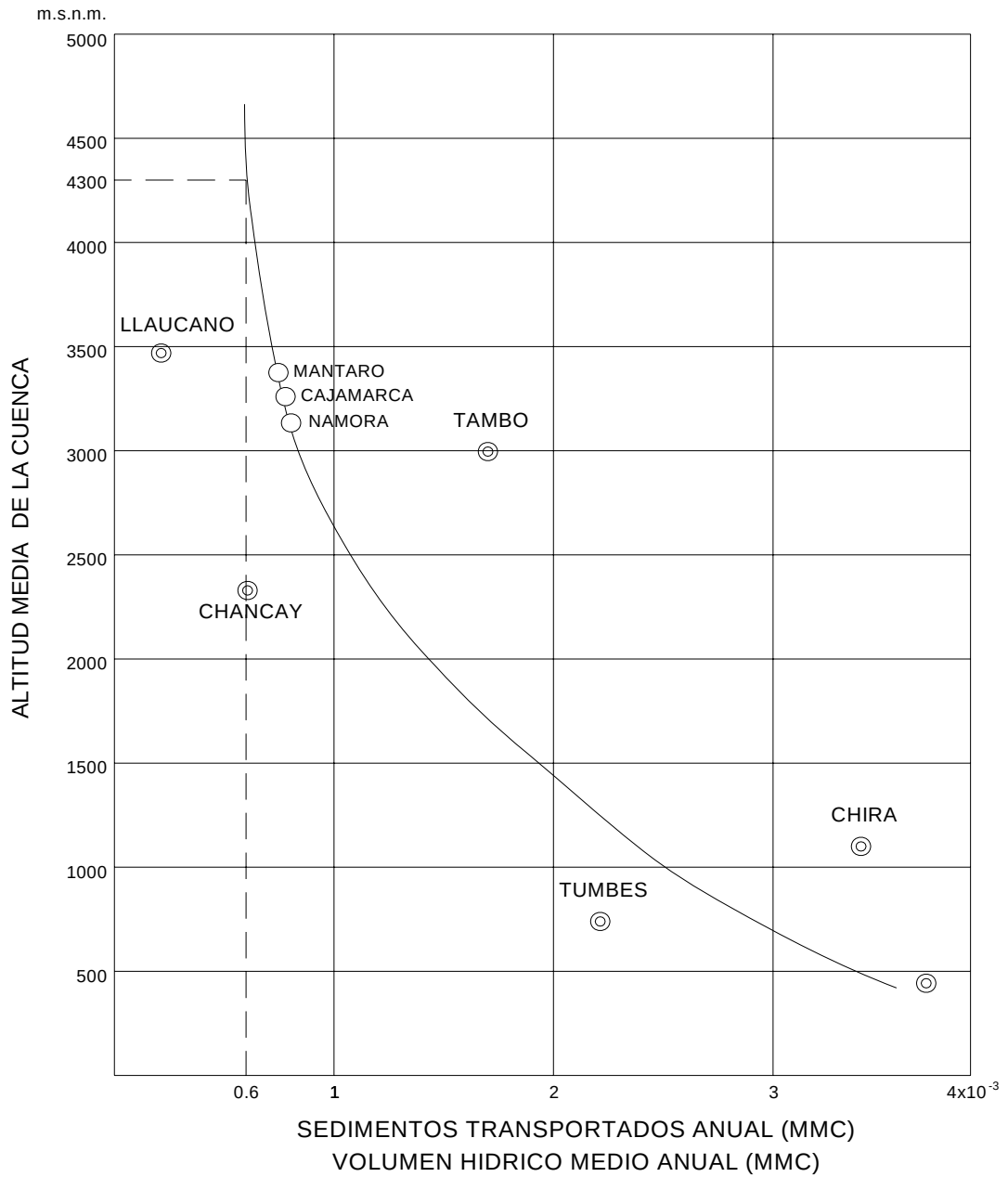
En Paltiture: $539 \text{ Tn/Km}^2\text{--año}$ ($337 \text{ m}^3/\text{Km}^2\text{--año}$), por consiguiente el acarreo total en 50 años sería: 19 MMC.

En Huayrondo: 21,56 Tn/Km²-año (13,5 m³/Km²-año), por consiguiente el acarreo total en 50 años sería: 0,804 MMC

RELACION DE PRECIPITACION MEDIA ANUAL Y VOLUMEN DE SOLIDOS POR UNIDAD DE AREA



ALTITUD VS. SEDIMENTOS TRANSPORTADOS DE VARIAS CUENCAS DEL PERU



2.3 Geología, Hidrogeología y Sismicidad

En esta parte del estudio, que se detalla en el Anexo II, se desarrollan los siguientes temas:

- Evaluación de las condiciones geológicas y determinación de las bondades y/o limitaciones geomecánicas de los materiales que constituyen la fundación de las obras.
- Determinación el Riesgo Geodinámico para fines de diseño, asegurando la funcionalidad y vida útil de las obras hidráulicas.
- Información geológica de los materiales de excavación, y canteras para relleno, con la finalidad de establecer los costos de ejecución de los diferentes componentes de las obras del proyecto.
- Determinación de las áreas y volúmenes potenciales de materiales de préstamo utilizables para la construcción.
- Suministro de información geológica para el estudio de la Línea Base del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto.
- Evaluación Preliminar Hidrogeológica de la Cuenca y
- Análisis del Riesgo Sísmico

2.3.1 Geología de La Cuenca del Río Tambo

a. Descripción Geológica General de la cuenca

Las formaciones geológicas que constituyen la cuenca del río Tambo datan del Mesozoico, desde el Jurásico hasta el Cuaternario reciente. Están representadas por rocas sedimentarias, intrusivas y extrusivas; sobre las cuales actúan los procesos geodinámicos internos y externos, modificando las formaciones rocosas de acuerdo al mayor o menor comportamiento geomecánico y dando lugar a la formación de estructuras o fracturas, plegamientos y formaciones de cuerpos intrusivos o volcánicos de diferente cohesión y resistencia.

El comportamiento geodinámico de las rocas de la región, se encuentra identificado por el grado de fracturamiento de carácter Tectónico o sismo-tectónico, por la permeabilidad de las rocas a la acción erosiva de las aguas meteóricas, el viento y los glaciares. Estas perturbaciones de las rocas y el proceso de vulcanismo, propio de la región, se manifiesta en la presencia de conos volcánicos o cráteres con fumarolas o cenizas volcánicas.

Las principales unidades litológicas, con edades comprendidas entre el Cretáceo y el Cuaternario reciente son:

Volcánico Chocolate: Localizados en la margen izquierda del río Tambo, sector La Pascana. conformantes de la cadena costera. Esta constituida por lavas andesíticas de color verdoso a Chocolate que muestra textura afánica o porfírica. Ocasionalmente se encuentran bancos de Dacitas gris clara con estructura amigdaloides y bancos de calizas de hasta 8 metros de espesor. En las laderas se observa a esta unidad litológica intruida por granodiorita.

Formación Toquepala: Localizada aguas arriba del **Volcánico Chocolate**, en la margen izquierda del río Tambo, cabecera del valle de Tambo. En la parte inferior esta conformada por derrames, brechas de flujos piroclásticos de composición andesítica, dacitas y riolitas. De color verdoso pardo y violeta. En la parte media se encuentran lentes de conglomerados y areniscas de color verde a marrón. En la parte superior de esta secuencia se observan derrames y brechas de flujos riolíticos de colores marrón claro y aglomerados de color blanquecino, rosado o verdoso. Esta unidad tiene un grosor promedio de 650 a 1000 metros.

Formación Moquegua: Localizada al norte de la **Formación Toquepala**, margen derecha del río Tambo, al norte del sector La Pascana. Esta formación se expone sobre unos cerros y en general en las numerosas quebradas secas.

Formación Pichu: Esta constituida por una serie de volcánica-clástica, con niveles de andesita porfírica de estructura maciza, lenticular y textura mayormente brechoide, porfírica y areniscosa. Litológicamente se presentan como tufos riolíticos y andesíticos brechoides. Finalmente se tienen lavas andesíticas y andesitas porfíricas de color verdoso y violáceo con matriz vítrea.

Unidad Volcánico Tolapalca: se trata de una unidad de rocas volcánicas de características intrusiva y estructura maciza, conformada por andesitas porfíricas con matriz vítrea relacionado con la presencia de aguas termales.

Formación Quemillone: Consiste de una serie volcánica sedimentaria, cuya base esta constituida por un conglomerado de fragmentos angulosos a subredondeados de andesitas y dacitas, con matriz arenosa de grano medio a grueso. La secuencia continua con areniscas conglomeráticas, lutitas, calizas salificadas con lentes de chert. Con una estratificación delgada a regular y sub horizontal 200 N.MW.

Formación Capillone: Esta formación esta constituida por una serie alternante de areniscas arcóscas de grano fino, pobremente diagenizadas, con colores grises a amarillentos, arcillas blanco amarillentas en capas delgadas, lentes de areniscas conglomeráticas con matriz tufácea. Esta aflora en el área de Húmalso, entre los cerros Antametatane y Chapaco. Topográficamente son lomadas de cumbres mas o menos horizontales o tierras bajas que cubren amplias zonas. Se encuentran en posición horizontal o ligeramente inclinada sin ofrecer mayores deformaciones estructurales.

Esta unidad subyace en discordancia ocasional al Volcánico Huaylillas que es del Plioceno medio a superior e infrayace al Volcánico Barroso, de edad Plio-

Pleistoceno, con discordancia igualmente ocasional; por consiguiente a la formación Capillune se le considera perteneciente al Plioceno superior.

Volcánico Barroso: Está constituido por una secuencia de rocas volcánicas intercaladas en bancos de tobas y lavas de composición traquíticas con cantidades menores de andesitas. Esta se hace evidente en la zona de Húmalso y al sur de Chilligua, formando los cerros más altos de la zona.

En el área esta formación se encuentra cubriendo directamente al Volcánico Huaylillas y muy localmente a la formación Capillune. Estas dos unidades están cubiertas por depósitos fluvioglaciales que se encuentran ocupando las pampas.

La formación Volcánico Barroso, estratigráficamente subyace a la formación Capillune, del Plioceno superior con discordancia erosional e infrayace a depósitos del cuaternario antiguo, por consiguiente se le ubica entre el Plioceno superior y el Pleistoceno.

Depósitos Morrénicos y Fluvioglaciales: Estos están compuestos por una mezcla heterogénea de cantos angulosos de rocas volcánicas en una matriz areno-arcillosa. Estas se les encuentran en la pampa de Humajalzo, extendiéndose parcialmente hasta las cercanías de Chillihua; formando suaves ondulaciones y cubiertos parcialmente por una rala vegetación (ichu). Estos depósitos se consideran pertenecientes al Pleistoceno.

Depósitos Cuaternarios: Incluyen los depósitos aluviales, fluviales y bofedales. Los depósitos aluviales se diferencia en: terrazas y abanicos, encontrándose al primero en la Pampa El Alto; el mismo que esta compuesto por cantos redondeados, sub-angulosos y angulosos, de varios tipos de roca (mayormente volcánicas de 0,05 a 0,30 m de diámetro, englobadas en una matriz areno-arcillosa). Aisladamente se encuentran lentes de areniscas y tufos redepositados.

En menor grado, los torrentes subsidiarios al río principal, han depositado en su desembocadura, todo tipo de materiales clásticos (gravas y bloques angulosos de tamaño variable, mezclados con arenas y arcillas), dispuestos en forma típica de abanicos aluviales. Los depósitos fluviales, constituidos por gravas, arenas y arcillas en actual proceso de transporte y deposición, pueden ser observados a lo largo de todo el valle de Tambo (Desde la parte media hasta la parte baja). **Los Bofedales** se encuentran circunscriptos al altiplano, en los nacimientos de las quebradas y ríos. Estos están constituidos por pequeños depósitos de arenas arcillosas, con materia vegetal descompuesta, en zonas pantanosas, donde crecen diferentes variedades de pasto natural.

Tectonia

Desde el punto de vista regional, la actividad tectónica más significativa en el período holocénico está representada por la ocurrencia de fallas. Según las precisiones del Instituto Geofísico del Perú (IGP, 1981), la neotectónica estudia

las fallas activas o que hayan tenido reactivación en el transcurso de los últimos 10,000 años, es decir durante el Holoceno; pudiéndose distinguir hasta tres tipos de fallas activas:

- Falla activa comprobada por sismicidad instrumental (parte del siglo XX)
- Falla activa documentada por la sismicidad histórica (entre los siglos XVI y XX)
- Falla activa evidenciada por estudios neotectónicos (entre 10,000 años y Siglo XV)

En el territorio peruano no se conoce ninguna falla activa con documentación de sismicidad histórica por lo tanto todos los casos corresponden al primer tipo.

Los estudios efectuados por el I.G.P. (1981) revelan que en el territorio peruano existen numerosas fallas activas y entre las más importantes se encuentra la falla de Huaytapallana.

La falla de Huaytapallana se encuentra al pie de la cordillera del mismo nombre; el trazo de la falla de varios kilómetros de extensión tiene rumbo NO-SE con buzamiento de 65° hacia el NE. Esta falla a raíz del sismo de 1969 tuvo un movimiento siniestral inverso, siendo el desplazamiento vertical variable, pero en todos los casos inferior a los 2.0 m.

En las inmediaciones al área del Proyecto no fue observada ninguna evidencia de influencia neotectónica, es decir se descarta la presencia de fallas activas.

b. Geomorfología General de la Cuenca del Río Tambo

En la cuenca del río Tambo se distinguen unidades geomorfológicas transversales al eje del río, aproximadamente paralelas a la costa. Estas unidades son:

- Una faja costera angosta, formada por tierras bajas
- Un territorio llano, amplio y disectado, que constituye las pampas costeras desiertas
- Una cadena de cerros de relieve suave con alturas que pasan los 1 200 msnm.
- Zonas altas que corresponden a las estribaciones terminales de la cordillera occidental, con alturas que van de los 1 200 a los 3 000 msnm
- Flanco Andino, que comprende el borde occidental de la cordillera.

Las tres primeras unidades son áridas, las tierras sólo pueden ser cultivadas con riego (como ocurre a lo largo del valle de Tambo). Cada unidad fisiográfica tiene formas características de modelado, clima y vegetación propia. La zona alta se caracteriza por su precipitación en los meses de verano (Dic a marzo).

Desde el punto de vista económico y social, la unidad geomorfológica más importante lo constituyen las riberas y las terrazas marinas, comprendidas entre la orilla del mar y aproximadamente la cota 400 msnm. En esta unidad se

distinguen las riberas marinas propiamente dichas y las tierras bajas cultivables en terrazas.

La prolongación de estas terrazas constituyen las extensas pampas de ambos márgenes del valle del río Tambo, en cuya superficie se puede distinguir terrazas formadas por materiales aluviales superpuestas a capas horizontales de arena y arcilla con lentes de grava de probable origen marino (por la presencia de restos de conchas marinas entre las capas)

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por mostrar formas topográficas suaves, redondeadas de aspecto ondulado, mostrando rangos propios de paisajes maduros.

Durante el invierno la parte frontal de la cadena costera, se mantiene casi permanentemente cubierta por densa neblina, provocando una lluvia de grano fino, suficiente para el desarrollo de una vegetación natural temporal, conocida como lomas.

En las partes bajas (hasta los 1 200 msnm), los depósitos recientes son abundantes y están constituidos por terrenos aluviales, conos de deyección y materiales de deslizamientos. Los dos primeros se distribuyen a lo largo del cauce del río Tambo y el tercero presenta un control litológico estructural.

Flanco Andino: Al este y noreste de la llanura costera se extiende el Flanco Andino. Esta zona está formada por rocas volcánicas y macizos intrusivos. Presenta un relieve topográfico abrupto y disectado.

El límite entre ambas unidades geomorfológicas es muy definido, marcado por el cambio brusco e pendiente, variando de suave en las pampas de la costa a muy empinada en la parte frontal del Flanco Andino.

La parte alta es un terreno de superficie moderadamente ondulada e inclinada, con algunos sectores planos. Se trata de superficies de erosión antigua, labrada en roca volcánica.

La otra subdivisión geomorfológica de la zona son los valles Andinos, con altura menor a 3 900 msnm. En estos lugares ocurren con mayor intensidad los procesos de erosión, de denudación y acumulación de materiales. La erosión es principalmente vertical, el agente es el agua a través de los ríos, provocando en algunos casos pequeños derrumbes y asentamientos locales.

La Unidad Geomorfológica Altiplano: esta ubicada en las partes altas (sobre los 4200 msnm) en las nacientes de los ríos: Tincopampa, Jachata, Jucmarini, Vizcachas-Pasto Grande y Chilota.

c) Descripción Geológica General de Paltiture

c.1 Generalidades

El área de estudio de la alternativa Paltiture se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca del río Tambo, sobre los 3800 msnm, donde afloran rocas volcánicas y volcánicas inconsolidados del Cuaternario Reciente.

Las rocas más antiguas que afloran en esta área están representados por la formación Pichu que es una secuencia volcánica clástica, compuesta de tufos y lavas que sobreyacen al volcánico Tolapalca que son derrames lávicos andesíticos, encima se halla la formación Quemillone que es volcánico sedimentaria cubriendo a las anteriores se tienen los depósitos inconsolidados del Cuaternario Reciente.

El emplazamiento de la Presa Paltiture, corresponde a una zona típicamente volcánica, con manifestaciones y características propias (Presencia de brechas volcánicas, campos geotermales, efectos hidrotermales, artesianismo, relleno del carbonato de calcio, etc.). Sin embargo, la característica más resaltante a mencionar constituye el emplazamiento del volcánico Tolapalca (K TI – To), sobre el cual se construirá la Presa.

Este material volcánico, esta constituido por andesitas de textura porfirítica y matriz vítrea, se presenta como un gran emplazamiento a lo largo de toda la Quebrada en el eje de la Presa, río Fundición y confluencias de los ríos Tincopalca y Quemillone.

Esta formación se caracteriza por tener un fracturamiento denso por efecto del crioclastismo, así como presentar vesículas (oquedades) por efecto de fuga de gases, este fracturamiento puede incrementarse por efectos de cambios del clima, cambios de temperatura, efecto del agua y otros procesos.

La predisposición al pre-fracturamiento de la roca volcánica, como producto del enfriamiento durante su proceso de intrusión, determina la tendencia a la formación de bloques de 6 y 8 pulgadas y una marcada preferencia a formar bloques tubulares, esto en razón a la dirección preferencial de la intrusión.

El área del vaso y de la cuenca, de la alternativa Paltiture, se desarrolla aguas arriba de los 3,800 a 4,000 msnm. Por sobre los 3,900 msnm, los terrenos tienen características propias de la región Puna, es decir pampas separadas de suaves colinas y en algunos casos, como ocurre en el área del proyecto, incluye algunas montañas abruptas. Relieve que se describe como superficies de erosión madura horizontal, ligeramente ondulada y parcialmente rellenas por material morrénico – fluvioglacial y piroclástico. Encontrándose actualmente afectada por procesos erosivos fluviales, modelando los terrenos de acuerdo a la roca del basamento.

La zona con altura menor de 3,900 m.s.n.m., corresponden a la formación de valle, que corresponde a las cauces principales de las quebradas Quemillone, Tincopalca y Paltiture, son lugares donde se producen con mayor intensidad los procesos de erosión y por ende la denudación y acumulación de materiales. La erosión es principalmente lateral, cuyo agente es el agua originando en algunos casos pequeños derrumbes y asentamientos muy locales que no afectarían a la obra proyectada.

El eje de cierre de la Presa Tolapalca se encuentra emplazada en un valle simétrico semicircular, en forma de U, aproximadamente a 150 m. aguas abajo de la confluencia de los ríos Quemillone y Tincopalca, teniendo los extremos de este valle una amplitud de 80 m. de ancho, con taludes escarpados (pendientes que oscilan entre los 70° y 82°), y una altura de 90 a 100 m., estos taludes naturales, así como otras manifestaciones exteriores como cortes profundos y escarpes aledaños a la zona del eje de Presa demuestra la competencia y la estabilidad estructural del macizo rocoso; sobre el cual han actuado agentes externos de erosión, denudación, intemperismo, etc.

c.2 Estratigrafía de la zona de Paltiture:

La zona de Paltiture, presenta las siguientes formaciones estratigráficas:

(i) CRETACEO – TERCIARIO INFERIOR (kti)

Formación - Pichu (kti – pi), Constituida por una serie volcánica – Clástica, con niveles de andesita porfirítica de estructura maciza, lenticular y textura mayormente brechoide, porfirítica y arenisca; litológicamente se presentan tufos riolíticos y andesíticos brechoides, con clastos de andesitas y/o dacitas, su tonalidad es blanquecina; así mismo se tienen lavas andesíticas y andesitas porfíticas de color verdoso y violáceo con matriz vítrea, ubicándose mayormente en la zona sur del proyecto, donde se ha proyectado el eje de presa, su profundidad no ha podido ser establecida, pero constituye el basamento de la Represa.

Formación Volcánico Tolapalca (kti – To), Se trata de una unidad de rocas volcánicas de característica intrusiva y estructura maciza, conformadas por andesitas porfiríticas con matriz vítrea, relacionada a la presencia de aguas termales; dentro de la zona de estudio, están ubicadas en el eje de presa, río Fundición y cerca de la confluencia de los ríos Tincopalca y Quemillone. Por sus características texturales y resistencia son buenas para enrocados.

Su potencia en el área de estudio ha sido establecido mediante Perforación Diamantina en 120 m de profundidad (Plano G-2).

Sus características Geotécnicas o como material de ingeniería se consideran buenas.

(ii) CRETACEO – TERCIARIO INFERIOR A MEDIO (ktim)

Formación Quemillone (ktim – Q), Corresponde a una serie volcánico-sedimentaria, que en la base está constituido por un conglomerado de fragmentos angulosos a subredondeados de andesita y dacita, con matriz arenosa de grano medio a grueso; sigue la secuencia de areniscas conglomeráticas, lutitas, calizas silicificadas con lentes de Chert con estratificación delgada a regular y sub-horizontal 200 N.W., se le ubica en los márgenes derecha e izquierda del río Quemillone, Charamaya, aguas arriba y margen izquierda del río Tincopalca.

La formación yace en discordancia erosional sobre el volcánico Tolapalca o directamente sobre la formación Pichu, su potencia no ha podido ser establecida en el área de estudio.

(iii) CUATERNARIO (Q), Se tiene diferentes tipos de materiales, por su origen se han clasificado en:

Depósitos Lacustres (Q – la), Conformados por arcillas, limos plásticos y arena fina de estructura laminar, color gris marrón claro, se les halla en el río Paltiture y cerca a la confluencia de los río Tincopalca y Quemillone (margen izquierda). De acuerdo a las perforaciones realizadas, estos se presentan a diferentes profundidades de las primeros estratos del subsuelo.

Depósitos Eluviales (Q – el), Están constituidos por arenas y limos de poco espesor, se han formado por la alteración del basamento conservando en algunos casos su textura, en otros casos están mezclados con materiales deluviales.

Depósitos Proluviales (Q – pr), Desde el punto de vista litológico están formados por limos, arenas, gravas y escasos fragmentos pequeños, con bordes mayormente angulosos a sub angulosos, con pocos metros de espesor, se les ubica en la desembocadura de algunas quebradas formando los llamados conos de deyección.

Depósitos Coluviales (Q – co), Están conformados por fragmentos angulosos con diámetros de hasta 2.0 m. superpuestos y acomodados por la acción de la gravedad, están localizados al pie de laderas.

Depósitos Deluvio - Coluviales (q – de - co), Están constituidos por arenas limosas y arcillosas, englobando fragmentos de grava y cantos, se les ubica en las pares bajas de las laderas.

Depósitos Deluviales (Q – de), Conformados por arcillas, limos arcillosos con arenas y gravas de bordes angulosos a sub angulosos, se les ubica en las laderas de las quebradas, originados por la escorrentía de aguas de lluvias.

Depósitos Aluviales Antiguos (Q – al), Constituidos por depósitos transportados en épocas de avenidas, formando terrazas a diferentes niveles, son mezcla de arenas y gravas con cantos y bolos, incluye lentes de arenas limosas y arcillosas.

Depósitos Fluviales (Q – fl), Constituidos por arenas medias a gruesas, con cantos y bolos de bordes sub-redondeados, se les ubica en los cauces de los ríos, como son Charamayo, Quemillone, Tincopalca y Paltiture.

c.3 Condiciones Geológicas de cimentación de la Presa Paltiture

(i) Geomorfología

La zona de cierre de la alternativa Paltiture tiene una sección transversal en forma de “V”, que caracteriza a un valle joven, con flancos simétricos de taludes empinados (65°- 70° a subverticales) que corresponderían a los estribos de la presa y que regionalmente representaría a la zona de valles.



El Río Paltiture se forma por la confluencia de los ríos Tincopalca y Quemillone, limitada en ambas márgenes por farallones; estos ríos son los agentes formadores de los depósitos aluviales presentes en el cauce de los mismos.

Geodinámicamente la zona de la presa, es estable, observándose solamente presencia de diaclasas, débil fisuramiento e intemperismo moderado en el macizo, que no generaría cambios significativos en las geoformas existentes de la zona.

(ii) Litología y Estratigrafía

En la zona de presa de la alternativa Paltiture, específicamente en los estribos, la litología corresponde a una andesita gris con pátina rojiza de textura porfírica, de morfología o estructura en disyunción columnar, con débil fracturamiento y ligera alteración, pertenecientes al Volcánico Tolapalca de edad Cretácica al Terciario inferior; estratigráficamente esta formación yace en discordancia erosional a la Formación Pichu e infrayace a la Formación Quemillone. Cabe mencionar que en la margen derecha del Río Tincopalca, a unos 30-40 m antes de la confluencia del Río Quemillone, muy cerca del espejo de agua del río, se observó estratos de una serie volcánica-sedimentaria sub horizontales de naturaleza arenosa tufácea, probablemente correspondiente a la Formación Pichu.

En la zona de los estribos los afloramientos andesíticos no presentan material de cobertura o de depósitos cuaternarios.

(iii) Geología Estructural

En la alternativa Paltiture, en el macizo donde se emplazan los estribos no se ha observado fallas, ni otros rasgos estructurales mayores, observándose solamente dos sistemas de fracturas de rumbo NNE y NNW con buzamientos de 30°- 40° al SE y SW respectivamente.

(iv) Caracterización Ingeniero Geológica de Paltiture

Estribo Izquierdo:

Parámetro	Características
Litología	Andesita
Pendiente (°)	65° a subverticales
Peso específico (T/m ³)	> 2.5
Tamaño de granos (mm)	0.1
Grado de alteración	Medianamente alterada (A-3)
Fracturamiento	F-2 (2): 1-5 fract/m
Factor de esponjamiento (%)	1.60
Dureza Mohs	(3) Medianamente dura
Resistencia a la compresión simple (M-Pa)	300 - 400
Clasificación Geomecánica	75 – 77, Roca Clase II (2) Buena Calidad. Ver

Estribo Derecho:

Parámetro	Características
Litología	Andesita
Pendiente (°)	70° a subverticales
Peso específico (T/m ³)	> 2,5
Tamaño de granos (mm)	0,1
Grado de alteración	Medianamente alterada (A-3)
Fracturamiento	F-2 (2): 1-5 fract/m
Factor de esponjamiento (%)	1,60
Dureza Mohs	(3) Medianamente dura
Resistencia a la compresión simple (M-Pa)	300 - 400
Clasificación Geomecánica	75 – 76, Roca Clase II (2) Buena Calidad.

C.4 Condiciones Geológicas del Vaso Paltiture

(i) Geomorfología

La zona del embalse, incluye dos quebradas, con escaso desarrollo aluvial. En ella predomina la serie vulcano-sedimentaria, representada por la Formación Quemillone del Cretáceo superior al terciario inferior a medio, cuya litología está compuesta de una alternancia aparentemente irregular de conglomerados de grano fino a grueso, lutitas rojas, tufos retrabajados, calizas lacustres en bancos de 3 a 4 m de espesor y grauwacas a menudo con estratificación cruzada.

Superficialmente no se ha observado deslizamientos recientes o activos. Los deslizamientos antiguos son estables y de pequeña extensión, por consiguiente, de reactivarse como consecuencia del embalse, no comprometerían a la presa ni al embalse.

Las rocas volcánicas, no están expuestas a cambio alguno por la naturaleza segura y estable que tienen.

Los depósitos inconsolidados de laderas, en algunos lugares, podrían sufrir pequeños asentamientos y reacomodos por efecto de la saturación del agua, sin embargo, por la pequeña magnitud y pendiente suave de las laderas, estos serían atenuados por lo que puede afirmarse que no se presentarán problemas grandes de estabilidad de laderas.

(ii) Litología y Estratigrafía

La zona del vaso de la **alternativa Paltiture**, litológicamente está conformada en pequeña proporción por cantos rodados, gravas, arenas, limos de naturaleza fluvio aluvial y en mayor proporción por el Volcánico Tolapalca-Formación Pichu; conformados por derrames lávicos andesíticos, tufos riolíticos y brechoides andesíticos.

Esta conformación por sus características litológicas, resulta ser un sello impermeable. Dentro del Volcánico Tolapalca, existe un acuífero subterráneo, de aguas juveniles resultantes de la acción termal de la cámara magmática, localizada a gran profundidad, las cuales emergen calientes a la superficie por artesianismo, a través de las fracturas principales. Este artesianismo nos demuestra la impermeabilidad de los estratos profundos.

(iii) Geología Estructural

En la zona del embalse de la **alternativa Paltiture**, no se ha notado la presencia de fallamientos activos que puedan comprometer la seguridad de las obras.

En esta alternativa es clara la ausencia de procesos neotectónicos, por lo tanto la posibilidad de activación de fallas es nula.

(iv) Estanqueidad del Vaso

En la **alternativa Paltiture**, teniendo en cuenta las evaluaciones efectuadas, principalmente por las características litológicas de los flancos, su grado de fracturamiento y la permeabilidad del basamento, se puede manifestar que la estanqueidad del vaso es buena.

(v) Materiales de Construcción en Paltiture

De la alternativa Paltiture existen estudios de campo y laboratorio detallados de los materiales de construcción. Habiéndose desarrollado trabajos de investigación geotécnica, que permiten conocer las características geomecánicas y físico-mecánicas de los materiales, así como la estimación de volúmenes disponibles para el diseño racional de las obras a ejecuta, concluyéndose que existen los materiales de construcción en cantidad y calidad suficientes para la construcción de la presa Paltiture.

Área de Préstamo “Quemillone”: (Granular)

Esta cantera está ubicada a lo largo del río Quemillone cerca al poblado de Tolapalca, sobre la margen izquierda y derecha del río Quemillone. Esta conformada por gravas, arenas y guijarros de origen intrusivo y volcánico, Clasificación SUCS: SW, arena gravosa de buena gradación, Granulometría: Mediana a buena distribución granulométrica.

Pérdida por Intemperismo: 2 a 4%;

Resistencia Mecánica: Media, mejora en rocas intrusivas.

Áreas y Volúmenes Disponibles: El área con material granular es de 30,000 m², si consideramos una explotación promedio de 1.50 m de profundidad, el volumen explotable sería 42,000 m³ (descontando la limpieza de 0.2 a 0.3 m. de la superficie, con la finalidad de eliminar material contaminante).

Área de Préstamo “Limitayoc”: (Impermeable)

Esta cantera esta ubicada a 3.5 Km de la zona de presa en las faldas del cerro Limitayoc. Geológicamente son de origen coluvio-residual, conformadas por una mezcla de gravas, arenas, limos y arcillas. Los volúmenes de gravas y arenas se encuentran aproximadamente entre 10% y 15% con respecto a los volúmenes investigados. Los elementos menores a 3 pulgadas han sido clasificados según el Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) como arenas limosas “SM”, arenas arcillosas “SC” y arcillas inorgánicas “CL”, Con los siguientes porcentajes: gravas 2 a 20%, arenas 20 a 60% y finos (limos y arcillas) de 20 a 70%. Estos son suelos, de baja a alta plasticidad, con valores del límite líquido entre 20 y 50% y valores de límite plástico entre 20 y 30%.

Áreas y Volúmenes: El área con material impermeable es de 25,000 m², si consideramos una explotación promedio de 1.20 m de profundidad, el volumen sería 20,000 m³; (previa limpieza de 0.20 m de la superficie, con la finalidad de eliminar material orgánico).

Cantera de Roca “Quello Quello”

Esta cantera esta ubicada a 2.5 Km de la presa proyectada, en las faldas del Cerro Tacuraña, cerca al poblado de Quello Quello.

Características del Material:

- Litología	Rocas Andesíticas
- Clasificación Geomecánica	Rocas clase II (2), mediana a buena calidad, según clasificación Geomecánica de Bieniawski.
- Peso Específico	Sólidos > 2.55
- % Absorción	1.5 – 2.5 %
- Pérdida por Intemperismo	< 3%
- Resistencia y Estabilidad Química	Aceptable

Volumen de Explotación: En esta Cantera el volumen de roca explotable sería superior a los 50,000 m³. El procedimiento de explotación más adecuado sería mecánico–manual, limpiando primeramente la superficie intemperizada

D. Geología de la Parte Baja de la Cuenca del río Tambo

(i) Descripción Geológica General de la Parte baja de la Cuenca Tambo

Esta parte de la cuenca del río Tambo comprende la zona localizada por debajo de los 1,000 m.s.n.m., hasta su desembocadura en el mar. En ella esta incluida el valle agrícola de Tambo y el sitio de presa y vaso del reservorio Huayrondo.

Las rocas más antiguas expuestas en esta zona de estudio, están representadas por el substratum cristalino, conocido como el Complejo Basal de la Costa, formado por rocas metamórficas como el gneis, esquistos y filitas del pre cambriano o del paleozoico inferior. Durante este período se produjeron transgresiones y regresiones, así como superficies de erosión y hiatos hasta el triásico inferior y medio, hasta el triásico superior y parte del jurásico inferior en que se restablecen las condiciones de sedimentación, representada en el área mayormente por areniscas y limolitas del Grupo Yamayo, reconocidos en el valle del Tambo.

Entre el triásico superior y el jurásico inferior se inicia los procesos volcánicos, producto simultáneo del hundimiento o el desplazamiento del geosinclinal

andino hacia el oeste y el cubrimiento de la región por un mar somero; originándose un ambiente marino con focos volcánicos. De tal manera que los depósitos del jurásico inferior de la costa sur están formados por los Volcánicos Chocolate, con contenido de sedimentos marinos. Los procesos volcánicos continuaron durante el jurásico medio a superior, y están representados en el área de estudio por la Formación Guaneros de litología volcánica-sedimentaria.

Entre el cretáceo superior y el terciario inferior se produjo un nuevo ciclo volcánico, dando origen a los extensos afloramientos del Grupo Toquepala, los que están conformados por derrames y piroclásticos andesíticos. Coetáneamente se produjo el emplazamiento del batolito como una fase de la orogenia andina, en nuestro caso las rocas intrusitas, representadas por afloramientos de granodiorita, diorita y monzonita.

Un probable hundimiento del borde de la plataforma, originó una trasgresión marina y la consecuente formación de depósitos sedimentarios de la Formación Camaná, cuyos remanentes de areniscas y lutitas marinas se encuentra en parte del valle del Tambo.

Finalizando el terciario inferior y a comienzos del terciario superior se produjeron grandes fallamientos y depresiones que fueron rellenados por los sedimentos clásticos continentales de areniscas y areniscas tufáceas de la Formación Moquegua. Asimismo, en el área de estudio se observaron afloramientos remanentes del Volcánico Sencca del terciario superior, conformado por rocas volcánicas piroclásticas de composición riolítica con variaciones a tobas andesíticas y dacíticas.

Finalmente durante el pleistoceno, a raíz de las grandes deglaciaciones, se originaron enormes volúmenes de agua que acarrearón hacia las depresiones, grandes volúmenes de materiales en forma de aluviones, originándose los depósitos fluviales y aluviales; asimismo, simultáneamente al levantamiento andino, los ríos profundizaron sus valles, formando cañones de gran profundidad, quedando en la actualidad como testigo, el modelado o parte del relieve representado por las terrazas aluviales y terrazas marinas en el borde litoral.

(ii) Geomorfología de la Parte Baja de la Cuenca del Río Tambo

Las unidades geomorfológicas existentes, resultado de la morfogénesis de costa, se pueden agrupar en categorías topográficas sencillas como: planicies, colinas y montañas. Distinguibles ambas por sus notables diferencias de relieve.

Planicies, caracterizadas por agrupar a relieves de llanura con pendientes que van de 0 a 15 %, los cuales se originaron principalmente por la acción acumulativa de los agentes erosivos externos. Identificándose las siguientes formas de relieve:

- Llanuras Aluviales Inundables y Valles Cultivados, originados por la acumulación aluvial de los principales ríos y quebradas que descienden de la región andina.
- Planicies eriazas, las que forman las llanuras costeras.
- Conos deyectivos de Fondos de Valle, que son geoformas de valles encajonados antes de llegar a las planicies costeras.

Colinas y Montañas, caracterizadas por presentar un relieve topográfico relativamente accidentado. Por lo general corresponde a afloramientos del substrato geológico y pueden agruparse en colinas, en nuestro caso estaría representada por las estribaciones y vertientes montañosas.

(iii) Geodinámica Externa e la Parte Baja de la Cuenca del Río Tambo

Las acciones de geodinámica externa que se desarrollan en el ámbito de la cuenca baja del río Tambo son poco importantes, debido a la sequedad climática costera y a la poca pendiente dominante, consecuentemente las acciones erosivas resultan poco significativas.

La cuenca del río Tambo, se considera una zona geomorfológicamente estable, donde la ocurrencia de acciones erosivas no reviste riesgo de deterioro significativo y que tampoco están sujetas a patrones potenciales severos de deterioro por las actividades humanas o agentes artificiales (desestabilización de taludes por la construcción de vías carrozables, canales de irrigación sin revestimiento, saturación del suelo, etc).

(iv) Estratigrafía de la Parte Baja de la Cuenca del Río Tambo

Las principales formaciones geológicas de la parte baja de la cuenca del río Tambo y en áreas relacionadas con las obras del proyecto son:

Complejo Basal de la Costa

Litológicamente en la costa de Arequipa, este complejo está conformado por gneis y el granito pegmatítico de la edad Precámbrica.

El gneis aflora entre Mollendo y el Valle del Tambo, caracterizado como un macizo de color gris oscuro a verdoso, con un borde definido de unos pocos milímetros a 2 o 3 centímetros de ancho, compuesto de pequeños granos de cuarzo, feldespato y ferromagnesio. El gneis y las rocas metamórficas están intruídas por pequeñas apófisis y diques de granito de color rojizo a rosado, rico en feldespatos potásicos, de textura microgranular a pegmatítica.

Grupo Yamayo

Este grupo consta de dos series sedimentarias de litología algo diferentes que afloran en zonas del Cerro Yamayo, ubicadas en la ladera derecha del río Tambo. De acuerdo a su posición estratigráfica a este grupo se le asigna una edad entre el Triásico superior y el Jurásico inferior.

La serie inferior esta constituida por limolitas negras intercaladas con areniscas de color gris clara de grano fino. La serie superior consiste de areniscas arcósicas de color gris violáceo que pasa a un conglomerado compuesto de chert y roca volcánica, intercalada con areniscas grisáceas cuarzosas de grano medio y volcánicos andesíticos chocolate y verdosos de textura porfirítica.

Volcánico Chocolate

Bajo esta denominación, Jenks describe al norte del valle del Tambo una secuencia de rocas volcánicas. Estos yacen en discordancia angular sobre los gneis precambrianos e infrayacen a la Formación Guaneros, por lo que se les asigna una edad Liásico superior o Jurásico inferior

Litológicamente esta formación consiste de derrames andesíticos y dacíticos, aglomerados y brechas de colores que varían entre el marrón, verde con matices chocolate, rosado y algunas veces hasta negro. La estructura y textura de esta formación varía desde una presentación en bancos algo estratificados a una estructura masiva y maciza.

Formación Guaneros

Con esta denominación se describe a una secuencia de clásticos marinos formados por areniscas y lutitas pardo rojizas que gradan a unas areniscas verdosas de grano grueso intercaladas con horizontes volcánicos consistentes en derrames y brechas de color verde a gris oscuro, de naturaleza andesítica y de textura porfirítica que afloran por el Cerro Alto del Meadero en el cuadrángulo de Clemesí. En base a su fauna fósil y su posición estratigráfica, a esta formación se le asigna la edad del Jurásico superior.

Volcánico Toquepala

Litológicamente, esta formación esta constituida por derrames y piroclásticos andesíticos de color marrón, púrpura o verde, con matices pardos en la parte inferior; hacia arriba continúan principalmente dacitas y riolitas de color gris, chocolate, rosado, violeta, etc., de textura porfirítica. Por su posición estratigráfica a esta formación se le asigna la edad del cretáceo superior y probablemente hasta la base del terciario inferior.

Estas rocas afloran en el cerro Quelgua y aguas arriba de la confluencia de la quebrada Huayrondo, en ambas márgenes del río Tambo.

El Volcánico Toquepala se sobrepone a los Volcánicos Chocolate y a la Formación Guaneros e infrayace a la Formación Moquegua.

Formación Camaná

Esta formación esta constituida por una serie de capas sedimentarias de origen marino. Se le asigna la edad del Oligoceno medio.

A este tipo de formación corresponde una pequeña colina baja localizada En el valle del Tambo, en el cuadrángulo de Punta de Bombón en el paraje denominado el Paraíso, situado a 7 Km al este, en línea recta del balneario de Mejía. Esta constituida por una serie de capas de areniscas finas y lutitas

bentoníticas amarillentas, las que se encuentran en parte muy fragmentadas en trozos y bloques pequeños como si hubieran sido derrumbados.

Formación Moquegua

Esta unidad esta constituida por una serie sedimentaria de origen continental. De acuerdo a su posición estratigráfica, se le asigna una edad post oligocénica media, es decir la del Terciario superior

Esta formación está expuesta en el cuadrángulo de la Clemesí y su litología esta constituida por una serie alternada de arcillas, areniscas, conglomerados, areniscas tufáceas y tufos de color rojizo o blanco amarillento.

Volcánico Sencca

Esta unidad fue descrita por Mendivil como afloramientos volcánicos de naturaleza piroclástica de composición mayormente riolítica, con variaciones a tobas andesíticas y dacíticas, siendo frecuentes los tufos líticos brechoides poco compactos, de coloración variable entre blanco crema y rosado, tomando por alteración un color parduzco. En el área de reconocimiento, sus afloramientos se ubican en parte de los flancos de la quebrada Huayrondo. Por su estratigrafía, se le asigna una edad Pliocénica superior del Terciario superior.

Depósitos Marinos

Son depósitos de arenas finas y medias de origen marino reciente que se han desarrollado a lo largo del litoral y emplazado en formas de terrazas hasta de dos o tres niveles, como consecuencia de un proceso de clasificación por el oleaje y mareas. Su espesor se estima en unos cinco a diez metros. A estos depósitos se les asigna la edad correspondiente al cuaternario pleistocénico.

Depósitos Fluviales

Son depósitos acumulados caóticamente, constituidos por fragmentos rocosos heterométricos como bloques, guijarros y gravas con relleno de arena, limos y arcillas, depositado en el fondo de valles y conos deyección en la confluencia con el río; se le conoce también como depósitos torrenciales, que son lavados y arrastrados por aguas de lluvia y escorrentías esporádicas. Ejemplo típico de éste depósito se encuentra en el río Tambo y la quebrada Huarndo. A estos depósitos se le asigna la edad del cuaternario reciente.

Depósitos Aluviales

Son depósitos conformados por conglomerados, fragmentos redondeados, subredondeados y angulosos de diferentes clases de rocas y en cantidades subordinadas, gravas con horizontes y lentes de arena, limos y arcillas.

Estos depósitos cubren grandes extensiones de la pampas del desierto de Clemesí, así como una extensa planicie aluvial del curso inferior del río Tambo que corresponde al antiguo cono de deyección del mismo, en ambos flancos del valle del río Tambo, aguas arriba de Cocachacra, se distingue un nivel de terraza aluvial, el mismo que se correlaciona río abajo con la antigua superficie

del cono deyeectivo. A estos depósitos se le asigna la edad del cuaternario reciente.

Rocas Intrusivas

Los afloramientos de rocas intrusivas varían desde pequeñas apófisis hasta stocks de dimensiones moderadas, correspondiente a granitos, granodioritas, dioritas y monzonitas.

Estos afloramientos se encuentran en el corte profundo (cañón) del río Tambo, donde se presentan atravesando las formaciones volcánicas Chocolate y Toquepala.

Al noroeste del río Tambo, los afloramientos tienen una alineación nortenoeste hacia el gran macizo plutónico de la Cordillera de la Caldera, cerca de Arequipa, en cambio al sur del río Tambo, los intrusivos sólo aparecen a lo largo de la Cadena Costanera y algunas veces alcanzan el litoral donde se hallan cortados en acantilados por acción de la erosión marina. A estas rocas intrusivas se les asigna la edad del Cretáceo superior y Terciario inferior.

V Aspectos Estructurales de la Parte baja de la Cuenca del Río Tambo

Regionalmente la zona de estudio es parte de una depresión tectónica longitudinal, originada probablemente por la presencia de la Cadena Costanera y fallamientos longitudinales paralelos, producidos a lo largo del pie de las estribaciones andinas, debido a los cuales el bloque occidental habría bajado con respecto al oriental, originando una depresión alargada entre la Cadena Costanera y el frente de los Andes.

Otro rasgo estructural de importancia se presenta en el área de Punta Bombón y Clemesí, representado por fallas, las que en el campo se evidencian por sus rasgos fisiográficos: escarpas bien delineadas o bruscos flexuramientos. Por su orientación las fallas se agrupan en: a) Fallas de rumbo NE-SW o sistema de fallas transversales b) Fallas de rumbo NW-SE o sistema de fallas longitudinales.

En el área del proyecto se destaca la falla longitudinal de rumbo NW-SE emplazada en parte del cauce del río Tambo antes de Quelgua, cruzando la quebrada Huayrondo en el límite superior de la cola del vaso.

E. Condiciones Geológicas de la Alternativa Huayrondo

E.1 Condiciones Geológicas de cimentación de la Presa

(i) GEOMORFOLOGÍA

La zona de cierre de la presa tiene una sección transversal amplia (273 metros en el fondo del cauce), que caracteriza a un valle maduro, de flancos asimétricos, con taludes de 35° en el estribo derecho y taludes menores de 25° en el estribo izquierdo.

Geomorfológicamente, la zona de estribos pertenece a la unidad representada por lomadas compuesta de rocas volcánicas de naturaleza andesítica y la zona entre estribos estaría representada por el valle aluvial, compuesto de materiales inconsolidados.

Aguas abajo del eje de presa, la quebrada Huayrondo, confluye con el río Tambo, donde parte del cauce corresponde a un gran cañón, actualmente colmatado por una potente masa de materiales inconsolidados.

Geodinámicamente la zona de la presa, es estable, debido a su relieve suave a ondulado sin mayor presencia de fracturamiento y débil intemperismo, características que garantizarían que no se producirán cambios significativos en las geoformas existentes y consecuentemente se descarta la existencia de riesgos geodinámicos en el eje de presa.



(ii) LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA DE PRESA HUAYRONDO

En los estribos, la litología corresponde a rocas Piroclásticas representados por derrames volcánicos verde grisáceos, de naturaleza Andesítica.

La estructura y textura del macizo en la zona de la presa varía desde una presentación en bancos seudo estratificados a una estructura masiva y maciza; estos volcánicos de los estribos pertenecen a la Formación Chocolate, a la que se le asigna una edad del Jurásico inferior.

En la zona de los estribos, los afloramientos volcánicos no presentan material de cobertura o de depósitos cuaternarios y hacia el norte en ambos estribos los afloramientos están entremezclados superficialmente con materiales eluviales y coluviales.

Las observaciones efectuadas en el cauce del eje de presa, nos indican que son depósitos aluviales del cuaternario reciente, transportados por las aguas de la quebrada, donde la litología se caracteriza por presentar fragmentos rocosos heterométricos sub-redondeados, grava, arena y limos. En promedio se estima que estos depósitos tendrían una potencia entre 50 y 100 metros y de acuerdo a las observaciones de la variedad litológica en las trincheras y calicatas en el eje de presa, se estima que el coeficiente de permeabilidad (K) de los suelos varían entre 10^{-1} y 10^{-3} cm/seg.

(iii) GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE PRESA HUAYRONDO

En el macizo donde se emplazan los estribos no se ha observado fallas, ni otros rasgos estructurales mayores, observándose en ambos estribos un débil fracturamiento, que para efectos de clasificación geomecánica se califica como Fracturado (F-2).

(iv) CARACTERIZACIÓN INGENIERO-GEOLÓGICA DE HUAYRONDO

Estribo Derecho

Litología	: Andesita
Pendiente	: 30°
Peso específico (T/m ³)	: 2,5 - 2,7
Tamaño de granos (mm)	: 0,1
Grado de alteración	: (A-2) Poco alterada
Fracturamiento	: (F-2) Fracturado
Factor de esponjamiento (%)	: 1,60
Dureza Mohs	: (R4) Dura
Resistencia a la compresión simple (M-Pa)	: 300 - 400
Clasificación Geomecánica	: Clase (II): Buena

Estribo izquierdo

Litología	: Andesita
Pendiente	: < 25°
Peso específico (T/m ³)	: 2,5 - 2,7
Tamaño de granos (mm)	: 0,1
Grado de alteración	: (A-2) Poco alterada
Fracturamiento	: (F-2) Fracturado
Factor de esponjamiento (%)	: 1,60
Dureza Mohs	: (R4) Dura
Resistencia a la compresión simple (M-Pa)	: 300 - 400
Clasificación Geomecánica	: Clase II: Buena

(v) GEOMORFOLOGÍA DEL VASO HUAYRONDO

La zona del embalse, en su base incluye la totalidad del cauce de la quebrada Huayrondo, la cual tiene una pendiente promedio de 2.4 % y esta conformado por cantos rodados, gravas, arenas y limos, transportados básicamente por las aguas de la quebrada. Litológicamente, ambos márgenes del embalse son laderas conformadas principalmente por depósitos eluviales/coluviales, constituidos por bloques rocosos angulosos heterométricos, arenas gruesas, gravillas y gravas, acumulados al pie de taludes, en forma de conos. En menor proporción las laderas y lomadas están conformadas por rocas volcánicas andesíticas débilmente alteradas de la Formación Chocolate, interceptadas en ambos márgenes por pequeñas hondonadas.

Debido a las condiciones topográficas, geoformas existentes bien definidas y escorrentía esporádica de la quebrada Huayrondo, en la zona de embalse es poco probable la ocurrencia de inundaciones y desprendimientos rocosos que puedan generar grandes oleajes en la zona de embalse, asimismo debido a la estabilidad de las laderas, el efecto erosivo es difuso, casi nulo, lo que indudablemente favorece a la no colmatación de sedimentos en el embalse; consecuentemente se puede afirmar que el área del vaso no ofrece riesgos geodinámicos.

(vi) LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DEL VASO HUAYRONDO

La zona del vaso, litológicamente está conformada principalmente por cantos rodados, gravas, arenas y limos de naturaleza fluvio aluvial. En moderada proporción parte de las terrazas y laderas de las lomadas, litológicamente están conformadas por depósitos eluviales/coluviales constituidos por materiales inconsolidados productos de la desintegración de las rocas que la originaron y materiales acumulados por gravedad (bloques rocosos angulosos heterométricos, arenas gruesas, gravillas y gravas de bajo peso específico), acumulados al pie de taludes, en forma de conos; los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los de menor tamaño, disminuyen gradualmente hacia el ápice, caracterizados por carecer de relleno. En general son suelos sin cohesión y presentan taludes de reposo poco estables; en menor proporción las lomadas están conformadas por rocas volcánicas andesíticas débilmente alteradas de la Formación Chocolate de edad jurásica inferior.

(vii) GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL EMBALSE HUAYRONDO

La zona del embalse se caracteriza por estar conformada mayormente por depósitos aluviales y materiales eluviales/coluviales del cuaternario reciente. No se ha detectado presencia de estructuras geológicas, estando clara la ausencia de procesos neotectónicos, es decir las posibilidades de activación de fallas es nula.

(viii) ESTANQUEIDAD DEL VASO HUAYRONDO

De acuerdo a la naturaleza lítica, propiedades hidráulicas (permeabilidad de los terrenos) y ausencia de procesos disolutivos en el vaso, no existe riesgo de

filtraciones y pérdidas significativas de agua, es decir el vaso reúne las condiciones básicas de estanqueidad, sin embargo es recomendable implementar un programa de investigaciones más detalladas.

(ix) MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUAYRONDO

Como resultado de las observaciones de campo, se han identificado áreas de préstamo de materiales para construcción de las obras. Para este fin se aprovecho las calicatas profundas excavadas por el especialista en geotecnia, lo cual ha permitido conocer las características geomecánicas y físico-mecánicas de los materiales, así como facilitar la estimación de volúmenes. La zona de cierre de la presa tiene una sección transversal amplia (273 metros en el fondo del cauce), que caracteriza a un valle maduro, de flancos asimétricos, con taludes de 35° en el estribo derecho y taludes menores de 25° en el estribo izquierdo.

Geodinámicamente la zona de la presa, es estable, debido a su relieve suave a ondulado sin mayor presencia de fracturamiento y débil intemperismo, características que garantizarían que no se producirán cambios significativos en las geoformas existentes y consecuentemente se descarta la existencia de riesgos geodinámicos en el eje de presa.

En los estribos, la litología corresponde a rocas Piroclásticas representados por derrames volcánicos verde grisáceos, de naturaleza Andesítica.

La estructura y textura del macizo en la zona de la presa varía desde una presentación en bancos pseudo estratificados a una estructura masiva y maciza; estos volcánicos de los estribos pertenecen a la Formación Chocolate, a la que se le asigna una edad del Jurásico inferior.

En la zona de los estribos, los afloramientos volcánicos no presentan material de cobertura o de depósitos cuaternarios y hacia el norte en ambos estribos los afloramientos están entremezclados superficialmente con materiales eluviales y coluviales.

Las observaciones efectuadas en el cauce del eje de presa, nos indican que son depósitos aluviales del cuaternario reciente, transportados por las aguas de la quebrada, donde la litología se caracteriza por presentar fragmentos rocosos heterométricos sub-redondeados, grava, arena y limos. En promedio se estima que estos depósitos tendrían una potencia entre 50 y 100 metros y de acuerdo a las observaciones de la variedad litológica en las trincheras y calicatas en el eje de presa, se estima que el coeficiente de permeabilidad (K) de los suelos varían entre 10^{-1} y 10^{-3} cm/seg.

(iii) GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE PRESA HUAYRONDO

En el macizo donde se emplazan los estribos no se ha observado fallas, ni otros rasgos estructurales mayores, observándose en ambos estribos un débil fracturamiento, que para efectos de clasificación geomecánica se califica como Fracturado (F-2).

GEOMORFOLOGÍA DEL VASO HUAYRONDO

La zona del embalse, en su base incluye la totalidad del cauce de la quebrada Huayrondo, la cual tiene una pendiente promedio de 2.4 % y esta conformado por cantos rodados, gravas, arenas y limos, transportados básicamente por las aguas de la quebrada. Litológicamente, ambos márgenes del embalse son laderas conformadas principalmente por depósitos eluviales/coluviales, constituidos por bloques rocosos angulosos heterométricos, arenas gruesas, gravillas y gravas, acumulados al pie de taludes, en forma de conos. En menor proporción las laderas y lomadas están conformadas por rocas volcánicas andesíticas débilmente alteradas de la Formación Chocolate, interceptadas en ambos márgenes por pequeñas hondonadas.

La zona del embalse se caracteriza por estar conformada mayormente por depósitos aluviales y materiales eluviales/coluviales del cuaternario reciente. No se ha detectado presencia de estructuras geológicas, estando clara la ausencia de procesos neotectónicos, es decir las posibilidades de activación de fallas es nula.

ESTANQUEIDAD DEL VASO HUAYRONDO

De acuerdo a la naturaleza lítica, propiedades hidráulicas (permeabilidad de los terrenos) y ausencia de procesos disolutivos en el vaso, no existe riesgo de filtraciones y pérdidas significativas de agua, es decir el vaso reúne las condiciones básicas de estanqueidad, sin embargo es recomendable disponibles. Las canteras de préstamo de materiales identificadas son:

MATERIALES PARA AGREGADOS DE CONCRETO EN HUAYRONDO

Estos materiales son apropiados para emplearlos en mezclas de concreto y en la conformación de filtros para el canal y otras obras de arte y han sido ubicado en:

- Buena Vista.- Este depósito está ubicado en la margen izquierda del río Tambo, frente a la quebrada Huayrondo y está conformado por depósitos fluvio/aluviales emplazados en el cauce del río.
- El Toro.- Este depósito esta ubicado en la margen derecha del río Tambo, aguas abajo del poblado El Toro, antes de un pequeño puente y está conformado por depósitos fluvio/aluviales emplazados en el cauce del río.

Los volúmenes de agregados en ambos lugares, sobrepasan los 200,000 m³.

MATERIALES DE PRESTAMO DE IMPERMEABLES EN HUAYRONDO

El área investigada como potencial cantera de este tipo de materiales, está ubicada en las Lomas de Chucarapi. Geológicamente este depósito esta constituido por materiales de origen coluvio-residual, conformados por una mezcla de gravas, arenas, limos y arcillas, provenientes de la alteración

litológica de la Formación Chocolate. En este depósito tiene un área aproximada de 200000 m² y un espesor de 0.80 metros, incluyendo una capa superficial de 0,20 m que se debe eliminar (Limpieza de cantera) por consiguiente se tendría un volumen potencial de 120,000 m³ de este material.

MATERIALES DE PRESTAMO PERMEABLE EN HUAYRONDO

Este tipo de material se halla expuesto en el vaso de la presa Huayrondo y mayormente están conformados por bloques, bolones y cantos rodados. Los volúmenes explotables superan las necesidades de construcción de la presa Huayrondo. Su explotación sería por procedimientos mecánico-manual, limpiando primeramente la superficie intemperizada. El volumen disponible excede las necesidades de la obra.

CANTERAS DE ROCA EN HUAYRONDO

Estos materiales han sido localizados en dos lugares:

- Cantera Southern.- Esta cantera en actual operación a cargo de la Minera Southern Perú, se encuentra ubicada en la margen derecha del río Tambo, en las coordenadas UTM, 8'112,493 N; 208,732 E, georeferenciada con GPS - Datum SAM 56, a 20 Km del área del proyecto Huayrondo. A esta cantera se accede a través de un camino rural vehicular a partir del puente de Cocachacra. Esta cantera está constituida por un macizo rocoso de granodiorita, asignándosele una clasificación de Roca Clase II, de Buena Calidad, estando expuesta en una superficie accesible de mas de 1 Km², que fácilmente garantiza el volumen requerido para las obras del proyecto Huayrondo.
- Cantera El Toro.- Este yacimiento esta ubico en la margen derecha del río Tambo, cerca del pequeño puente cerca del poblado El Toro, distante por camino rural unos 5 Km del área del proyecto. Este depósito está constituido por un afloramiento volcánico de naturaleza andesítica-dacítica, asignándosele una clasificación de Roca Clase III, de Mediana Calidad.

FUENTES DE AGUA PARA LA OBRA EN HUAYRONDO

Con respecto a las fuentes de agua para satisfacer las necesidades de la obra y para el consumo humano, la fuente básica es el río Tambo.

Para el consumo humano esta podría ser obtenida del poblado El Toro, almacenándola en pequeños reservorios donde se les daría un tratamiento de potabilización complementario al que recibe en El Toro. El recorrido de suministro con camión cisterna sería aproximadamente un kilómetro.

El agua para concretos, provendría del río Tambo, transportándola con camiones cisternas, aproximadamente un Kilómetro y acumulándola en cisternas de decantación.

El agua para trabajos de terracería provendría del río Tambo, transportada con camiones cisterna una distancia aproximada de un kilómetro y depositándola en grandes reservorios de almacenamiento, no requiriendo tratamiento alguno para su uso en la obra.

(X) Aspectos Geológicos a lo largo del canal Huayrondo

A lo largo del trazo del Canal de derivación afloran rocas volcánicas de la Formación Chocolate y en pequeña cantidad materiales sueltos no consolidados deslizados de la parte alta.

Las rocas volcánicas son andesitas, de color gris con pátina rojiza, de textura porfírica, de morfología o estructura masiva, con débil fracturamiento y ligera alteración. Pertenecen al Volcánico Chocolate y su edad corresponde al Jurásico inferior. A lo largo del canal, en gran parte se presentan una diversidad de materiales sueltos no consolidados. Estos materiales corresponden al cuaternario reciente y están constituidos principalmente por depósitos coluviales, aluviales, eluviales y fluviales.

Del estudio geológico de superficie a lo largo del trazo del canal de derivación, se ha podido establecer las unidades litológicas que se detallan a continuación:

0+000 – 4+000	: Afloramiento rocosos dioríticos a andesíticos, que se encuentran con por escaso material de cobertura.
4+000 – 4+800	: Depósitos conglomerádicos; constituidos por bolos redondeados a subredondeados en matriz areno- limosa.
4+800 – 9+100	: Afloramiento rocosos dioríticos a andesíticos que se encuentran con escaso material de cobertura.

Características geotécnicas a lo largo del canal Huayrondo

0+000 – 4+000

Geología	Rocas del tipo diorítico-andesítico
Coeficiente de permeabilidad	$K = 10^{-5} - 10^{-4}$ cm/seg
Clasificación geomecánica	Regular (según parámetros de clasificación geomecánica de Bieniawski) (Ver Cuadros N°9 y 10)

4+000 – 4+800

Clasificación SUCS	GP-GM; grava arenosa en matriz limosa con presencia de bloques medianos en forma subredondeada a redondeada, baja compacidad.
--------------------	---

Carga Admisible	1.75 a 2.25 Kg/cm ²
Coeficiente de Permeabilidad	K= < 10 ⁻³ cm/seg

4+800 – 9+100

Geología	Rocas intrusivas del tipo diorítico andesítico
Coeficiente de permeabilidad	K= 10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁴ cm/seg
Clasificación geomecánica	Regular (según parámetros de clasificación geomecánica de Bieniawski) (Ver Cuadros N°9 y 10)

2.3.2 Hidrogeología

En la cuenca del río Tambo se han identificado dos reservorios acuíferos relacionadas con las zonas de interés del proyecto:

- Reservorio Acuífero del Valle de tambo (Parte baja)
- Reservorio Acuífero de las Microcuencas altas de Chilota-Huachunta

a. Características básicas del Reservorio

a.1 Reservorio Acuífero del valle de Tambo (Parte baja)

Para el valle de Tambo, este es el reservorio acuífero más importante de la cuenca. Su extensión coincide aproximadamente con la superficie agrícola del Valle de tambo (90 Km²).

De conformidad con estudios y evaluación de pozos de explotación de aguas, subterráneas existentes y prospección geofísica, en la parte baja del Valle de Tambo existen buenas condiciones hidrogeológicas y reservas importantes de aguas subterránea; estableciéndose la existencia de 03 horizontes, el superior o primer horizonte de espesor reducido en estado no saturado, mientras que los dos horizontes que subyacen, están en estado saturado y con condiciones favorables para la explotación de las aguas subterráneas. estimándose en 100 a 150 metros, el material de relleno de este reservorio de naturaleza fluvio-aluvial.

Particularmente en el área correspondiente al proyecto de presa Huayrondo, por su ubicación geográfica, escasa a nula precipitación en la cuenca Huayrondo y debido a la baja permeabilidad de los materiales, la alimentación por infiltración de las aguas de lluvia al interior de los macizos rocosos, es nula, es decir no se dan condiciones naturales para la formación de acuíferos superficiales de importancia.

En consecuencia los trabajos de excavación para la construcción de la presa y explotación de materiales de construcción en el vaso, se efectuarán en terrenos

secos. No habiendo riesgo alguno de alterar el régimen hidrogeológico de la cuenca.

a.2 Reservorio Acuífero de las Microcuencas altas de Chilota-Huachunta

Las microcuencas de Chilota y Huachunta forman parte de la subcuenca del río Vizcachas, afluente del río Coralaque, tributario principal del Río Tambo. Estas se ubican a los 4 400 msnm, tienen las siguientes superficies: Chilota 295 Km² y Huachunta 110 Km².

Los acuíferos de estas microcuencas han sido investigados por la firma consultora Errol L. Montgomery & Associates Inc., por encargo de la Minera Quellaveco S.A., como fuente alternativa para satisfacer los requerimientos de agua para el desarrollo del “Proyecto Minero Quellaveco”, que serían del orden de 22 MMC anuales (700 l/s promedio) en el año de maduración del proyecto.

Las investigaciones se realizaron mediante pozos exploratorios de 100 a 200 metros de profundidad (13 en Chilota y 3 en Huachunta) así como 3 perforaciones diamantinas en Chilota y 2 en Huachunta, identificándose siete (7) unidades hidrogeológicas, las cuales en orden estratigráfico descendente son: (1) Depósitos Aluviales, (2) Depósitos Volcánicos Recientes, (3) Depósitos Glaciales, (4) Formación Barroso, (5) Formación Capillune, (6) Formación Sencca y (7) Formación Maure.

De las siete unidades identificadas, cuatro (4) son las formaciones que ofrecen condiciones acuíferas favorables: Aluvial, Volcánico Reciente, Glaciales y Barroso. De acuerdo a los resultados de las perforaciones exploratorias, los depósitos Glaciales y formación Barroso, tienen el mayor potencial acuífero en la microcuenca Chilota, con un espesor que varía entre 200 y 700 metros. La formación Barroso cubre gran parte de la superficie de la microcuenca Chilota.

Para los fines del proyecto de afianzamiento hídrico del valle de Tambo, es importante estudiar las implicancias de explotar este acuífero para su uso en otra cuenca, porque parte de estas aguas, contribuyen a la escorrentía del río Tambo, especialmente importante en los meses de menor descarga (septiembre a Diciembre) por la escasa lluvia en la cuenca.

b. El Nivel Freático

b.1 El nivel Freático en el Acuífero del valle de Tambo (Parte baja)

En todo el valle de Tambo se tiene un acuífero libre, cuya superficie tiene la morfología de la superficie del terreno, es decir las curvas de contorno del nivel freático son aproximadamente paralelas a las curvas de nivel del terreno. La explotación de las aguas de subsuelo es insignificante y la recarga elevada, proveniente de los excesos de riego, especialmente de los campos de arroz y caña de azúcar.

No obstante que el valle cuenta con una red completa de drenaje, por falta de mantenimiento, el nivel freático se encuentra entre 1 y 2 metros de profundidad en la parte media del valle y entre 0 y 1 metro en la parte baja. La fluctuación a lo largo del año es del orden de 0,5 a un metro entre sus niveles extremos.

b.2 El Nivel Freático en el Acuífero de las Microcuencas altas de Chilota-Huachunta

En esta parte de la cuenca, parte de las aguas subterráneas se encuentran confinadas entre estratos impermeables, únicamente las aguas depositada en los estratos fluvioglaciales están en contacto con la atmósfera. El relieve superficial de la napa freática en los terrenos muy ondulados (quebradas) es muy irregular y en las planicies sigue aproximadamente el relieve de la superficie del terreno.

El nivel freático en la planicie de Chilota (área de bofedales) se encuentra muy cerca de la superficie del terreno, fluctuando a lo largo del año entre 0 y 2 metros

c. Recurso de aguas subterráneas disponibles y uso actual

c.1 Disponibilidad y uso actual de Agua subterránea en el valle bajo Tambo

No se disponen de estudios hidrogeológicos específicos de esta parte del valle, razón por la cual, en base a la información geológica general se ha considerado razonable considerar 5% como valor medio del coeficiente de almacenamiento y una permeabilidad media a alta. La recarga anual se estima en 228 MMC ($2,23 \text{ m}^3/\text{s}$) y la reserva aprovechable 90 MMC/año ($2,85 \text{ m}^3/\text{s}$). Para fines de riego la calidad de esta fuente de agua, representa un riesgo moderado en época de estiaje por el nivel de salinidad (1 a $1,5 \text{ mmhos/cm}$) y más de una parte por millón de boro. Con el inicio del riego el riesgo se minimiza ya que la contaminación disminuye por dilución, debido a la mayor recarga con abundante agua de mejor calidad (Filtraciones del río y excesos de riego).

Si bien no existe una información detallada de los pozos en actual explotación en el valle bajo de Tambo, se conoce que el volumen explotado es mínimo, siendo los de mayor importancia de tipo tajo abierto y de uso domestico, en las poblaciones de Cocachacra, Chucarapi y Punta Bombón.

De acuerdo a la evaluación preliminar de reservas explotables, para una explotación de 18 horas diarias, el caudal explotable es del orden de $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Para la extracción de esta agua se requeriría perforar aproximadamente 70 pozos (40 l/s cada uno) y su costo de perforación y equipamiento sería del orden de 6 millones de dólares. Antes de iniciar programa alguno de explotación mas intensa es necesario realizar un estudio específico detallado.

c.2 Disponibilidad y uso actual de Agua subterránea en las Microcuencas altas de Chilota-Huachunta

De conformidad con los estudios existentes, en el acuífero Chilota-Huachunta, las pruebas de bombo en pozos exploratorios hasta los 300 m de profundidad, arrojan valores de transmisividad de 150 a 400 m² /día y valores de conductividad hidráulica de 0,6 a 17,4 m/día. Estos valores corresponderían a la formación Barroso, predominante como acuífero.

El coeficiente de almacenamiento se estima igual a 5%. La recarga anual se estima en 46,8 MMC (1,48 m³ /s) y la reserva aprovechable 22 MMC/año (0,700 m³ /s). Toda esta agua estaría destinada a satisfacer las necesidades del Proyecto Minero Quellaveco).

Los acuíferos de Chilota-Huachunta (parte alta) poseen agua fresca, con niveles de conductividad eléctrica de 100 a 300 micromhos/cm, es decir aguas apropiadas para todo uso.

Actualmente no se esta explotando este acuífero. Las necesidades de la Minera Quellaveco es precisamente 700 l/s, para ello se requeriría perforar 31 pozos, cuyo costo total de perforación y equipamiento es del orden de 3,0 Millones de dólares.

d. Posibilidades de explotación de las aguas subterráneas

d.1 Posibilidades de explotar las aguas subterráneas en valle Tambo

No obstante la importante reserva de agua subterránea en la parte baja del valle de Tambo, su uso para fines agrícolas resulta siendo muy cara (a nivel de inversión, operación y mantenimiento), en comparación con alternativas de mejoramiento de la oferta de agua superficial. La ventaja del agua subterránea es de carácter financiero, por que las obras pueden ejecutarse por etapas.

La posibilidad que la explotación de aguas subterráneas contribuya a mejorar las condiciones de drenaje no es valida en este caso, por que los meses de mayor nivel freático corresponden a los meses de mayor riego y abundancia de agua superficial, haciendo innecesario el bombeo de las aguas subterráneas.

d.2 Posibilidades de explotar aguas subterráneas del acuífero Chilota-Huachunta

La alternativa de uso de las aguas del acuífero Chilota-Huachunta, ha sido considerada por los usuarios de agua de la región Moquegua como poco conveniente, aludiendo que su explotación afectaría los escurrimientos superficiales comprometidos para los actuales usos en la región. Por esta razón el INRENA esta estudiando otras alternativas de aprovechamiento de recursos hídricos superficiales. De los resultados de estos estudios dependerá en que proporción y con que propósitos se explotará las aguas subterráneas de estas cuencas altas.

Para los intereses de los usuarios del valle de Tambo, la alternativa de derivar aguas superficiales de su cuenca, siempre que no incluya los meses de Julio a Diciembre (Época de estiaje), es más favorable que la explotación de aguas subterráneas, proyectada para extraer en forma constante 700 l/s (inclusive en época de estiaje)

2.3.3 Riesgo sísmico

Para realizar el diseño apropiado de cualquier obra de ingeniería, considerando los factores de seguridad adecuados, se requiere un conocimiento básico del ambiente natural del área. En este capítulo se evalúa el riesgo asociado a la ocurrencia de eventos sísmicos cercanos al área del proyecto.

El riesgo sísmico se define por la probabilidad de que en un lugar determinado, ocurra un movimiento sísmico, de una intensidad igual o mayor a otro de valor prefijado para fines de diseño. En general el término intensidad se refiere a cualquiera de los parámetros físicos utilizados para la medición de un sismo, como son: su magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral del desplazamiento del suelo, el valor medio de la intensidad Mercalli Modificada u otro parámetro.

La aceleración del suelo, y su intensidad asociada en un punto dado, varía en función del tamaño (magnitud) del sismo, la distancia epicentral, y la clase de material por el que las ondas sísmicas se transportan (Huaco & Rodríguez, 1983). Este último factor está caracterizado y es representado por los coeficientes de la ecuación de atenuación, la cual se calcula de manera empírica con los acelerogramas registrados. Para el presente estudio, no existen observaciones o acelerogramas registrados, por ello se ha aplicado la ecuación obtenida por Casaverde & Vargas (1980), la cual fue desarrollada en base a las aceleraciones registradas en acelerógrafos que estuvieron ubicados en la ciudad de Lima.

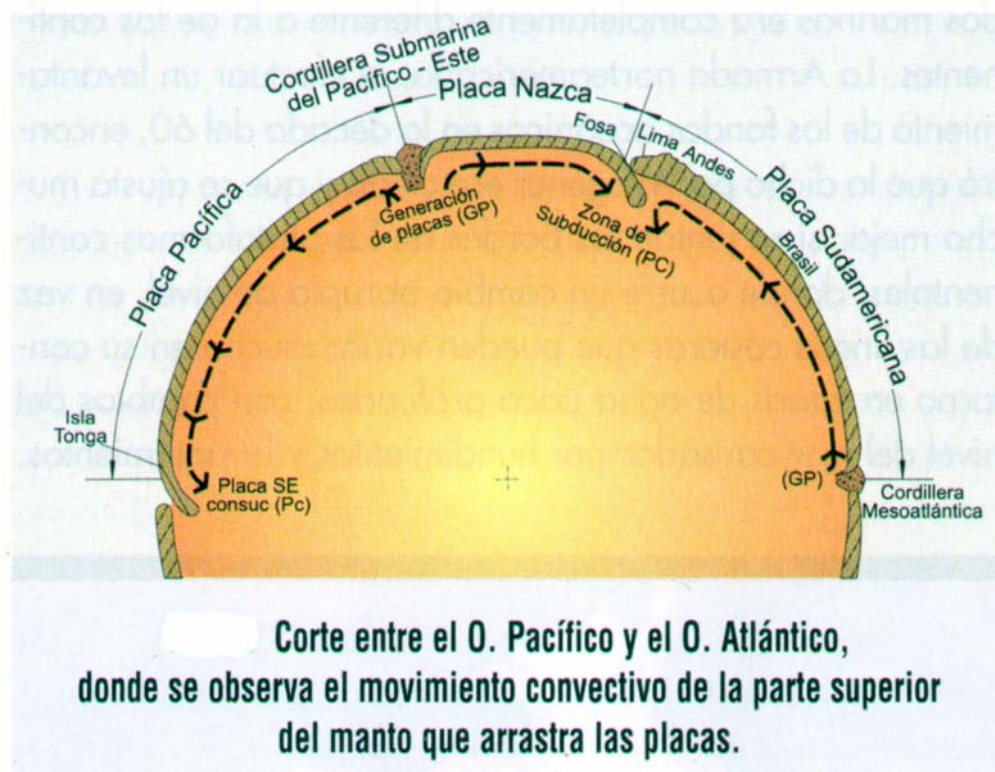
a) Generalidades

La corteza terrestre esta conformada por 6 grandes placas una de ellas la Placa Sudamericana y por 6 placas menores, una de ellas la placa de Nazca.

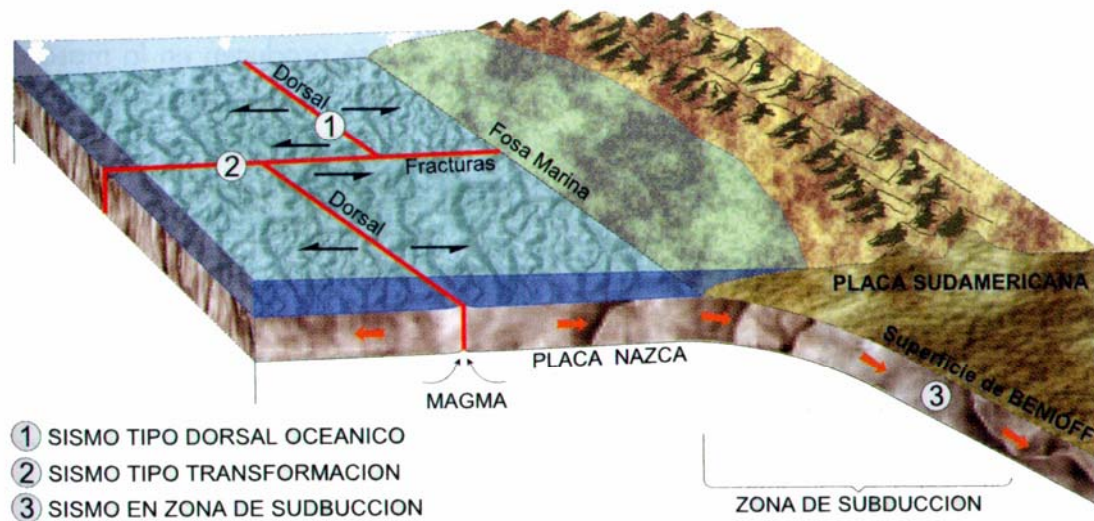
El Perú forma parte del borde occidental de América del Sur, región que se caracteriza por ser sísmicamente, una de las más activas del mundo. En esta región converge la Placa Litosférica Oceánica Nazca con la Placa Litosférica Continental Sudamericana con una dirección E-NE. La colisión de las mismas determina la inflexión de la Placa Oceánica hacia abajo y la superposición de la placa Continental sobre ella, generando sismos de magnitud elevada y con relativa frecuencia. Al este de la zona de contacto, la placa Oceánica continúa su buzamiento en la astenósfera Continental (Subducción).

En el borde de estas placas y cerca del mismo ocurren dos tipos de sismos superficiales: El Primero, debido a fallas de tipo normal causadas por la tensión

de placas que se están separando en direcciones opuestas y el Segundo por el corrimiento de las fracturas transversales (Una llamada Dorsal Oceanica que se caracteriza por la ocurrencia de sismos de pequeña magnitud, acompañado de actividad volcánica y La Segunda llamada de transformación, ocurre a lo largo de las fracturas), éstas producen movimientos relativos horizontales a ambos lados de la fractura, los sismos que se producen son en su mayoría de magnitud intermedia (Grado 7 de Richter), pero son sumamente destructivos por ser muy superficiales.



DORSALES, ZONAS DE FRACTURA Y SUBDUCCION



Los esfuerzos generados por las dos placas y sobre todo en la zona de contacto, originan una intensa actividad sísmica. La zona mar afuera, que se extiende entre la Fosa Marina Peruana (comprendida entre la línea de afloramiento de la zona de contacto de las Placas y el punto de inflexión de la Placa de Nazca) y la costa, es la zona de más intensa sismicidad superficial asociada al sistema de subducción, provocando la ruptura de grandes volúmenes de roca y los más grandes sismos de magnitud superior a 8. También se producen sismos interplacas, es decir que no ocurren en los sectores donde las placas entran en contacto, sino en el interior de las placas.

En el Continente, mientras la profundidad del foco sísmico va creciendo de oeste a Este (Focos de mediana a gran profundidad). La frecuencia y magnitud de los sismos tiende a disminuir en el mismo sentido. A ésta zona sísmica inclinada se le conoce como Zona de Benioff. De conformidad con la distribución de los focos sísmicos y los mecanismos focales, el ángulo medio de buzamiento es débil (15° a 20°), con dirección 60° este. Más al interior del continente la subducción prosigue casi horizontal. En general el esfuerzo principal mínimo tiene una orientación paralela a la dirección de buzamiento, es decir son fallamientos normales, originados en el interior de la placa. Este tipo de mecanismo es menos energético que los de cabalgamiento o desplazamiento de rumbo. De hecho los sismos de magnitud mayor a 7,5 son raros en la zona de Benioff intermedia (60-300 Km) o profundas (>300 Km)

La sismicidad en la Placa Continental es bastante limitada en la zona costera, en la Cordillera Occidental y en parte de la Altiplanicie. Esta sismicidad aumenta en la zona de la cordillera Oriental, con focos muy superficiales y mecanismos que demuestran la existencia de un régimen de compresión. La

región este de la Altiplanicie y la cordillera Oriental se caracterizan por un tectonismo más joven que en la cordillera Occidental, con deformación de terrazas cuaternarias y reactivación de fallas.

Esta actividad superficial de la placa Continental, a más de 300 Km de la fosa, es típica a lo largo de varios tramos de la cordillera (Entre el Ecuador meridional y el Perú meridional, en Chile central y en el noreste de Argentina) y esta asociado con un buzamiento poco marcado de la zona de subducción, con una zona de contacto entre placas muy extendido hacia el este, con ausencia de vulcanismo cuaternario y reciente.

Los sismos por su origen se clasifican en:

- Tectónicos
- Volcánicos
- De Colapso

Según la profundidad de su foco pueden ser:

- Superficiales (si su foco se ubica a <60 Km de profundidad)
- Intermedios (Si su foco se ubica entre 60 y 300 Km de profundidad)
- Profundos (Si su foco se ubica a más de 300 Km de profundidad)

b) Medición de sismos

Son dos las maneras de medir los sismos: por su **magnitud** y por su **intensidad**

La Magnitud, es una medida indirecta de la cantidad de energía total que se libera por medio de las ondas sísmicas, durante la ocurrencia del evento sísmico. La escala de medición de la magnitud fue propuesta por Richter, expresada en números arábigos. La amplitud de algunas de las ondas sísmicas registradas en instrumentos calibrados (Ondas superficiales “s” y de cuerpo “b”, se utilizan para determinar las diferentes formas de medir la magnitud:

- Ms, se calcula con la amplitud de las ondas superficiales(para períodos de 20 segundos)
- Mb, se determina con la amplitud y período de las ondas de cuerpo, generalmente las ondas longitudinales (ondas P)
- MI, (magnitud local) se obtiene correlacionando la duración total del sismo en una estación local de período corto, con la magnitud Mb.
- Mw, es una forma de medición propuesta por Kanamoi, en 1977. Definiendo la magnitud en función del momento sísmico (Mo) o del área de ruptura (S),

Debido al mecanismo de generación y propagación de las ondas sísmicas, no todos los sismos presentan un buen desarrollo de las ondas superficiales. Razón por la cual la magnitud “Ms” no siempre representa la verdadera magnitud del sismo. En cambio con las ondas de cuerpo “Mb” no ocurren estos fenómenos y las variaciones que se presentan se deben a los materiales por donde se propagan las ondas. La “Mw” no está supeditado al proceso vibratorio, sino al tamaño de la ruptura y al desplazamiento de los bloques de la

falla, constituyéndose en la expresión física más próxima a la dimensión real del sismo.

En la práctica no es fácil calcular la magnitud sísmica, especialmente para sismos pequeños y para los profundos. Empleándose fórmulas semi empíricas. Kanamuri ha demostrado que la magnitud M_w es equivalente a M_s , para sismos medianos y grandes, Para sismos muy grandes sólo se utiliza las magnitudes M_b y M_w , considerando a esta última la expresión natural de la magnitud.

La Intensidad

La intensidad es la medida empírica de la vibración del suelo, de conformidad con lo que el hombre percibe en el ambiente donde vive, el daño causado a las construcciones y los efectos sobre la naturaleza. Las escalas de medición más conocidas son: **Mercalli Modificado**, usado en América y la **USK**, usado en Europa.

Julio Kuroiwa, 2001, considera que ninguna de las dos escalas es adecuada para la costa occidental de América del Sur: (i) por que fueron hechas para edificaciones de los años 50 y 60 y (ii). Por que La geografía del oeste de América del sur (incluyendo las altas montañas de los Andes) es muy distinta al entorno al cual responden estas escalas.

Por lo antes señalado, entre 1989 y 1992, el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de desastres - Facultad de Ingeniería civil de la Universidad nacional de ingeniería de lima, Perú y la asesoría Técnica del Ing. Julio Kuroiwa, propusieron una nueva escala de medición de la intensidad sísmica, aplicable a los países de la costa occidental de Sudamérica (MMA-01), cuya escala se describe a continuación:

- I No sentido por las personas, registrado por sismógrafos sensibles
- II Sentido por personas en descanso, en pisos altos de edificaciones
- III Sentido como el paso de un pequeño camión, objetos colgantes oscilan
- IV Ruidoso como el paso de un camión pesado, vajilla y puertas se mueven
- V Sentido claramente en el exterior, despierta personas, objetos pequeños se desplazan sobre los muebles, se producen pequeños deslizamientos de tierra en terrenos muy inclinados y piedras sueltas se desprenden.
- VI Sentido por todos, muebles ligeros se mueven, se fisuran las esquinas de construcciones de adobe, se producen deslizamientos importantes en suelos sueltos de terrenos de gran pendiente.
- VII Difícil mantenerse de pie, percibido por personas manejando, muebles altos pueden caer, pequeñas fisuras en esquinas de construcciones de albañilería con techos ligeros y flexibles, fisuras en forma de x en columnas, fisuras en tabiquerías de ladrillo y fuertes deslizamiento de tierra en terrenos inclinados y sueltos, deslizamiento de piedras.
- VIII Susto y pánico, aun de personas conduciendo vehículos, se caen muebles pesados, colapso parcial de construcciones de adobe, daños importantes

inclusive colapso de construcciones de ladrillo sin columnas, fisuras en edificaciones de albañilería reforzada y baja densidad de muros, falla en edificios por fuerza cortante concentradas en columnas y vigas cortas. Importantes deslizamientos en zonas montañosas, interrumpiendo el tránsito y canales de riego, se produce licuefacción de suelos arenosos y saturados.

- IX Pánico generalizado, hasta los animales se asustan, daño total de construcciones de adobe, daños graves de edificaciones de ladrillo, graves daños de edificaciones de concreto con defectos estructurales, gran deslizamiento de tierra aun en terreno de pendiente moderada, licuefacción generalizada de suelos arenosos u saturados.
- X Destrucción generalizada de edificios, excepto los diseñados sismorresistentes, grietas en el terreno.
- XI Catástrofe, daños severos, aun en edificaciones sismorresistentes, líneas férreas seriamente dañadas, suelos fuertemente agrietados y grandes deslizamientos de tierra.
- XII Cambios en el paisaje, grandes desplazamientos horizontal y vertical, graves daños o destrucción de construcciones sobre o bajo la superficie de la tierra

C. Atenuación del Movimiento Sísmico entre el epicentro y el lugar de interés

De acuerdo a la distancia entre la fuente y un sitio dado, las ondas sísmicas atenúan su amplitud y el nivel de sollicitación sísmica. Si la región en estudio esta equipada con acelerógrafos, con los registros se puede establecer curvas de atenuación en función con la distancia a la fuente. En ausencia de registros locales, en base a un mapa con curvas isosistas, de sismos fuertes se pueden elaborar curvas medias de atenuación.

En el Perú se cuenta con mapas isosistas, los cuales representan la distribución geográfica de las intensidades (escala Mercalli modificada) de los sismos más fuertes ocurridos en diversas partes del territorio. Es típica la forma elíptica aplastada de las curvas isosistas de la mayoría de eventos, especialmente de los ocurridos en la zona de subducción. El eje principal de la elipse, que corresponde a la dirección de menos atenuación, está orientado paralelo a las estructuras principales y al rumbo de la zona de subducción. Transversalmente a las estructuras, la atenuación es más rápida, siendo el gradiente medio para algunos tramos de la zona de Benioff de aproximadamente 45 a 50 Km por grado de la escala Mercalli modificado, entre el grado V y VIII.

Los acelerógrafos instalados en Lima y Arequipa han proporcionado 30 acelerogramas (Desde 1947), observandose que las características de los sismos registrados en el Peru son distintos a los registrados en otras partes del mundo: En el Perú Predominan sismos de corta duración (< 15 segundos) cualquiera que se a su distancia epicentral, en tres casos, la aceleración máxima es elevada respecto a su distancia epicentral y su magnitud:

- 17 de Octubre 1966: 0,46g a una distancia epicentral de >160 Km (M=7,5)
- 31 de mayo 1970: 0,13g a una distancia de 320 Km (M = 7,6 a 7,8)
- 03 de Octubre 1974: 0,24g (M =7,5), mucho más cerca de Lima. La aceleración se considera normal, para la distancia a la zona de ruptura y no la distancia epicentral.

Es necesario aclarar que en el caso de los sismos de 1966 y 1970, las zonas de ruptura están asociadas al plano de subducción, ubicada a lo largo de la costa a menos de 50 Km de profundidad, a través de la cuales las ondas de alta frecuencia se propagan con un mínimo de atenuación.

De acuerdo a estudios de Jacob y Mori (1984), el riesgo sísmico relacionado con radiaciones sísmicas de alta frecuencia (causantes de las aceleraciones máximas), está más relacionado con la caída de tensión y la profundidad de la fuente que por la distancia y la magnitud. En zonas de subducción, la caída de tensión varía entre extremos bastante grandes y la aceleración máxima varía significativamente. En consecuencia, resulta difícil predecir aceleraciones en zonas de subducción en base a magnitud y distancia. Para distancias superiores a 50 Km, la relación propuesta por Woodward-Clyde (1982), en base a mediciones en Alaska-Aleutas, serian suficientemente conservadoras y aplicables para el diseño de obras en Perú.

Relación de atenuación para sismos generados en la zona de subducción (Woodward-Clyde 1982):

$$PGA = 0,214 (e^{0,5 Mw}) (R + C)^{-0,85}$$

Donde:

PGA: aceleración pico horizontal en (g)

Mw : Magnitud-momento, equivalente a MS = 8,0; pudiendo alcanzar valores >9

R : Distancia inclinada al sector del plano de ruptura más cercano al sitio (Km).

C = 0,846 e^{0,463 Mw} (para fundación en roca firme)

Relación de atenuación para sismos superficiales, generados en la corteza Continental (Campbel, 1981)

Aunque la relación se señala aplicable (por lo menos en forma aproximada) para sitios ubicados en formaciones rocosas firmes y en depósitos aluviales de espesor superior a 10 metros, su uso debería estar restringido para lugares de suelo firme y aluviones de espesor moderado (10 – 40 metros)

$$PGA = 0,016 (e^{0,87 M} (R + C)^{-1,09})$$

Donde:

PGA : aceleración pico horizontal en (g)

M : Magnitud (normalmente ML local)

C = 0,06 e^{0,7 M}

D. La sismicidad en la zona del proyecto

Las características de la sismicidad en el Perú y en detalle de la región sur, ha sido investigado por diversos científicos (Grange Et al; 1984, Schneider y Sacks; 1987, Cahill e Isacks; 1992, Talavera y Buforn; 2001 y otros).

De acuerdo a las características geológicas de la región sur del Perú, la actividad sísmica esta determinada por los repliegues de las fajas mesozoicas-cenozoicas de la cordillera Occidental, con intensa deformación tectónica y actividad magmática sub reciente, debido al alineamiento de los volcanes comprendidos entre el sur de Ayacucho y los de Arequipa, Moquegua y Tacna; formando parte del “cinturón Circunpacífico”.

En la región sur del Perú se observa la existencia de zonas sísmicas entre la línea de costa y la cordillera occidental, con profundidad al foco intermedia (100-120 Km) y distribución irregular, pudiendo distinguirse: (i) zonas sísmicas localizadas paralelas a la costa que se caracterizan por la alta frecuencia y elevada magnitud, (ii) Zonas sísmicas localizadas en el interior del continente a lo largo de la cordillera oriental y la zona subandina. Estos sismos siguen una línea N-S y raramente producen daños de importancia mostrando que en ellas el régimen de deformación cortical es menor o que los periodos de recurrencia para sismos de magnitud elevada son mayores y (iii) El tercer y más importante grupo de sismos de la región sur del Perú, tienen una profundidad al foco de hasta 300 Km.

Como se ha señalado antes, la actividad sísmica en el sur del Perú se debe principalmente a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, presente de Norte a sur en su borde oeste; disipando más de 95 % de la energía, desplazándose con una velocidad relativa de 8 a 10 cm/año, con una inclinación respecto al horizonte, que varía de 10 a 15 grados en la parte central del país y 30° en el sur y profundidades de hasta 600 Km, sus eventos alcanzan magnitudes de 7,5+ y alta frecuencia (Minster y Jordan, 1978).

La zona sur también esta expuesta a la sismicidad cortical, de profundidad superficial, que se detecta en las cercanías de fallas activas, liberando los esfuerzos tectónicos concentrados en la corteza de los andes y sus márgenes. La magnitud de estos sismos también alcanza valores altos (7+) y aunque la

frecuencia de ocurrencia es relativamente baja, son muy peligrosos y destructivos por su poca profundidad.

De acuerdo al mapa de regionalización sísmica elaborado por J. Chávez y D. Huaco en 1975; el área del proyecto esta ubicada en la zona 3 y de acuerdo al mapa de regionalización sismo-tectónica de 1979, la parte baja del proyecto estaría ubicada en la zona 3 y la parte alta en la zona 5. La profundidad de los hipocentros es variable. En el cuadro adjunto se presenta la relación de los sismos de mayor intensidad ocurridos en la zona sur del país, zona epicentral, intensidad y daños causados

La zona del proyecto esta expuesta a actividades sísmicas de gran intensidad (destructivos) con intensidades, en la escala de Mercalli modificada de IX En la zona 3 y VII en la zona 5. Por consiguiente en el diseño de las obras de ingeniería, como la construcción de presas y estructuras de derivación debe considerarse los respectivos coeficientes de vulnerabilidad.

Para los fines del presente proyecto se considera $M_s = 7,5$ como la mayor magnitud de sismo susceptible de generarse en la zona de Benioff y para la zona de contacto de interplacas se estima que la máxima magnitud que puede generar la zona de contacto interplacas $M_s = 8,5$ a $8,8$.

CUADRO 28 PRINCIPALES SISMOS OCURRIDOS EN LA REGION SUR DEL PERÚ

Fecha	Zona Epicentral	Daños causados	Intenidad
Ene 1582	Costa del Departo de Arequipa	Distancia a la zona del proyecto 300 Km (coordenadas del epicentro: 16,3 Lat S, 73,3 Long O)	$M_s = 7,9$
1590	Camaná-Torata	Estremecio violentamente Camaná y Torata	VI-Torata
16-19 Feb 1600	Arequipa-Moquegua 16,4°Sur, 71,0°Oeste 05 horas. Replica mayor el 28 de Feb.	Erupción el Volcán Huaynaputina-Omate, Desaparecieron casi en su totalidad los distritos de la Provincia de Sánchez Cerro-Moquegua. Murieron todos Los pobladores de Omate e inmediaciones (Chiquerote, Loque, Tacrata, Golana y Checa).	X-Omate XI-Zona del Volcan
24 Nov 1604	Arequipa-Moquegua Tacna, Dist. 250 Km	Terremoto y asociado a este Tsunami. Destrucción casi total de la Iglesia Matriz-Moquegua. Caravelí, Cotahuasi, Omate, Puquina y Chuquibamba, fueron prácticamente destruidos, $M_s = 8,4$.	IX en Arequipa y VI en Moquegua
22 Ago. 1715	Arequipa-Moquegua Tacna-Arica	Caseríos de la parte alta sepultados y fuertes daños a las viviendas de las principales ciudades	VII Arequipa
06 Feb 1716	Torata-Moquegua	Destrucción de Torata con elevado número de muertes.	VIII-Torata
Mayo 1784	Costa de Arequipa	Distancia a la zona del proyecto 180 Km, ubicación del epicentro: 16,5° Lat. Sur y 72° Longitud Oeste.	$M_s = 8$
Julio 1821	Costa de Arequipa	Distancia a la zona del proyecto 250 Km, Ubicación del epicentro: 16° Latitud Sur y 73° Longitud Oeste	$M_s = 7,9$
08 Oct. 1831	Torata-Moquegua	Desplome de casas en Moquegua	VI Moquegua
18 Sep. 1833	Moquegua Tacna-Sama	Daños a la ciudad de Moquegua, provocando la muerte de 18 personas	VI Moquegua
13 Ago. 1868	Torata-Moquegua Tacna-Arica	Terremoto y asociado a este Tsunami. Las ciudades de Moquegua y Torata quedaron en ruinas, muriendo 180 personas (Distancia 330 Km)	IX-Ilo y Torata $M_s = 8,6$

09 May. 1877	Mollendo-Ilo-Arica 20 horas 28 minutos	Terremoto y asociado a este Tsunami, provocando destrozos de viviendas de Mollendo, Ilo y Arica. Arraso los puertos de Pabellón de Pica y Mejilones, muriendo 33 personas.	VII-Ilo
26 Feb. 1932	Cuzco-Arequipa Moquegua	Prolongado movimiento ondulante de la superficie terrestre y daños leves a las casas.	III Moquegua
11 Oct. 1939	Arequipa-Moquegua 09 horas 51 minutos	Graves daños a los edificios de las ciudades de Arequipa y Moquegua. El pueblo de Chuquibamba, ubicado en una llanura aluvial dentro del cañón del río Majes, fue muy dañado, destruyendo la Iglesia, cárcel y muchas viviendas. En la provincia de Caravelí también se sintió muy fuertemente.	VI Moquegua
24/08 1942	15° Latitud Sur 76° Longitud Oeste	Terremoto oceánico a 450 Km del área del proyecto Ms = 8,4	IX máximo IV En proy.
11 May. 1948	Arequipa-Moquegua Tacna , Prof. 65 Km Dist = 130 Km	Grandes pérdidas materiales en una superficie de 3500 Km ² afectando gravemente a las casas de adobe, quedando estas semidestruidas. (Ms = 7,1)	VII Samegua- Moquegua
20 Jul. 1948	Lima-Arequipa Moquegua. 06hrs51' 16,6°sur, 73,6°Oeste	Ligeramente destructivo, afectando principalmente Caravelí y Chuquibamba en Arequipa	III Moquegua y Arequipa
03 Oct. 1951	Tacna-Moquegua	Agrietamiento de edificios modernos	V Moquegua
15 Ene. 1958	Arequipa-Moquegua Profundidad = 60 Km Distancia = 150 Km	Edificios antiguos de Arequipa y Moquegua fueron averiados en diferente magnitud, causando 28 muertos y 132 heridos. Ms = 7,3	VI Moquegua
19 Jul. 1959	Arequipa-Moquegua Tacna-Cuzco	Movimiento sísmico intenso y prolongado, dañando la infraestructura. Prof. 200m, Dist = 230 Km, Ms = 7	VII Moquegua
13 Ene. 1960	Arequipa-Moquegua	Fuerte terremoto causó 63 muertos y centenares de heridos. Prf. 63 Km, Dist = 250 Km, Ms = 7,5	VII Moquegua
23 Jun. 2001	Arequipa-Moquegua Tacna	La ciudad de Moquegua fue fuertemente afectada, colapsando la mayoría de viviendas de adobe y muchas de material noble. Provocó 28 muertos y 44 000 damnificados en ocoña y Camaná.	VII Moquegua VIII-Ocoña

E. Determinación de los parámetros de sollicitación sísmica para diseño

El primer paso para la definición de los criterios de diseño sismorresistentes, es la determinación del nivel de sollicitación sísmica que puede producir en el sitio la influencia de las distintas fuentes activas.

Un primer método, de carácter Probabilístico: consiste en establecer para cada fuente, la frecuencia de ocurrencia de sismos de diversos niveles de intensidad o magnitud. Esta relación frecuencia-intensidad sólo puede ser derivada, si se dispone para cada fuente, de una muestra adecuada de datos instrumentales bien determinados y dentro de un periodo de observación suficientemente largo.

Determinada la frecuencia de ocurrencia de los sismos de distinta intensidad, se puede calcular la probabilidad anual de superación de cualquier nivel de sollicitación sísmica en el sitio, combinando la influencia de las distintas fuentes, mediante el uso de la relación de atenuación regional. En consecuencia los parámetros de diseño son determinados por la probabilidad anual del exceso considerado aceptable.

La teoría estadística de Valores Extremos (Gumbel, 1958) es una de las más importantes herramientas en el análisis probabilístico, y ha sido empleada en este análisis, teniendo en cuenta las modificaciones propuestas por Chén Péi-shan et al. (1975). Esta teoría condiciona evaluar el peligro sísmico en términos del intervalo de recurrencia y probabilidad de ocurrencia para diferentes magnitudes de terremotos.

Así mismo, usando la aproximación descrita por Cornell (1968), se ha estimado los valores máximos de aceleración y la intensidad sísmica para el punto de interés. El proceso de evaluación incluye a) identificación de las zonas sismogénicas, b) descripción estadística de la recurrencia de eventos para cada zona, c) determinación de una ecuación de atenuación en función de la distancia epicentral, y c) el uso de un algoritmo adecuado.

(i) Cálculo del período de recurrencia y probabilidad

El intervalo de recurrencia o período de retorno y la probabilidad de ocurrencia de sismos con magnitudes entre 5 y 7.8 (Ms) han sido obtenidos aplicando la Teoría de Valores Extremos Modificada. Observando como ejemplo que un evento sísmico de magnitud $M = 7.1$ es probable que ocurra dentro de un período de tiempo de 11 años y otro sismo de magnitud $M = 7.5$ dentro de 40 años.

La probabilidad que todos los terremotos que ocurran dentro de estos períodos tengan magnitudes menores o iguales que el valor estimado, es mayor que 0.95. La magnitud 8.0 es considerada como el umbral de la zona sin ninguna probabilidad de ocurrencia asociada. Este umbral de la magnitud fue calculado tomando como base el más grande evento ocurrido en el área de estudio durante el intervalo de tiempo que cubre el período de datos instrumentales (La base teórica del modelo matemático utilizado se puede ver en Ch'en P'ei-shan et al., 1975).

Con un análisis similar, ha sido posible obtener la actividad sísmica esperada para los próximos 100 años en la zona de estudio. Los resultados mostrados en el cuadro 29, deben ser interpretados de la siguiente manera:

CUADRO 29 ACTIVIDAD SISMICA ESTIMADA PARA LOS PROXIMOS 100 AÑOS EN EL AREA DE ESTUDIO

Magnitud del sismo	6.0	6.5	7.0	7.5	7.8
Período de Retorno = T_x	8	12	14	40	90
$N_p = (P+100)/T_x$	25	16	14	5	2
N_s	12	5	7	1	1
Probabilidad	0.96	0.95	0.9	0.72	0.7
N° de Sismos= $N_p - N_s$	13	11	7	4	1

Ns: Representa el número de eventos de una magnitud específica, que efectivamente han ocurrido en el área, durante todo el período analizado.

Np: Representa el número de sismos mayores o iguales a una magnitud específica, que de acuerdo al análisis estadístico podría ocurrir en el futuro, en un período de tiempo P (Años) dividido entre el período de recurrencia (Tx).

Teóricamente, Ns y Np deben ser casi iguales, las diferencias (Np-Ns) que se presentan entre ellos, reflejan el carácter aleatorio de este tipo de eventos. Si $N_s > N_p$, quiere decir que han ocurrido más sismos que lo calculado estadísticamente, por consiguiente la probabilidad de ocurrencia de futuros sismos es relativamente baja. Por el contrario, si $N_s < N_p$, indica que en el período analizado han ocurrido muy pocos sismos, por consiguiente la probabilidad de ocurrencia de nuevos sismos es relativamente alta.

Como se puede apreciar, de acuerdo al análisis realizado, en los próximos 100 años las probabilidades son: Sismos con magnitudes mayores a 7.5 el riesgo sísmico es bajo, eventos con una magnitud cercana a 8.0, la probabilidad de ocurrencia es de solamente un sismo más que el promedio, incrementándose el número de sismos probables cuando la magnitud es cercana a 7.5, llegando a ser muy alta la probabilidad de sismos de magnitud 7.0. El más alto número de sismos que podrían ocurrir (13), corresponde a los de magnitud 6.0 y su probabilidad es de 0.96.

Es muy importante tener presente que los resultados han sido obtenidos mediante aproximaciones estadísticas, por consiguiente no deben ser asumidos como una predicción rigurosa o determinística. Debiendo tenerse en cuenta el carácter aleatorio de este tipo de eventos y por que la magnitud de muchos de los sismos considerados en el presente estudio podrían no haber sido correctamente determinados, afectando los análisis realizados. De acuerdo a esta hipótesis, existe una alta probabilidad de ocurrencia de sismos con magnitudes de 6.0 a 7.0. Análogamente, la probabilidad de ocurrencia de sismos con magnitud $M < 6.0$, en aun mucho mayor.

El segundo método, de carácter determinístico, pone énfasis en la determinación del sismo máximo que cada fuente es capaz de generar. Dicha determinación se hace en base a consideraciones Geológicas y la historia sísmica de la zona de interés. En algunos casos se puede obtener una estimación tentativa del período de retorno, combinando los datos geológicos y sísmicos.

La mayor sollicitación sísmica obtenida de esta forma representa el sismo máximo posible que se pueda experimentar en el sitio en cualquier momento. Se admite en forma implícita que, independientemente del período de retorno, la probabilidad de exceder la intensidad de este evento es muy pequeña,

Para fines de diseño, se aplica el concepto de **sismo máximo creíble**, entendiendo como tal al mayor nivel de sollicitación sísmica que se debe tener

en cuenta para la evaluación de la seguridad de una obra, cuya integridad es imprescindible desde el punto de vista de la vida y la seguridad de la población. Por lo antes señalado, el método determinístico es muy utilizado para el diseño de obras cuya seguridad esta fuertemente influenciada por el riesgo sísmico, como es el caso de las presas Paltiture y Huayrondo, que deben permanecer funcionales después de ocurrido el sismo máximo creíble.

Por el contrario, para el caso de obras que puedan sufrir fuertes daños, inclusive su destrucción, sin consecuencias críticas para la seguridad pública, diseñarlas con criterio sismorresistente, teniendo en cuenta la posible ocurrencia del sismo máximo creíble, puede resultar innecesariamente costosa por la improbabilidad del evento y la vida útil de la obra. En este caso lo recomendable es diseñar teniendo en cuenta sismos de menor intensidad, seleccionado de acuerdo a criterios de probabilidades de ocurrencia.

La aceleración efectiva máxima a nivel de fundación, conforme al método determinístico y para la fuente crítica de Benioff superficial resulta: 0,25g (roca) y 0,28g (suelo). De acuerdo al cálculo estadístico estos eventos tienen período de retorno de 230 y 316 años respectivamente. Para fines de diseño de taludes por el método seudo estático la aceleración máxima recomendable es 0,15g a 0,17 g.

Cuadro 30 Valores de aceleración máxima en roca firme

FUENTE	Distancia mínima (Km)	PGA (g)
Benioff Superficial		
Ms máx = 8,8 Mw max = 9,0	91	0,25 (roca) 0,28 (suelo)
Benioff Intermedia		
Ms máx = 7,5	91	0,16

G. Selección del sismo para fines de operación de las obras

En forma similar a la determinación de los parámetros de solicitación sísmica para diseño, con el propósito de programar la operación y mantenimiento de las obras, se debe establecer el sismo de operación. Este es determinado en función de criterios económicos y la necesidad que, de ocurrir el sismo, se pueda restituir la operatividad y funcionamiento normal de la obra. Por consiguiente la selección se hace teniendo en cuenta: la vulnerabilidad, Costo y beneficio de la protección antisísmica, costo de reparación, etc. En todos estos cálculos se tiene en cuenta criterios de probabilidad de ocurrencia del sismo, seleccionándose el óptimo.

Teniendo en cuenta la elevada frecuencia de los sismos en la zona, se considera razonable seleccionar para el programa de operación y mantenimiento, los daños que podrían causar los sismos con periodo de retorno no menor de 50 años. Desde este punto de vista, para el diseño de la

presa se debe optar por valores de aceleración 0,16g (En roca) y 0,18 g (en suelo)

Cuadro 31 Períodos medios de recurrencia de los sismos en la zona

Magnitud del sismo	Período de retorno (años)
5,5	3,30
6,0	6,33
6,5	13,01
7,0	28,14
7,5	54,28
8,0	126,00
8,5	230,00
9,0	316,00

H. Conclusiones

De acuerdo a la evaluación del peligro sísmico, la información tectónica, la sismicidad histórica e instrumental y el uso de las diferentes aproximaciones realizadas, se puede expresar las siguientes conclusiones.

- El área de estudio considerada para el proyecto, está sujeta a una continua evolución del proceso de subducción. Desde este punto de vista, el riesgo sísmico es cualitativamente alto.
- Las zonas de subducción, y en especial donde las placas interactúan, están fuertemente acopladas, generando los más fuertes y más frecuentes Sismos del mundo. No obstante como las zonas de subducción en el Perú están segmentadas, el acoplamiento sísmico decrece desde el sur hacia la parte central, y hacia el segmento norte. Por consiguiente es alta la probabilidad de ocurrencia de fuertes sismos de subducción, debajo de los 14° Sur.
- El análisis estadístico de los datos instrumentales indican que el evento más fuerte que podría ocurrir en la zona de interés del estudio, en más de 100 años tendría una magnitud de 7.8 Ms.
- Trece sismos con magnitud 6.0 se esperan en los próximos 100 años. Esta estimación puede oscilar, produciéndose menos eventos de magnitud mayor o más eventos de menor magnitud, variando entre 5.75 y 6.5 Ms.
- Las máximas aceleraciones esperadas en la zona del proyecto sería 250 gals y 307 gals para los próximos 50 y 100 años respectivamente. La máxima intensidad estimada de VIII grados para 100 años puede ser ligeramente alta si tiene en cuenta la ley de atenuación.

- En el área de estudio existe la posibilidad que ocurran sismos de magnitud $M > 7.5$, de ocurrir ello, influirían en el área de interés con intensidades de VII a VIII en la escala de Mercalli Modificada.
- Para efectos de diseño se recomienda utilizar los valores determinados para periodos de 100 años: Aceleración efectiva 0,25g (roca), 0,28g (suelo) y para diseño de taludes pseudo estático la aceleración máxima sería 0,15g a 0,17g. La aceleración para programar las acciones de operación y mantenimiento sería 0,16g (roca) y 0,18g (suelo).

2.4 AGROLOGÍA

2.4.1 Generalidades

El estudio agrológico se presenta detallado en el anexo 4. Como parte de este se han determinado las características físico – químicas y morfológicas de los suelos del valle de Tambo y en función de la información agro-climática del valle, se ha clasificado las tierras por su adaptabilidad para usos específicos. Finalmente se presenta el uso agrícola actual de la tierra.

El área del valle Tambo, tiene una superficie territorial de 10 598 ha., y un área física agrícola de 9 875 ha. En el sub - distrito de riego Tambo, existen 3 Juntas de Usuarios: i) Tambo, ii) Punta de Bombón, y iii) Ensenada – Mejía – Mollendo, en cuyo ámbito se localizan 20 Comisiones de Regantes, constituidos por 4 237 predios ocupados por 3 142 usuarios.

Cuadro N° 32 INFORMACIÓN DE LAS JUNTAS DE USUARIOS DEL VALLE DE TAMBO

JUNTA DE USUARIOS	N° CR	AREA TOTAL (ha)	AREA BAJO RIEGO (ha)	N° PREDIOS	N° USUARIOS
Tambo	13	5 373	5 063	2 018	1 523
Punta de Bombón	4	2 453	2 352	1 483	1 033
Ensenada – Mejía - Mollendo	3	2 747	2 424	736	586
TOTAL	20	10 573	9 839	4 237	3 142

Fuente: ATDR Tambo – Alto Tambo.

Morfológicamente, en el valle de Tambo existen dos áreas bien definidas: i) Llanuras y colinas de relieve plano a ondulado, dentro de la cual se ubica el área agrícola del valle, con los sectores de riego Tambo, Punta de Bombón, Ensenada – Mejía - Mollendo, y ii) Colinas y áreas montañosas, incluyendo pequeñas áreas de terrazas y laderas, circundantes al valle.

Desde el punto de vista edafológico, los suelos tienen los siguientes orígenes: aluviales, fluviales, fluvio – marinos, aluvio – volcánicos y coluviales.

Profundidad variable y textura gruesa a media y fina, con presencia de problemas de drenaje y salinidad, especialmente en la parte baja del valle. La fertilidad de los suelos es baja, el contenido de materia orgánica alcanza valores menores de 1%, el fósforo se presenta en contenidos bajos y potasio en altas concentraciones.

En la parte baja del valle, sectores de Iberia, Boquerón, La Punta, se observan áreas con drenaje pobre y salinidad evidente, conformadas por suelos arenosos a franco arenosos, y con el nivel freático entre lo 0,50 – 0,80 m, de profundidad. Similares características, se observan también en las tierras de la llanura aluvio marina, ubicada en áreas adyacentes a la carretera La Curva – Mejía – Mollendo.

La cubierta vegetal natural presenta una escasa flora, con excepción del sector de lomas, donde se aprecian residuos resecos de *Tillandsia* sp., Bromeliácea epífita y algunos cactus que se desarrollan por la humedad temporal que se genera al pie de las colinas elevadas, las que por su altitud, logran condensar determinada cantidad de vapor de agua.

2.4 2 Origen de los suelos

Por su origen, en el valle se distinguen 5 tipos de suelo: fluviales, fluvio – marinos, aluvio – volcánico, coluviales y aluviales.

Los suelos de origen fluvial, son los que predominan en el valle, desarrollados a partir de materiales transportados por el río y depositados en llanuras, formando terrazas, de diferentes elevaciones y épocas de sedimentación, textura gruesa a fina y estratificados, con horizontes de desarrollo incipiente. La terraza baja más recientes son inundables y expuestas a la erosión por el río Tambo, en los meses de avenida.

Los suelos de origen fluvio – marino, se ubican mayormente en las cercanías al litoral marino, entre Pampa Nueva y Mollendo, de textura gruesa, arenosos principalmente, con drenaje imperfecto a pobre.

Los suelos aluvio – volcánicos, textura media a gruesa, con presencia de abundante piedra pómez. Localizados principalmente en la parte baja del valle, presentan condiciones de salinidad y drenaje pobre a imperfecto.

Los suelos coluviales, poco profundos, desarrollado a partir de materiales transportados por la gravedad, desde las colinas y cerros adyacentes, de poco recorrido. de textura media a gruesa, horizonte subsuperficial abundante en grava y piedra subangular. Paisaje de pendiente inclinada y relieve ondulado. Estos suelos son típicos de la Irrigación Ensenada – Mejía – Mollendo.

Los suelos aluviales, están constituidos por sedimentos transportados por el agua, formando llanuras angostas.

CUADRO 33 LEYENDA FISIOGRÁFICA - PEDOLOGICA

Gran Paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Elementos de Paisaje	Suelo
Llanura Fluvial	Terrazas	Bajas	Inundables	Quelgua (QU) Huayrondo (HU) Checa (CH)
		Medias		Acequia Alta (AA) Chucarapi (CHU) Fiscal (FI) Cocachacra (CO)
		Altas		La Pascana (PA) Guardiola (GU)
Llanura Fluvio marina	Terrazas	Bajas	Moderadamente drenadas	Boquerón (BO) Pampa Nueva (PN)
Llanura aluvio volcánica		Sub - reciente	Moderadamente drenada	Iberia (IB)
Llanura coluvial		Antigua	Inclinada	Ensenada (EN) Mejía (ME) Mollendo (MO)
Llanura Aluvial de Piedemonte	Abanicos aluviales			El Frisco (EF) El Toro (ET)

2.4.3 Unidades Taxonómicas de suelos

En el valle de Tambo se han determinado 17 unidades taxonómicas (series), que ocupan una superficie total de 9 875,0 ha.

Desde el punto de vista granulométrico, los suelos predominantes en el valle son de textura media a gruesa: Franco arenoso / arena o gravas, representados por los suelos: Boquerón, Iberia y Ensenada. Estos suelos, en conjunto, representan aproximadamente el 40% de la superficie del valle.

Un segundo grupo de suelos presentan textura media: Franco arenoso o Franco limoso / Franco arenoso o arena franca, constituido por los suelos: Huayrondo, Guardiola, Quelgua, Checa, El Toro, Pascana, Chucarapi, El Frisco. En conjunto, estos suelos representan el 40% del valle.

Un tercer grupo de suelos de origen coluvial, presentan un substrato gravo cascajoso, con textura superficial media: Franco a Franco arenoso / Franco arenoso o arena gravosa, representados por los suelos Mejía y Mollendo. En total, constituyen el 10% del valle.

Un cuarto y último grupo de suelos son más finos, (textura franco arcillosa / franco) se les haya en Acequia Alta, y Cocachacra. Estos suelos ocupan aproximadamente el 10% de la superficie del valle.

Áreas misceláneas: Dentro de esta categoría se han incluido a todas aquellas superficies del valle, que por sus características físico – morfológicas, no son aptas para el uso agrícola; entre éstas se tienen las siguientes: centros poblados, establos, lomas, taludes de quebradas, zonas urbanas, granjas, cauce de quebradas, lagunas, etc. Estas ocupan 426,2 ha, y se distribuyen

principalmente en la parte baja del valle (Junta de Usuarios Ensenada Mejía Mollendo)

Cuadro N°34 ÁREAS Y PORCENTAJES DE SUELOS POR SERIE

N°	SUELO	SIMBOLO	AREA	%
1	Quelgua	QU	249,5	2,5
2	Huayrondo	HU	67,9	0,7
3	Checa	CH	361,8	3,7
4	El Toro	ET	105,0	1,1
5	Pascana	PA	727,4	7,4
6	Acequia Alta	AA	985,5	10,0
7	Chucarapi	CHU	451,4	4,6
8	El Frisco	EF	575,6	5,8
9	Guardiola	GU	281,1	2,8
10	Fiscal	FI	324,3	3,3
11	Cocachacra	CO	88,1	0,9
12	Boquerón	BO	1 349,9	13,7
13	Pampa Nueva	PN	928,3	9,4
14	Iberia	IB	1 100,1	11,1
15	Ensenada	EN	1 331,4	13,5
16	Mejía	ME	528,0	5,3
17	Mollendo	MO	419,7	4,2
AREA FISICA			9875,0	100,0
Áreas misceláneas			426,2	
Infraestructura de riego, drenaje			296,8	
AREA TOTAL			10 598	

2.4.4 Características Físico Químicas de los suelos

El pH varía de ligeramente ácido (5,8) a alcalino (8,6) predominando el pH medianamente alcalino a alcalino (7,4 – 8,5) que se presenta en los suelos: Quelgua, Huayrondo, Checa, El Toro, Pascana, Chucarapi, El Frisco, Boquerón, Pampa Nueva, Iberia, Ensenada, Mejía.

El contenido de calcáreo varía de bajo a alto (0,0 – 4,7 %), predominando los valores bajos, menores de 1%.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los suelos del valle Tambo varía entre 2,88 y 27,52 me/100g (bajo a alto), predominando los valores medios de CIC entre 12 y 20 me/100g. en los suelos Quelgua, Huayrondo, Checa, Pascana, Acequia Alta, El Frisco, Guardiola, Fiscal, Cocachacra. El calcio es el catión predominante dentro del complejo de cambio, representa entre el 50 y 70 % de la CIC, el potasio, magnesio y sodio, ocupan la diferencia.

La fertilidad de los suelos, en general, es baja; los contenidos de materia orgánica y fósforo son bajos, solamente el potasio se encuentra en altas concentraciones.

2.4.5 Clasificación de Tierras por su Adaptabilidad para uso Específico.

Los suelos han sido clasificados en base a tres categorías de Adaptabilidad: i) Orden, ii) Clase, iii) Sub – Clase. Estas categorías, permiten agrupar suelos que si bien son de morfología diferente, por sus características edafoclimáticas presentan una misma Adaptabilidad.

Orden Adaptable (A): Agrupa a las tierras cuyo uso sostenido y adecuado, generan beneficios económicos que justifican las inversiones, sin riesgo de deterioro. Dentro de este Orden, se han definido tres clases:

Clase Muy Adaptable (A1): Agrupa tierras que no tienen limitaciones significativas para su uso sostenido.

Clase Moderadamente adaptable (A2): Agrupan tierras con limitaciones que pueden reducir la productividad o los beneficios. Necesitándose realizar algunas inversiones especiales para su aprovechamiento pleno. Son tierras de calidad inferior a las tierras A1.

Clase marginalmente adaptable (A3): Incluye las tierras que presentan limitaciones muy severas para su uso pleno sostenido, en ellas la productividad es significativamente menor a las dos clases anteriores. Necesitándose inversiones importantes para mejorar la productividad, sin lograr la plenitud, por que resultaría antieconómico.

Dentro de cada una de estas clases, se han identificado las siguientes sub-clases o limitaciones:

Sub – clase por suelo (s): limitaciones por salinidad, fertilidad.

Sub – clase por erosión (e): riesgos o áreas erosionadas.

Sub – clase por drenaje (w): áreas con limitaciones por drenaje.

Orden No adaptable (N): Agrupa tierras que presentan limitaciones muy severas impidiendo desarrollar una agricultura intensiva y sostenida. Dentro de este Orden, existen 2 sub – clases:

Clase No adaptable actualmente, (N1): En estas tierras, Las limitaciones actuales impiden un uso sostenido de las tierras, pero en el futuro, podrían justificar inversiones en medidas correctivas.

Clase No adaptable permanentemente, (N2): En estas tierras las limitaciones son tan severas que impiden toda posibilidad de un uso sostenido satisfactorio.

2.4.6 Adaptabilidad de los cultivos a las distintas clases de suelo

Del análisis de las características climáticas del valle Tambo, así como del resultado de las experiencias obtenidas en otros valles de la costa, con condiciones climáticas y suelos similares, se concluye que existen condiciones favorables para el establecimiento de una agricultura intensiva, con una gama amplia de cultivos, especialmente transitorios, los cuales, si se incorporan a la cédula de cultivos bajo una adecuada tecnología, generarían alta rentabilidad.

Entre los cultivos alternativos de más alta rentabilidad para el valle se tiene: espárrago, alcachofa, (Globe green), pimiento piquillo, palto, vid, cebolla amarilla dulce, además de los cultivos tradicionales en el valle: caña de azúcar, arroz, ají páprika, ají común, papa, cebolla roja, ajo, alfalfa, camote y zapallo.

Cuadro N° 35 Cultivos Económicamente Importantes adaptables a los suelos del Valle de Tambo.

Grupo de cultivos	Cultivos
G1 – Transitorios	Ají páprika, ajo, cebolla amarilla dulce, cebolla roja, maíz, pimiento piquillo, papa, camote, tomate, ají.
G1A – Transitorios	Arroz
G2 – Semipermanentes	Caña de azúcar.
G2A – Semipermanentes - Transitorio	Espárrago, alcachofa, zapallo
G2B – Semipermanentes	Alfalfa
G3 – Permanentes	Palto, Vid.

Clase A1 – Muy adaptable

Incluye a los suelos, Checa, Chucarapi, El Frisco, El Toro, Quelgua, Pascana y Acequia Alta. Son de textura media a fina, profundos, libres de sales, bien drenados y con pendiente plana. Su principal limitación actual es su baja fertilidad, especialmente bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Estas tierras son especialmente aptas para los cultivos de los grupos G1 - G1A - G2 - G2A - G2B - G3.

Clase A2s – Moderadamente adaptable por limitación de suelo.

Incluye suelos de buena aptitud potencia, de textura media a gruesa en Guardiola, Chucarapi, Checa, El Toro y Huayrondo y de textura media a fina en Quelgua, Pascana, Acequia Alta. Las principales limitaciones son: ligera a moderada concentración de sales y boro solubles y baja fertilidad. Son suelos especialmente aptos para los cultivos de los grupos G1, G2 y G2A.

Clase A2sw – Moderadamente adaptable con limitaciones de suelo y drenaje

Incluye suelos de textura gruesa a media, localizadas en: Boquerón, Iberia, Fiscal, Pampa Nueva y El Frisco. Las principales limitaciones son: salinidad ligera a fuerte, fertilidad baja y presencia de horizontes gleyzados signo evidente de drenaje natural imperfecto a pobre. Son suelos especialmente aptos para los cultivos de los grupos G1 – G2 – G2A – G2B – G3, con riego presurizado.

Los suelos Guardiola y Quelgua, Cocachacra y Huayrondo presentan texturas más finas, ligera a moderada concentración de sales, asociada a un drenaje pobre a imperfecto y son aptos para los grupos de cultivos: G1A y G2.

Clase A2w – Moderadamente adaptable por limitación de drenaje

Estas tierras presentan drenaje imperfecto por falta de mantenimiento de los drenes y una baja fertilidad. Dentro de esta clase se incluyen los suelos Pascana. Estas tierras, luego de corregir los problemas de drenaje e incrementar los niveles de N y P, son adaptables para el grupo de cultivos G1A – G2.

Clase A 3s – Marginalmente adaptable por limitación de suelo

Estas tierras se caracterizan por presentar textura gruesa con un substrato gravo cascajoso, típico de los suelos que se ubican dentro de la Irrigación Ensenada – Mejía – Mollendo. Estos suelos presentan sales y boro soluble en concentraciones bajas a altas, baja fertilidad y 5 a 10% de pendiente. Estas son tierras aptas para cultivos de los grupos: G1 – G2B – G3, previo lavado de sales y boro, incrementar los niveles de fertilidad, nivelación en terrazas y riego presurizado.

Clase A3sw – Marginalmente adaptable por limitaciones de suelo y drenaje

Dentro de esta clase se incluyen a los suelos Ensenada, Mejía y Mollendo con alta concentración de sales y boro, baja fertilidad y drenaje pobre a imperfecto.

Después de efectuar el lavado de sales y boro y elevar el contenido de nutrientes especialmente de N y P, estas tierras son adaptables para cultivos de los grupos: G1 – G2B – G3, con riego presurizado.

Clase A3se – Marginalmente adaptable por limitaciones de suelo y erosión

Estas tierras tienen como limitación principal, su textura gravo cascajosa, asociados a pendientes muy inclinadas entre 10 – 20%, con relieves ondulados y erosión hídrica evidente.

Una vez superadas las deficiencias que presentan, estas tierras son aptas para los grupos de cultivos: G1 – G2B – G3, con riego presurizado.

2.4.7 Manejo de La Fertilidad

Como resultado del análisis de las muestras de suelos del valle Tambo, se concluye que los suelos del valle, en general, presentan bajos a deficientes contenidos de materia orgánica (MO), menores de 2%, predominando las concentraciones entre 0,5 – 1,5 %, por consiguiente el contenido de nitrógeno (N) total también es bajo. El contenido de fósforo (P) varía entre 2,9 – 27,52 ppm, pero predominan las concentraciones entre 3 – 7 ppm., consideradas inferior a lo normal. El potasio (K) se localiza en altas concentraciones en todo el valle, con ligeras excepciones en los horizontes subsuperficiales de los

suelos Guardiola, La Punta y Pampa Nueva, que presentan valores menores de 100 ppm.

De acuerdo a la información obtenida, se puede afirmar que el nivel de fertilidad del valle Tambo es bajo, por lo tanto, los agricultores no logran ser competitivos y eficientes, debido al gran impacto que tiene la baja fertilidad en los rendimientos y calidad de producción.

2.4.8 Los problemas de Salinidad y drenaje en el valle de tambo

Para los fines de esta investigación las muestras fueron tomadas en el mes de Noviembre 2004, durante la campaña grande, y en la época de estiaje del río Tambo, en ausencia del cultivo de arroz y predominando cultivos como: cebolla, ajo, papa, trigo, caña de azúcar.

Los principales aniones solubles presentes en el extracto, son los cloruros (60%) y los sulfatos (30%), la diferencia está conformada por carbonatos y bicarbonatos. Los cationes presentes son: sodio (60%), calcio (20%) y magnesio (10%), el potasio y otros ocupan la diferencia. La sal predominante en el valle es el cloruro de sodio, y le sigue en importancia el sulfato de calcio.

Las condiciones de drenaje natural de los suelos son variables: En la parte alta y media del valle los perfiles de suelo presentan horizontes subsuperficiales gleyzados, con procesos de oxidación – reducción, característicos de los suelos saturados por la presencia de napa freática casi permanente.

El problema de drenaje, se presenta con mayor intensidad en la parte baja del valle, en los sectores de Iberia, Boquerón, Punta de Bombón y en las áreas ubicadas entre los distritos de Mejía y Mollendo. Los suelos de la parte media y alta del valle también presentan signos de mal drenaje, con horizontes subsuperficiales gleyzados.

Cuadro N°36 SUPERFICIES AFECTADAS POR SALINIDAD Y DRENAJE

C.E* (dS/m)	Nivel de afectación	Área (ha)	%
< 2	Normal	2 880,2	29,2
2 – 4	Ligeramente salinos con drenaje bueno	971.3	9,8
2 – 4	Ligeramente salinos con drenaje imperfecto	777.9	7,9
4 – 8	Medianamente salinos con drenaje bueno	1 614.5	16,3
4 – 8	Medianamente salinos con drenaje imperfecto	1 377.5	13,9
8 – 16	Fuertemente salinos con drenaje bueno	317.7	3,2
8 – 16	Fuertemente salinos con drenaje imperfecto	1 238.6	12,5
> 16	Extremadamente salinos con drenaje bueno	125.2	1,3
> 16	Extremadamente salinos con drenaje imperfecto	498.3	5,1
> 16	Extremadamente salinos con drenaje muy pobre	73.8	0,8
TOTAL		9 875,0	100,0

*Medida en el extracto de saturación.

Las causas que originan la presencia de napas freáticas altas son: Riego ineficiente (38% promedio de valle), siembra excesiva de cultivos con un modulo de riego alto (arroz, caña de azúcar y pastos), escaso mantenimiento del sistema de drenaje y mal funcionamiento de las salidas de drenes al mar.

Cuadro N°37 Superficie afectada por salinidad en cada serie de Suelo(ha)

Serie de Suelo	Niveles de salinidad (dS/m)					Total (ha)
	0 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16	+ de 16	
Quelgua	49,7	33,5	166,3	-	-	249,5
Huayrondo	-	25,0	42,9	-	-	67,9
Checa	294,5	40,5	-	26,8	-	361,8
El Toro	36,9	68,1	-	-	-	105,0
Pascana	625,3	-	26,4	75,7	-	727,4
Acequia Alta	126,1	87,1	772,3	-	-	985,5
Chucarapi	350,2	40,5	60,7	-	-	451,4
El Frisco	166,5	45,3	309,6	54,2	-	575,6
Guardiola	100,1	23,5	77,8	79,7	-	281,1
Fiscal	73,1	225,7	25,5	-	-	324,3
Cocachacra	45,6	-	42,5	-	-	88,1
Boquerón	-	751,5	358,0	219,9	20,5	1 349,9
Pampa Nueva	27,4	26,4	571,9	151,6	151,0	928,3
Iberia	-	-	18,6	867,1	214,4	1 100,1
Ensenada	486,0	145,1	417,3	27,2	255,8	1 331,4
Mejía	284,9	154,5	-	33,0	55,6	528,0
Mollendo	213,9	82,5	102,2	21,1	-	419,7
TOTAL (ha)	2 880,2	1 749,2	2 992,0	1 556,3	697,3	9 875,0

2.4.9 Uso Actual de la Tierra en el valle de tambo

El estudio de campo respecto al uso actual de la tierra en el valle de Tambo, fue realizado en los meses de enero y febrero del 2005.

Los cultivos como maíz, trigo, papa, hortalizas, ají y tomate (2 001.5 ha) son rotados con sembríos de arroz (3 334.7 ha) en épocas de avenida o creciente del río Tambo. La superficie sembrada con los otros cultivos, varía entre un año y otro, dependiendo de la demanda del mercado y situaciones especiales o regionales.

Una parte importante está dedicada a cultivos permanentes (alfalfa, caña de azúcar, plantaciones de olivos y otros), aunque en los últimos 5 años se ha registrado un descenso en las áreas sembradas con alfalfa y olivos).

Al momento de realizar el inventario de uso actual (Febrero 2005), no era significativa la superficie de tierras en abandono o descanso, estas últimas con fines de rotación y en espera de la campaña grande (1487.6 ha).

La preferencia tradicional de sembrar arroz, papa y caña de azúcar esta dada por la seguridad de su venta. En años recientes ha aumentado significativamente la siembra de Ají Páprika, por el éxito alcanzado en su rentabilidad y seguridad en el mercado y el apoyo y promoción que se está dando a este producto.

CUADRO N° 38 USO ACTUAL DE LOS SUELOS EN EL VALLE DE TAMBO, FEB 2 005

CULTIVOS	SUPERFICIE (HA) POR JUNTAS DE USUARIOS			TOTAL (ha)	%
	TAMBO	PUNTA DE BOMBÓN	ENSENADA MEJÍA MOLLENDO		
Arroz	2 943,9	389,9	0,9	3 334,7	33.8
Alfalfa	250,6	317,9	948,4	1 516,9	15.4
AjÍ Común	94,1	250,3	30,9	375,3	3.8
AjÍ Páprika	1,0	646,2	61,8	709,0	7.2
Cebolla		2,3	348,2	350,5	3.6
Caña De Azucar	1 255,6	9,6	58,6	1 323,8	13.4
Maiz	60,9	109,4	237,5	407,8	4.1
Camote	23,7	86,1	7,6	117,4	1.2
Olivo	9,0	5,8	115,2	130,0	1.3
Zapallo		39,6	1,9	41,5	0.4
Otros	20,8	39,4	20,3	80,5	0.8
Subtotal	4 659.6	1 896,5	1 831.3	8 387,4	85.0
En Barbecho	106,4	163,9	420,9	691,2	7.0
En Descanso	229,7	172,2	367,0	768,9	7.8
Otros		0,9	26,6	27,5	0.2
TOTAL	4 995.7	2 233.5	2 645,8	9 875,00	100.0
Areas misceláneas *				426,2	
Infraestructura **				296,8	
TOTAL GENERAL				10 598,0	

*Incluye: centros poblados, zonas industriales, establos, etc.

**Incluye: infraestructura vial, de riego, drenaje, etc.

2.5 Diagnóstico Agro-económico

2.5.1 Introducción

El diagnóstico agro-económico realizado, que se detalla en el anexo 5, ha permitido determinar la situación actual de esta importante actividad en el valle de Tambo. Incluyendo información respecto a la tenencia de la tierra, tipo de explotación existente, evolución de la producción agropecuaria, limitaciones o restricciones de los recursos naturales: agua, suelo, económicas y sociales. nivel tecnológico con que se conducen los cultivos y crianzas, niveles de producción y productividad, servicios de apoyo a la producción: Comercialización, asistencia técnica y financiera y participación en el PBI.

La información agro-económica proviene de la recopilación de información agregada: Estadísticas agrarias, censos agropecuarios, publicaciones oficiales y no oficiales, complementada mediante investigaciones de campo vía encuestas y estudios de casos.

El minifundio y los problemas de drenaje y salinidad de los suelos son las principales restricciones que afronta la actividad agro-económica del valle de Tambo. A ello se suma el déficit estacional de agua para riego, ineficiencia en el uso del recurso, deficiencias en la tecnología agrícola, problemas en la comercialización de sus productos y los bajos precios, la escasa cobertura e ineficiencia de los servicios que brinda el Estado en crédito, extensión agrícola, capacitación y asistencia técnica en manejo de los recursos naturales.

Los aspectos que se han tenido en cuenta en el análisis de la situación agropecuaria del valle de Tambo son: evolución de la producción y el patrón de cultivo, métodos de cultivo y niveles tecnológicos, variedades utilizadas, calendario agrícola. Así como los principales obstáculos que limitan alcanzar los rendimientos potenciales en la actividad agropecuaria del valle.

2.5.2 Estratificación de la propiedad

Tal como se muestra en el cuadro N° , el gran número de conductores de tierras (1931 que representan el 45,29 %) poseen menos de 1 ha (0,56 ha promedio) y conducen 1 073,72 ha (10,92.% de la superficie agrícola total). En el otro extremo de la estratificación existen 120 (2,81% del total) que conducen propiedades mayores a 10 ha, poseedores de 2594,93 ha (26,40 % de la superficie agrícola total), En este extremo esta incluida la empresa agroindustrial “Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A “ con 1 143 ha.

CUADRO N°39 ESTRATIFICACIÓN DE FINCAS POR RANGOS DE AREA – VALLE TAMBO

Estrato	Conductores agrícolas		Superficie bajo riego		ha/Cond.
	Número	Porcentaje	ha.	Porcentaje	
< 1 ha	1 931	45.29	1 073.72	10.92	0,56
1 – 2,99 ha	1 406	32.97	2 529.88	25.73	1,80
3 – 4,99 ha	517	12.12	1 847.77	18.80	3,57
5 – 9,99 ha	290	6.80	1 784.78	18.15	6,15
> 10 ha	120	2.81	2 594.93	26.40	21,62
TOTAL	4 264	100.00	9 831.08	100.00	2,30

Fuente: Padrón de usuarios de la Administración Técnica del Distrito de Riego El Tambo

2.5.3 Capacidad de uso de los suelos

Teniendo en cuenta las características agrológicas de los suelos, su ubicación respecto al valle y las condiciones climáticas predominantes en el valle de Tambo, se ha determinado las superficies de suelos aptos para los diferentes grupos de cultivos potencialmente cultivables en el valle. De acuerdo a lo mostrado en el cuadro N° , superado el déficit estacional de agua y con una buena asistencia técnica; se podría incrementar significativamente el Índice de Uso de Suelo y diversificar la cedula de cultivos.

CUADRO N°40 SUPERFICIES CULTIVABLES DE ACUERDO A SU ADAPTIBILIDAD A LAS CONDICIONES DE SUELO, AGUA Y CLIMA-VALLE DE TAMBO

GRUPO	CULTIVOS	ÁREA ^(*) (ha)
G1 – Transitorios	Ají páprika, ajo, cebolla, maíz, pimienta piquillo, papa, camote, ají común.	7 824,50
G1A Transitorios	Arroz	2 731,10
G2 Semipermanentes	Caña de azúcar	5 567,50
G2A Semipermanentes/Transitorios	Espárrago – alcachofa, Zapallo	4 864,80
G2B Semipermanentes	Alfalfa	5 981,70
G3 Permanentes	Palto, vid.	5 981,70

(*) En cada grupo se indica la superficie máxima a nivel de valle, sin carácter excluyente de grupos de cultivos. Por lo tanto no se debe sumar las áreas.

Del cuadro anterior, se deduce que las tierras del valle de Tambo presentan mayor adaptabilidad para el establecimiento de cultivos transitorios (G1)

existiendo 7 824,5 ha., cultivables con toda una gama de especies, la mayoría de ellos con buena demanda en el mercado internacional.

Las tierras con mayor adaptabilidad para el arroz están localizadas en la parte alta y media del valle, así como en las terrazas bajas cercanas al río, suelos de textura media a fina como Quelgua, Acequia Alta, Pascana, El Frisco, Cocachacra y El Toro.

Las tierras con mayor adaptabilidad para la caña de azúcar se localizan en la parte media y baja del valle, coincidiendo con la actual plantación Chucarapi, suelos de textura media, principalmente.

El grupo de cultivos como espárrago, la alcachofa y al zapallo, se recomienda establecerlos en las tierras arenosas, con riego presurizado. Específicamente en la parte baja del valle (Pampa Nueva, La Punta, Boquerón e Iberia).

Los cultivos permanentes se adaptan a los suelos areno gravosos de Ensenada, Mejía y Mollendo con riego presurizado así como a los suelos arenosos de Iberia, Fiscal, Pampa Nueva.

2.5.4 Características de la Producción Agrícola Actual del valle

Del análisis de la información recabada se aprecia que el patrón de cultivo no ha variado significativamente en los últimos 10 años. Ello se debe: a conceptos tradicionalistas de los productores, desconocimiento de mercados para otros cultivos (Formas de acceso, demandas, calidad y precios) y falta de asistencia técnica en el manejo de los recursos naturales y prácticas agronómicas.

El valle de Tambo, se caracteriza por ser uno de los más representativos productores de arroz en el sur del país (actualmente en casi 1/3 del valle se cultiva). Entre los otros cultivos importantes del valle se tiene: alfalfa, caña de azúcar, papa, cebolla, ajos y desde hace 4 años ají Papikra. Los rendimientos promedios en la mayoría de los casos son bastante buenos con respecto al promedio regional y nacional. La contribución de varios de los productos del valle al PBI regional es significativa.

Las siembras que se efectúan en el valle, en su mayoría tienen un mercado seguro en la demanda local y regional y son parte de la canasta básica alimentaria: (arroz, camote, papa, ají, hortalizas) y otros cultivos como alfalfa, maíz chala, sorgo, maíz amarillo duro son requeridos para la alimentación del ganado vacuno, también tradicional y necesario para la alimentación local y regional, actividad avícola y crianza de animales menores.

La producción agrícola en el valle se caracteriza por la predominancia de propiedades individuales tipo minifundio, incluyendo a los agricultores provenientes de la Cooperativa Azucarera Chucarapi, parcelada en su mayor parte entre sus socios. Actualmente sólo 1308,54 ha se conducen como Empresa agroindustrial "Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A, dedicada al sembrío de caña de azúcar, contando para ello con maquinaria de molienda propia.

En las tierras que menos sufren de déficit de agua para riego la agricultura de manera general presenta un nivel tecnológico medio a alto, realizándose

fertilización y control fitosanitario adecuado. En las tierras con déficit estacional de riego y problemas de drenaje y salinidad de sus suelos, el nivel tecnológico agrícola es inferior, variando en forma directa con la capacidad financiera y tecnológica de los productores, en promedio precario.

El ciclo hidrológico anual del río Tambo condiciona la estacionalidad de los cultivos temporales, así se tiene que en épocas de avenida predomina el cultivo del arroz, rotando luego en el estío por los cultivos de papa, maíz, camote, algunas hortalizas y otros cultivos. Estos en gran parte aprovechan la humedad reinante en el suelo luego de la cosecha de arroz.

2.5.5 Uso actual de la tierra

De conformidad con la información disponible, el trabajo de campo realizado por la IRH del INRENA, las encuestas realizadas para este estudio, así como la información estadística de la Oficina de Información Agraria de Islay (O.I.A.), las tierras del valle de Tambo tienen el siguiente uso (Ver Cuadro N°41).

Los cultivos como maíz, trigo, papa, hortalizas, ají y tomate (2001.5 ha) son rotados con sembríos de arroz (3334.7) en épocas de avenida o creciente del río Tambo. Una parte importante está dedicada a cultivos permanentes (alfalfa, caña de azúcar, plantaciones de olivos y otros).

Al momento de realizar el inventario de uso actual (Febrero 2005), no era significativa la superficie de tierras en abandono o descanso, estas últimas con fines de rotación y en espera de la campaña grande (1487.6 ha).

En la campaña 2005, se han consolidado las superficies de cultivos tradicionales en el valle como caña de azúcar y arroz por mejoras en el mercado debido a la sequía del norte. La excepción más notable es el rápido crecimiento de las superficies cultivadas con Ají Páprika, por su buen precio y demanda en el mercado.

La localización de las sementeras se mantienen constantes: el cultivo de arroz se cultiva principalmente en la parte media desde la Curva, Cocachacra hacia la Pascana y Ayanquera, Carrizal y parte baja de Punta Bombón. El trigo se cultiva en los sectores de la Pascana, Puerto Viejo, Buena Vista el Toro. El cultivo de alfalfa tiene mayor presencia en Punta de Bombón, La Curva (Dean Valdivia) y Mejía.

La caña de azúcar, se cultiva en la Horca, Chucarapi y Pampa Blanca dentro del sector de Cocachacra. Los sembríos de hortalizas se cultivan en la parte media a alta de Punta de Bombón. Las plantaciones de olivo se encuentran en Punta Bombón, la Ensenada y como en los linderos de las parcelas.

2.5.6 Variación Histórica del patrón de cultivos en el valle de Tambo

A lo largo de muchas décadas, el patrón de siembras del valle, se han mantenido constantes, además de las razones edáficas y ecológicas, por costumbre generacional, en mucho por el carácter conservador típico en el agricultor y en parte por la insuficiente asistencia técnica integral respecto a alternativas de mercado, rentabilidad, prácticas agrícolas y de riego.

CUADRO N°41 USO ACTUAL DE LOS SUELOS EN EL VALLE TAMBO, FEBRERO 2 005

Cultivos	Juntas de usuarios			Total (ha)	%
	Tambo	Punta de Bombón	Ensenada Mejía Mollendo		
Arroz	2 943,9	389,9	0,9	3 334,7	33.8
Alfalfa	250,6	317,9	948,4	1 516,9	15.4
Ají Común	94,1	250,3	30,9	375,3	3.8
Ají Páprika	1,0	646,2	61,8	709,0	7.2
Cebolla		2,3	348,2	350,5	3.6
Caña De Azúcar	1 255,6	9,6	58,6	1 323,8	13.4
Maíz	60,9	109,4	237,5	407,8	4.1
Camote	23,7	86,1	7,6	117,4	1.2
Olivo	9,0	5,8	115,2	130,0	1.3
Zapallo		39,6	1,9	41,5	0.4
Otros	20,8	39,4	20,3	80,5	0.8
Subtotal	4 659,6	1 896,5	1 831,3	8 387,4	85.0
En Barbecho	106,4	163,9	420,9	691,2	7.0
En Descanso	229,7	172,2	367,0	768,9	7.8
Otros		0,9	26,6	27,5	0.2
TOTAL	4 995,7	2 233,5	2 645,8	9 875,0	100.0
Áreas misceláneas *				426,2	
Infraestructura **				296,8	
TOTAL GENERAL				10 598,0	

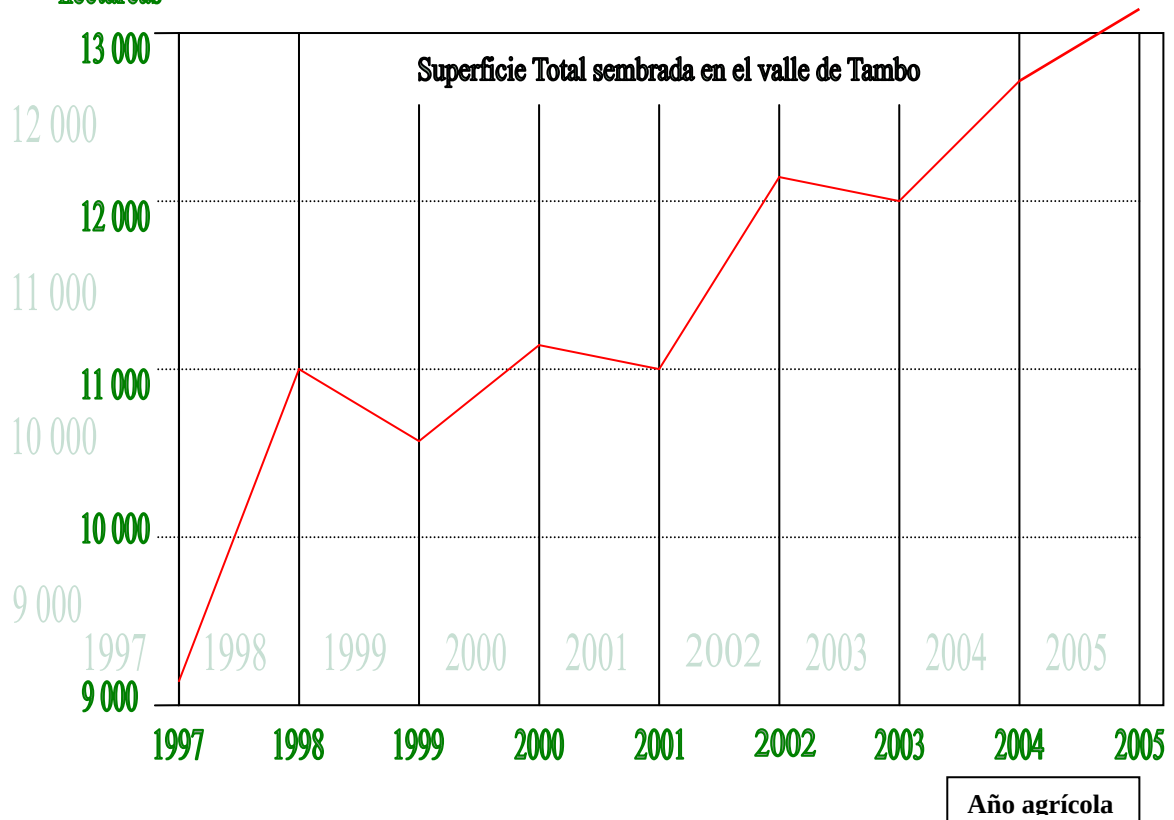
*Incluye: centros poblados, zonas industriales, establos, etc.

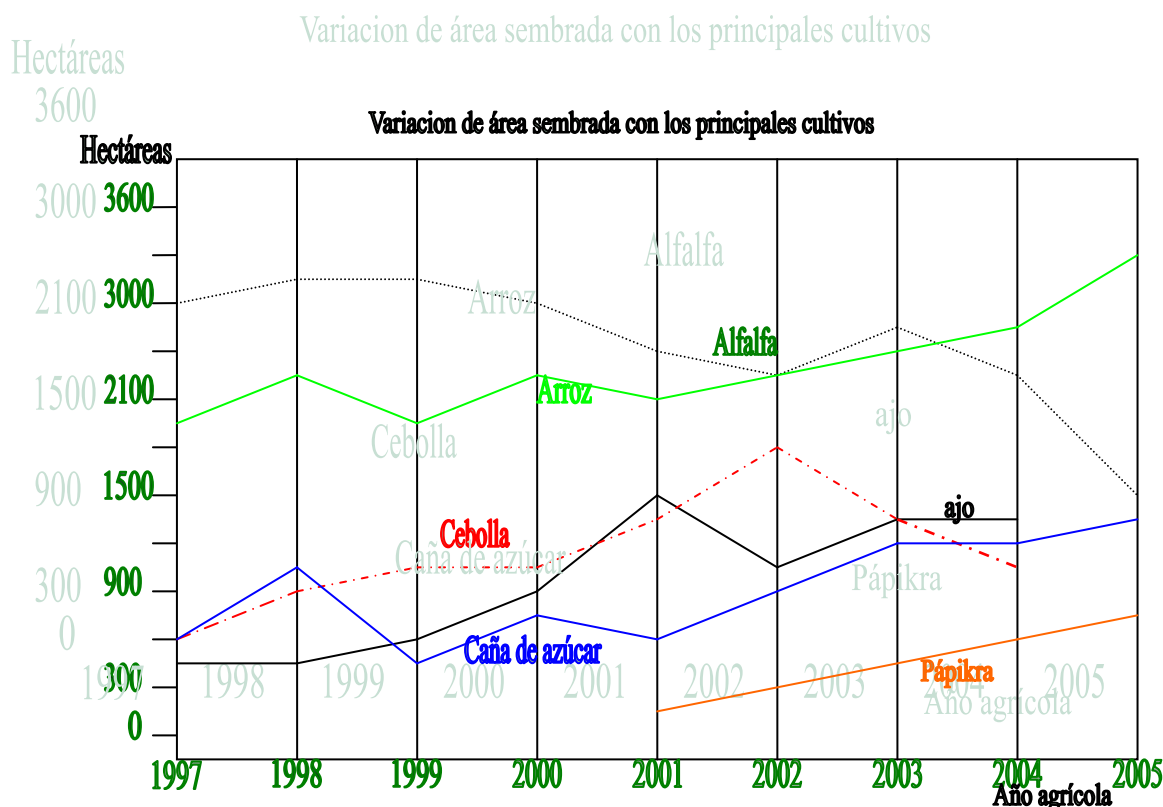
**Incluye: infraestructura vial, de riego, drenaje, etc.

hectareas

hectareas

Superficie Total sembrada en el valle de Tambo





De acuerdo a la información histórica, entre 1997 y 1998 la superficie sembrada (Primera más segunda campaña) en el valle de Tambo se incremento en 1800 ha, entre 1998 y el 2005 la superficie sembrada ha seguido incrementándose en 320 ha promedio por año.

En el valle de Tambo son seis los más importantes cultivos que compiten por un mismo territorio agrícola (Aproximadamente 72% del área física disponible): Arroz, Alfalfa, Caña de azúcar, Cebolla, Ajo y Ají Pápikra.

Entre 1997 y 2001 la superficie territorial sembrada en el Valle de Tambo se incremento en 800 ha, la superficie cultivada con alfalfa decreció 600 ha, pero en cambio se elevaron las áreas sembradas con Ajo (800 ha) y Cebolla (700 ha), los demás cultivos tuvieron variaciones poco significativas.

El más significativo cambio en el patrón de cultivos del valle de Tambo se ha producido en los últimos 4 años: Se redujo la siembra de Alfalfa y cebolla y se incremento la siembra de Arroz, Caña de Azúcar y como nuevo cultivo Pápikra.

2.5.7 Estacionalidad de siembras y cosechas

Las condiciones agro-climáticas y disponibilidad de agua en el valle el Tambo, determinan la estacionalidad de siembra a lo largo de todo el año.

CUADRO N° 42 ÉPOCA DE SIEMBRA Y COSECHA Y PERIODO VEGETATIVO

Cultivo	Época De Siembra	Época De Cosecha	Periodo Vegetativo
Papa	mayo-julio	setiembre-noviembre	5 meses
Ajo	febrero-junio	junio-oct- noviembre	6 meses
Cebolla	junio – septiembre	noviembre- febrero	5 meses
Maíz amarillo duro	marzo – abril	agosto – setiembre	5 meses
Maíz amiláceo	abril- junio	setiembre – noviembre	6 meses
Trigo	abril – junio	octubre – diciembre	6 meses
Zapallo	febrero-abril	julio-setiembre	5 meses
Camote	enero –diciembre	enero-diciembre	5-6 meses
Arroz	septiembre-enero	marzo-junio	6 meses
Alfalfa	abril	todo el año	10-12 meses
Caña de azúcar	enero-diciembre	todo el año	18 meses
Espárrago	enero- junio	todo el año	8 meses
Tomate	febrero-abril	julio-setiembre	6 meses
Hortalizas	febrero-abril	mayo-setiembre	3-6 meses

2.5.8 Principales mercados para la Producción del valle

Dada las condiciones de accesibilidad y de comunicación rápida los agricultores orientan su producción hacia importantes centros de consumo del País: la cosecha de arroz y caña de azúcar van a Arequipa, Moquegua, Tacna, Juliaca, la cosecha de alfalfa y maíz chala se dedican a la alimentación del ganado vacuno lechero del valle y la leche fresca tiene como destino inmediato las Empresas Gloria S.A. y Laive que están operando en la zona. De igual forma sucede con los otros productos agrícolas de la zona como ajos, cebolla, camote, ají y otros, cuyo destino es la ciudad de Lima y algunas ciudades del norte del Perú.

2.5.9 Niveles tecnológicos

El nivel tecnológico de la actividad agrícola del valle de Tambo varía en función del tipo de cultivo, nivel de afectación por mal drenaje y salinidad de los suelos y en algunos casos por el tamaño de la propiedad.

En las áreas sin problemas de déficit de riego, buen drenaje y sin problemas de salinidad, cultivados con ají, cebolla o arroz (aún si son pequeñas propiedades) la actividad agrícola presenta características de tecnología media a alta; teniendo como parámetros de medición: una alta fertilización de acuerdo al requerimiento del cultivo, empleo de semillas certificadas; optimización en la preparación del terreno con el uso de maquinaria agrícola, ejecución de las labores culturales en la época requerida, control fitosanitarios adecuados y oportunos.

Las tierras con problemas de déficit de agua estacional, problemas de salinidad o mal drenaje, independientemente del tipo de cultivo o extensión, la actividad

agrícola presenta características de tecnología media a baja, limitado uso de insumos de calidad y fertilización adecuada por que la experiencia ha demostrado al agricultor que los rendimientos están fundamentalmente limitados por el déficit de riego, la excesiva humedad y/o la salinidad del suelo.

En la totalidad del valle el uso del recurso hídrico es ineficiente, consecuentemente se presentan serios problemas de salinidad y drenaje, sobre todo en la parte baja del valle. Lo que está determinando que los índices de productividad estén disminuyendo; por ejemplo en las áreas sin problemas el cultivo de arroz rinde 11 t/ha promedio actualmente en las áreas con problemas de drenaje y salinidad el rendimiento es menor, en algunos predios 8 t/ha. En estos casos aún utilizando una tecnología agronómica apropiada no se logra óptima producción y productividad.

2.5.10 Rendimientos y valor de la producción Agrícola

CUADRO N° 43 RENDIMIENTOS AGRICOLAS UNITARIOS HISTORICOS DEL VALLE DE TAMBO (Datos expresados en TM/ha)

CULTIVOS	1 997	1 998	1 999	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004
Ají	3.00	3.07	3.08	3.43	3.88	5.18	4.13	4.08
Ajo	5.19	5.76	6.56	8.01	10.22	11.85	12.61	11.68
Alfalfa	54.06	49.74	56.81	57.43	54.57	48.43	44.12	45.99
Arroz Cáscara	9.01	8.05	10.06	9.53	9.83	9.17	10.48	10.66
Betarraga	14.48	16.83	20.48	21.93	21.50	21.72	17.91	14.16
Camote	12.19	11.29	13.81	13.39	12.15	11.71	13.51	11.97
Caña De Azúcar	126.58	102.06	130.05	165.37	170.00	179.70	179.55	106.44
Cebolla	23.67	22.45	27.34	27.12	18.89	22.21	28.75	34.09
Espárrago	5.96	7.94	8.02	7.05				
Maíz Amarillo	3.40	2.93	3.59				12.00	
Maíz Amiláceo	3.25	3.39	4.21	3.22	3.39	3.51	3.56	3.43
Maíz Chala		43.35	41.21	41.02	41.79	40.28	41.05	34.73
Melón	16.03	13.41	13.71	13.54	17.67			
Olivo	3.99		1.05	3.19	5.68	3.41	4.81	4.75
Papa	13.62	25.06	26.83	31.30	20.32	29.51	30.36	34.10
Pápikra					3.23	3.25	2.99	2.71
Sandía	21.90	18.89	14.60	14.71	16.61	13.91	28.56	23.00
Sorgo Forraje		26.01	24.28	25.19				
Sorgo Grano	3.06	3.41	3.23	3.05		1.99	2.11	2.07
Tomate	21.45	16.71	17.66	22.13	24.15	26.61	33.02	34.73
Trigo	3.14	3.95	3.86	3.58	4.70	6.14	3.23	5.81
Zapallo	12.13	18.69	20.86	21.00	21.12	18.29	17.10	17.80

FUENTE: O.I.A. Oficina de Información Agraria Islay -Arequipa

Costos de la Producción

Los costos de producción de los cultivos han sido determinados mediante investigaciones de "estudios de casos" entre los agricultores, complementada con la información de la Oficina de Información Agraria de Islay.

Los costos calculados incluyen Costos Directos: mano de obra, tracción mecánica, semillas, fertilizantes, costo de envases, transporte del producto e intereses financieros (26%) y Costos Indirectos: constituidos por los gastos administrativos (5 %) y los imprevistos (5%) del costos directos. Las leyes sociales no han sido consideradas, por que normalmente se trabaja por tareas determinadas, fijando un salario a suma alzada.

**CUADRO N° 44 SERIE HISTÓRICA DE PRECIOS DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN
CHACRA EN EL VALLE DE TAMBO (S/. / kg)**

CULTIVO	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	PROMEDIO
Aji	0.92	0.78	0.99	1.43	1.63	1.23	1.65	1.83	1.31
Ajo	3.69	1.78	2.52	1.71	1.19	1.11	1.30	1.49	1.85
Alfalfa	0.10	0.10	0.11	0.09	0.07	0.08	0.07	0.06	0.08
Algodón	2.29	2.12	2.29	1.82	2.36	1.94	2.30	2.44	2.20
Arroz Cascara	0.83	0.63	0.61	0.58	0.65	0.52	0.54	0.97	0.67
Betarraga	0.44	0.48	0.42	0.41	0.34	0.35	0.32	0.33	0.39
Camote	0.39	0.20	0.25	0.28	0.27	0.26	0.29	0.35	0.29
Cebolla	0.52	0.58	0.29	0.51	0.35	0.35	0.36	0.35	0.40
Esparrago	2.09	1.90	2.97	2.12	2.00	2.29	2.22	2.41	2.25
Maiz Amarillo	0.51	0.46	0.51	0.51	0.51	0.51	0.49	0.54	0.51
Maiz Amilaceo	0.93	0.82	0.98	0.97	1.09	1.08	0.99	0.96	0.98
Maiz Chala	0.08	0.10	0.09	0.08	0.10	0.10	0.09	0.08	0.09
Olivo	2.80	1.41	4.14	1.65	0.93	0.99	0.94	1.69	1.82
Papa	0.60	0.45	0.40	0.35	0.47	0.31	0.45	0.42	0.43
Páprika	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	3.23	4.08	4.97	4.12
Sandía	0.39	0.43	0.35	0.36	0.34	0.32	0.34	0.33	0.36
Sorgo Grano	0.64	0.52	0.56	0.53	0.52	0.31	0.49	0.51	0.51
Tomate	0.63	0.38	0.85	0.65	0.57	0.60	0.62	0.57	0.61
Trigo	0.72	0.66	0.71	0.66	0.71	0.68	0.62	0.71	0.68
Zapallo	0.45	0.40	0.36	0.37	0.33	0.34	0.31	0.32	0.36

FUENTE: O.I.A. Oficina de Información Agraria Islay-Arequipa.

Volumen De Producción

Los volúmenes de producción, es el reflejo de la superficie cultivada y de los rendimientos promedios , así se tiene que el valle el Tambo con sus 12,714 ha cultivadas en el año 2004, contribuyó con el 1,9 % del volumen de producción nacional y el 3,6 % del departamental en el cultivo de alfalfa, en arroz con el 1,6 % al nacional y 16,9 % al departamental , en ajos con 32,2 % al nacional y 54,8 % al departamental, en papa con el 1,5% al nacional y el 29,2% al departamental, el Ají Páprika que puede considerarse unos de los cultivos de mayor proyección en la zona participa con el 5,7% a nivel nacional y el 16% a nivel departamental, la Caña de Azúcar de Tambo es la única área sembrada a nivel departamental.

La Producción y Productividad agrícola en las áreas con déficit de riego estacional actual

En la situación con Proyecto se prevé que la disponibilidad de agua posibilitará aumentar la productividad de los cultivos, considerando que al superar la deficiencia de agua en la época de estiaje las siembras de los cultivos se realizaran en la época oportuna sobre todo en el cultivo de arroz y se darán mejores condiciones para la tecnificación agrícola al haberse superado la restricción hídrica y climática.

En el caso de la Alfalfa al asegurar la disponibilidad y calidad del agua se mejorará los rendimientos. Algo similar ocurre con los otros cultivos como Ajo, Caña de Azúcar y Cebolla.

CUADRO N°45 VOLUMEN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN TAMBO (1 997 – 2 004)

datos expresados en toneladas

Cultivo	1 997	1 998	1 999	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004
Ají	966	905	847	1,352	822	1,314	533	980
Ajo	2,802	3,106	4,297	7,823	14,745	13,618	17,190	15,810
Alfalfa	162,781	160,258	179,418	164,761	128,522	112,697	109,674	106,414
Arroz Cáscara	18,092	18,013	19,570	20,971	21,086	21,547	25,512	29,320
Betarraga	290	976	676	1,404	1,247	521	197	96
Camote	2,743	3,839	4,627	6,054	4,910	1,370	2,742	3,352
Caña De Azúcar	77,594	82,874	65,026	110,966	95,707	150,589	211,333	125,594
Cebolla	14,678	23,238	27,505	29,803	24,544	39,315	39,901	34,464
Espárrago	298	339	343	296				
Maíz Amarillo Duro	357	554	43			4	96	
Maíz Amiláceo	383	824	909	920	983	526	640	264
Maíz Chala		14,740	16,566	18,050	16,885	19,535	21,100	30,199
Melón	481	201	96	176	106			
Olivo	1,482		376	1,087	942	775	871	836
Papa	12,793	23,027	33,730	30,047	24,869	42,406	33,056	45,457
Sandía	1,752	624	219	397	382	236	229	253
Sorgo Forraje		2,549	1,044	806				
Sorgo Grano	162	177	179	156		26	63	40
Tomate	1,008	1,153	547	332	1,618	1,889	3,302	973
Trigo	173	162	239	186	296	1,180	791	2,248
Zapallo	1,092	2,570	3,610	3,066	1,844	1,098	1,488	3,364
TOTAL	299,926	340,129	359,864	398,652	339,508	408,647	468,717	399,663

Información base: O.I.A. Oficina de Información Agraria Islay -Arequipa

CUADRO N° 46 VALOR DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL VALLE DE TAMBO-2004

CULTIVOS	Valor Bruto S/.	Costo Producción		Valor Neto S/.
		Unitario	Total	
Ají	1,791,936	6116.85	1468044.00	323892.00
Ajo	23,563,933	7769.40	10519767.60	13044165.20
Alfalfa	8,530,240	885.00	2051430.00	6478810.00
Arroz Cáscara	28,435,550	4261.33	11718657.50	16716892.50
Betarraga	23,364	2373.33	11866.65	11497.35
Camote	1,173,060	3295.90	922852.00	250208.00
Caña de Azúcar	11,303,503	6548.79	7727572.20	3575931.00
Cebolla	12,062,039	6048.54	6115073.94	5946964.86
Maíz Amiláceo	253,546	2096.45	161426.65	92118.95
Maíz Chala	2,239,390	2149.35	1732376.10	507014.30
Olivo	1,412,840	2887.65	508226.40	904613.60
Papa	13,636,590	8537.60	11380620.80	2255969.20
Pápikra	7,316,729	8453.08	4657647.08	2659081.92
Sandía	83,490	4119.07	45309.77	38180.23
Sorgo Grano	20,058	1376.55	26154.45	-6096.15
Tomate	554,291	7393.12	207007.36	347283.44
Trigo	1,596,414	2815.20	1089482.40	506931.30
Zapallo	1,070,848	3924.38	737783.44	333064.56
TOTAL:	115,067,821		61,081,298	53986522.26

CUADRO N°47 PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA DE LAS ÁREAS CON DEFICIT ESTACIONAL DE RIEGO ACTUAL. EN TAMBO

CULTIVOS	Valor Bruto S/.	Costo Producción		Valor Neto S/.
		Unitario	Total	
Ajo	2,831	6951.75	1390.35	1440.65
Alfalfa	1,224	706.10	317.75	906.26
Arroz	7,857	4095.73	3686.16	4170.84
Caña De Azúcar	3,240	6073.15	2429.26	810.74
Cebolla	2,581	5747.70	1436.93	1144.33
TOTAL	17,733		9,260	8472.81

La producción y productividad agrícola en las áreas que requieren mejoramiento de riego, drenaje y salinidad de los suelos, situación actual

En la situación actual se tiene un aumento progresivo de la salinidad y mal drenaje en el valle, en buena parte como consecuencia del incremento de las áreas de arroz, provocando una mayor recarga del acuífero; por la distribución de agua mediante toma libre en época de avenida; por deficiencias en el mantenimiento de los drenes especialmente en Iberia, La Punta y Boquerón; por deficiencias en las prácticas culturales.

Estas limitaciones desincentivan a los productores realizar adecuadas prácticas agrícolas, por lo tanto sus cultivos no pueden alcanzar los rendimientos potenciales que se logran en el resto del valle.

CUADRO N° 48 PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA DE LAS ÁREAS CON DEFICIT ESTACIONAL DE RIEGO Y PROBLEMAS DE DRENAJE Y SALINIDAD, ACTUAL. EN TAMBO

CULTIVOS	Valor Bruto S/.	Costo Producción		Valor Neto S/.
		Unitario	Total	
Alfalfa	1,024	706.10	282.44	741.56
Arroz	5,432	3799.60	2659.72	2772.28
Camote	350	2976.20	297.62	52.38
Cebolla	1,960	5241.70	1048.34	911.66
Maíz Chala	544	1953.85	390.77	153.23
Papa	2,040	8268.50	1653.70	386.30
TOTAL	11,350		6,333	5017.41

2.5.11 Producción Pecuaria En El Valle De Tambo

(UNIDADES POR ESPECIES)

	1999	2 000	2 001	2 002	2 003
AVES CARNE	1'587,230	1'280,100	1' 800, 000	1'940,000	3' 518, 930
AVES POSTURA	11,456	14 ,030	43, 767	39, 367	41,808
VACUNOS	13, 380	11, 260	14, 800	11, 300	10,685
OVINO	9, 543	6, 240	5, 890	6, 200	5,143
PORCINO	5, 360	5, 100	4, 800	5, 100	4 ,000

Fuente: O. I.A. Oficina de Información Agraria Islay - Arequipa

Del hato ganadero vacuno con 10 685 unidades, 2 665 están dedicadas a la producción lechera, éstas en el año 2 003 acumularon una producción láctea de 6 812,7 toneladas, con un promedio de producción diaria por vaca de 8.5 litros. La mayor parte de la producción es vendida a Leche Gloria S.A. y una menor cantidad es para la Empresa Laive S.A. Las vacas en ordeño representan el 33,45 % del total del hato ganadero.

La población de ovino con 5 143 cabezas, esta formado por ganado criollo, sin manejo alguno y criado al pastoreo, adaptado a las condiciones climáticas de la zona, con un manejo artesanal.

El ganado porcino con 4 000 unidades, esta formado por un hato ganadero mixto con un manejo extensiva y semi estabulado

La población de aves tiene dos características de explotación: a) La doméstica de consumo familiar y b) La estabulada mediante granjas avícolas ubicadas en Mollendo e Islay.

Rendimientos Unitarios

De acuerdo con la Información de campo y entrevistas con responsables de la Oficina de Información Agraria del Ministerio de Agricultura. Se ha obtenido la siguiente información:

- La producción promedio de leche es de 9,76 litros/vaca/día.
- El peso promedio de saca en vacunos es de 168 kg y anualmente la saca es del 27%
- El rendimiento promedio del ganado ovino es de 12 kg/ unidad y la saca es del 30%
- El rendimiento promedio del ganado porcino es del 53 kg/ unidad
- El peso promedio de pollo es de 1,80 kg/unidad
- La población pecuaria vacuna a nivel de valle representa el 5,6 % del departamental y el 0,23 % a nivel nacional, así mismo el departamental representa el 4 % del nivel nacional.
- La población vacuna se concentra en mayor cantidad en los distritos de Dean Valdivia y Punta de Bombón.

CUADRO N° 49 COSTOS DE PRODUCCIÓN TOTAL DEL HATO GANADERO (2003)

Unidad de costos	Cantidad	Costo unitario	Costo total S/.
Unidad vacuno total	9 229 unidades	120,00	1 107 480
Costo de producción total	-.-	-.-	3 158910

(*) En el costo de producción del ganado vacuno, se está incluyendo el costo de mantenimiento de 2 318 ha. del cultivo de alfalfa que sirve de piso forrajero y de alimento verde al hato ganadero.

CUADRO N°- 50 VALOR BRUTO DE PRODUCCIÓN VACUNO (AÑO 2003)

Producto	Cantidad kg.	Precio unitario S/.	Precio total S/.
Producción de carne	402 200 kg.	4,50	1 809 900
Producción de leche	6 812 700 kg.	0,80	5 450 160
Valor bruto total	- -	-.-	7 260 060

Ingreso Neto De Producción Ganadera:

S/. 4 101,150

2.5.12 Canales de Comercialización Agrícola

- PRONAA que en la campaña adquiere la producción de arroz pilado, papa, maíz amiláceo, cebolla, ajos entre otros.
- Toda la producción de caña de azúcar es procesada por la empresa agroindustrial “Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A.”
- La producción de arroz en cáscara es comprada por los 10 molinos de arroz existentes en el valle, los cuales lo transforman en arroz pilado y otros derivados como polvillo y arroz
- el cultivo de la alfalfa está decreciendo y está destinado a servir de forraje del ganado existente en el valle. El cultivo de Maíz Chala, es utilizado como alimentos del ganado, compensando la disminución de alfalfa.
- La producción de Espárrago se destina totalmente a la exportación.
- El cultivo de Cebolla y Ajo son de gran tradición en el valle Tambo, aunque últimamente están siendo desplazados por el Ají Párika. Este ha adquirido mucha importancia en el mercado mundial, razón por la cual la superficie sembrada en Tambo se ha incrementado rápidamente en los últimos 4 años, superando las 700 ha en la campaña 2005.
- El resto de productos se destinan básicamente a la alimentación de la población local y el excedente o producción comercializable se destina al mercado de Lima, principal centro de consumo del país.

2.5.13 Comportamiento del PBI Agrícola del valle de Tambo

CUADRO N° 51 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL PBI AGRÍCOLA DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS AGRICOLAS DEL VALLE DE TAMBO (AÑO 2004)

CULTIVOS	%
Arroz Cáscara	24.7
Ajos	20.5
Cebolla	10.5
Papa	11.9
Caña de Azúcar	9.8
Otros cultivos	22.6
TOTAL	100.0

Fuente: Elaboración Propia – Trabajo de Campo 2004, Ver Cuadro N° 16

2.6 Diagnostico Socioeconómico

2.6.1 Introducción

El Diagnóstico socioeconómico realizado se detalla en el anexo 6 del presente estudio de factibilidad. Este ha sido orientado a identificar la población beneficiaria del Proyecto y analizar sus variables demográficas (población, tasa de crecimiento, composición familiar), variables económicas (población económicamente activa por actividad, nivel de ingresos, nivel de vida); percepción de los beneficiarios frente al proyecto propuesto y evaluación de las organizaciones agrarias.

La información ha sido recopilada de instituciones oficiales como el INEI, Ministerio de Educación, Ministerio de Salud, Municipios distritales, Sedapar, etc., la cual ha sido confrontada y actualizada con trabajo de campo.

Se han realizado reuniones de trabajo con la población objetivo y sus organizaciones a fin de identificar, con participación directa de los beneficiarios; los problemas y demandas más urgentes. Participaron en los conversatorios los directivos y conductores de las tres Juntas de Usuarios y sus Comisiones de Regantes. Adicionalmente se realizaron 31 entrevistas a usuarios representativos de la zona de estudio.

2.6.2 Características demográficas

CUADRO N° 52 POBLACIÓN INVOLUCRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	POBLACIÓN		TASA DE CRECIMIENTO
	1993	2004	
PROV. ISLAY	50,039	58,280	1.4
ISLAY	2,100	2,560	1.8
COCACHACRA	9,391	11,284	1.7
DEAN VALDIVIA	5,416	6,668	1.8
MEJIA	1,248	1,596	2.2
MOLLENDON	25,434	28,892	1.2
PUNTA BOMBON	6,450	7,280	0.7

FUENTE: INEI, Proyecciones de población, por departamento, provincia y distrito 1990 – 2005

De acuerdo a las tasas de crecimiento estimadas por el INEI, las proyecciones de población de la provincia de Islay para los años 2005, 2010, 2015 son: 60306, 65182 y 70 453 respectivamente

CUADRO N° 53 POBLACIÓN TOTAL DE LA PROVINCIA DE ISLAY SEGÚN AREA URBANA Y RURAL Y SEXO POR GRUPOS QUINQUENALES DE EDAD

PROVINCIA ISLAY	TOTAL			URBANA			RURAL		
	TOTAL	HOMBRE	MUJER	TOTAL	HOMBRE	MUJER	TOTAL	HOMBRE	MUJER
TOTAL	100.0	50.4	49.5	84.6	42.4	42.2	15.4	8.1	7.3
< 1 AÑO	2.0	1.0	1.0	1.7	0.8	0.8	0.4	0.2	0.2
1 A 4 AÑOS	8.7	4.4	4.3	7.1	3.6	3.5	1.5	0.8	0.7
5 A 9 AÑOS	11.0	5.6	5.4	9.3	4.7	4.6	1.7	0.9	0.8
10 A 14 AÑOS	11.3	5.7	5.6	9.7	4.8	4.9	1.7	0.9	0.8
15 A 19 AÑOS	10.1	5.0	5.1	8.7	4.3	4.4	1.5	0.8	0.7
20 A 24 AÑOS	8.8	4.4	4.5	7.3	3.6	3.8	1.5	0.8	0.7
25 A 29 AÑOS	8.4	4.1	4.3	7.1	3.5	3.7	1.3	0.7	0.6
30 A 34 AÑOS	7.6	3.8	3.8	6.5	3.2	3.3	1.1	0.6	0.5
35 A 39 AÑOS	6.6	3.4	3.2	5.7	2.9	2.8	0.9	0.5	0.4
40 A 44 AÑOS	5.4	2.9	2.5	4.7	2.5	2.3	0.7	0.4	0.3
45 A 49 AÑOS	4.4	2.3	2.1	3.7	1.9	1.8	0.6	0.3	0.3
50 A 54 AÑOS	3.6	1.9	1.7	3.0	1.5	1.4	0.6	0.3	0.2
55 A 59 AÑOS	3.3	1.7	1.6	2.8	1.5	1.3	0.5	0.3	0.2
60 A 64 AÑOS	2.8	1.4	1.4	2.3	1.2	1.1	0.5	0.2	0.3
65 A + AÑOS	5.9	2.8	3.1	5.0	2.4	2.6	0.9	0.4	0.5

FUENTE: Elaboración propia en base a IX Censo de Población - INEI

Las investigaciones en el campo social se respaldan en las estadísticas vitales que conforman la dinámica poblacional, específicamente las variables: natalidad y mortalidad, las cuales a nivel de departamento de Arequipa, según información proporcionada por el INEI para el quinquenio 1995 – 2000, arroja los siguientes resultados promedio:

Tasa de natalidad por mil	21,1
Tasa de mortalidad por mil	5,8
Tasa de mortalidad infantil por mil	33,0
Tasa Global de Fecundidad	2,4
Tasa de crecimiento	1,8
Esperanza de vida al nacer (años)	71,9

La mayor parte de la población femenina cuenta con información respecto al control de la natalidad lo cual ha influido en el descenso de los índices de fecundidad (número promedio de hijos por mujer) y la mortalidad infantil.

Para la provincia de Islay la tasa de mortalidad ha descendido de 17 defunciones por mil habitantes en 1975 a 8 habitantes por mil en 1993; es decir la tasa de mortalidad ha disminuido en 50% (en menos de 20 años).

La mortalidad infantil se ha reducido, debido a las políticas de prevención (mediante programas de vacunación e inmunización). Los índices de mortalidad infantil, aún alta, es el resultado de las altas tasas de desnutrición en la niñez.

Densidad poblacional

La densidad poblacional en la provincia de Islay es de 14,9 hab/km² lo que confirma la mayor concentración de población en las zonas costeras. Esta densidad responde al total de habitantes (58,280) que alberga la provincia en sus 3,886.49 km² de extensión.

El distrito de Dean Valdivia es el que soporta la mayor densidad poblacional con 49.7 hab/km², mientras que Islay es el de menor densidad con 6.66 hab/km², a pesar de ser el distrito de mayor antigüedad de la provincia, el distrito de Cocachacra también presenta una baja densidad (7.3 hab/km²)

Movimientos migratorios

En el valle de Tambo el 75% de los migrantes proceden de los departamentos de Puno, Cuzco y Lima (Región Metropolitana). Estos procesos migratorios ocurren de los lugares menos desarrollados hacia los de mayor desarrollo, es decir que la motivación de esta migración es principalmente mejorar las condiciones de vida en el lugar de destino.

En el ámbito del Proyecto, a pesar de estar inserto en un área de gran recepción de migrantes a nivel zona sur del país, un alto porcentaje del movimiento migratorio ocurre hacia la ciudad por la escasez de trabajo y los

salarios bajos en el campo. A esto se suma la falta de oportunidades educativas (en los niveles técnico y superior) y búsqueda de oportunidades de los jóvenes que emigran (hacia Mollendo y Matarani), para trabajar como cargadores u otras faenas en la pesca y procesamiento de pescado.

2.6.3 Aspectos Económicos

La actividad económica en la provincia de Islay responde al comportamiento de la economía a nivel nacional y especialmente departamental. Para Arequipa ha sido de gran impacto la crisis de los últimos años. Su parque industrial se ha reducido, de casi 100 empresas que tenía en los primeros años de la década del 90 ha menos del 50%, y un número importante de ellas viene trabajando por debajo del 50% de su capacidad instalada¹.

Como consecuencia de ello la provincia de Islay también ha sufrido los embates de la economía, los que se han dejado sentir en la agricultura, pesquería y servicios industriales y portuarios, que son justamente sus principales ejes generadores de desarrollo de la provincia.

En la provincia de Islay la actividad económica está claramente demarcada por su ubicación geográfica. En el valle de Tambo, formado por los distritos de Cocachacra, Dean Valdivia, Mejía y Punta Bombón, predomina la actividad agropecuaria. Mientras que en los distritos de Mollendo e Islay predomina la actividad pesquera tanto a nivel artesanal como con fines de transformación.

El valle de Tambo mayormente orienta su producción agropecuaria hacia las zonas de mayor dinamismo económico como Mollendo y Arequipa, en donde la economía urbana ofrece oportunidades adicionales en el rubro de los servicios.

2.6.4 La Actividad Agropecuaria en el Valle de Tambo

La agricultura en el valle de Tambo es una actividad intensiva, es considerada una importante despensa de la región Sur del país, además de muy prometedora por las potencialidades con que cuenta.

Los cultivos predominantes en el valle de Tambo (arroz, Caña de Azúcar, papa, ajo, cebolla, ají páprika, alfalfa, zapallo, etc.) se mantienen invariables por: Experiencia en su manejo, su alto nivel de rentabilidad, adaptación a las condiciones climáticas y físico químicos de los suelos y del agua. La posibilidad de incrementar los rendimientos y de ampliar la diversidad de cultivos está condicionado a mejorar la oferta de agua, la gestión de riego, las condiciones de drenaje y/o salinidad de los suelos y asistencia técnica agrícola, mercadeo y comercialización.

La producción pecuaria esta representada por el ganado vacuno, destinado a la producción de leche. Destinada principalmente a las empresas Gloria y Laive, especialmente en verano que se incrementan los volúmenes de producción.

¹ Plan de Desarrollo Provincia de Islay 2001-2010

El retiro de la planta procesadora de Leche Gloria a Lima, ha sido muy negativo para el valle. Actualmente sólo atiende a los productores con cámaras de enfriamiento para el acopio de la leche.

El segundo rubro de producción pecuaria, es la ganadería porcina y en menor medida la ovina. Las aves son para engorde y se crían generalmente sólo para autoconsumo y en menor proporción para el mercado local.

2.6.5 La actividad Pesquera en el Valle de Tambo

La actividad pesquera en la provincia se caracteriza por su riqueza en biomasa y diversidad de especies para consumo directo y transformación (jurel, bonito, dorado, caballa, corvina, sardina, cojinova, lenguado, liza, pejerrey, lorna, tollo, lapas, choros, etc.) Esta se explota artesanalmente por la PEA local (carente de tecnología e infraestructura). Los ingresos de esta actividad económica ha disminuido debido a la sobre explotación de especies importantes por unidades rastreras que ingresan a las cinco millas más próximas al litoral. Las machas son una especie que por primera vez fueron objeto de veda durante el año 2000.

La pesca, tiene como objetivo principal la transformación industrial (90%) para elaboración de aceite y harina de pescado, actividad que está ampliamente desarrollada en los puertos de Mollendo, Matarani.

Para desarrollar la actividad pesquera en general y posibilitar su transformación en conservas, congelado, semi procesado y harinas; se cuenta a nivel provincial con el Plan de Desarrollo Pesquero 2001–2005, a la fecha poco implementado.

La incidencia económica de la pesca en los residentes de los distritos de Cocachacra, Dean Valdivia, Mejía y Punta Bombón; se limita a los ingresos de los pescadores artesanales, quienes realizan sus labores con balsas artesanales y diversos aparejos de pesca: chinchorro, cortinas, ranflín y cordeles.

2.6.6 La Minería en el valle de Tambo

La actividad minera en el valle de Tambo esta limitada a la exploración de minas no metálicas, hasta ahora poco rentables y la extracción de materiales de construcción; la arena fina del río, aunque en muy poca cantidad; piedra grande y hormigón.

2.6.7 Actividades Económicas Secundarias

Actividad Industrial

Esta actividad se encuentra muy ligada a la agroindustria. La principal del valle esta localizada en Chucarapi-Pampa Blanca, donde se elabora de azúcar de caña y como sub producto el ron de azúcar, alcohol y melaza.

En Dean Valdivia y Punta de Bombón se procesan aceitunas para el mercado nacional por pequeños y medianos productores.

El pilado de arroz, si bien no es propiamente una actividad industrial, implica un procesamiento que otorga un valor agregado al arroz para consumo humano, extrayendo también subproductos para consumo pecuario. El pilado de arroz mayormente se hace en El Arenal (2 molinos) y Cocachacra (8 molinos), en Punta de Bombón hay una piladora de poca capacidad. Además hay panaderías, ladrilleras, producción de alfajores.

Actividad artesanal,

En la provincia hay personas que ejercen algún oficio manual por su cuenta, como actividad principal o complementaria a otra. Utilizan tecnología tradicional, cuya producción en pequeños talleres artesanales familiares, esta dirigida a satisfacer la demanda interna y el turismo (escobas, cestas, esteras y carpintería). En Mollendo está floreciendo la artesanía de conchas marinas, y, en La Curva, la producción de alfajores.

2.6.8 Sector Económico Terciario

Turismo

Esta actividad es vital y podría ser de futuro promisorio para la zona, ya que cuenta con gran potencial para el turismo estacional, por la presencia de recursos naturales e importante infraestructura vial y de comunicaciones; aunque es necesario algunas mejoras en el equipamiento y los servicios para una más satisfactoria atención al visitante.

El principal recursos naturales son sus playas, que en número superior a 30 se distribuyen a lo largo del litoral desde Islay hasta Punta de Bombón en el límite con Moquegua. Otro importante recurso natural local es el Santuario Nacional “Lagunas de Mejía, se halla en el Distrito de Mejía y Deán Valdivia, donde se concentran 160 especies diferentes de aves, algunas residentes y otras migratorias. Las islas de Hornillas, las Caletas (Mejía, Punta Bombón y Peje Perro). ofrecen oportunidades de ecoturismo.

Así mismo la pesca y la caza submarina tienen un atractivo turístico importante para los amantes de la aventura, además del ciclismo, motonáutica, paseo en bote, las caletas y otras zonas apropiadas para acampar, etc.

Existen también petroglifos, pintura rupestre y otros restos arqueológicos todavía poco conocidos para los nativos y foráneos.

Recursos Culturales

Destacan las festividades de carnavales (Caperos en Mejía), donde se presentan las yunzas, oportunidad en que los pobladores bailan con banda de música.

Comercio

De los 1,164 establecimientos comerciales existentes en la provincia de Islay², el 63% se ubican en Mollendo, el 16% en Islay; y el 21% en el valle de Tambo. Además, existen un promedio de tres hostales y hoteles de 1 y 2 estrellas en cada capital de distrito, (en Punta de Bombón se proyecta un hotel tres estrellas). No se cuenta con una adecuada oferta de restaurantes, más bien proliferan las pensiones y puestos de comida en los mercados de abastos, los cuales no cubren las expectativas de los visitantes con capacidad de gasto.

2.6.9 Aspectos Económico – Financieros

Actividad Financiera

Las colocaciones financieras a nivel de departamento están orientadas en un 46% al sector servicios, la industria con 18,2% y el comercio con 12,7%. La agricultura, ganadería, pesca y minería no tienen relevancia en cuanto a apoyo financiero.

Las actividades económicas locales son poco rentables, permitiéndoles cubrir las necesidades básicas de consumo, pero no generan mayores excedentes, por lo cual el ahorro en la zona es escaso.

Población Económicamente Activa

La población económicamente activa en el ámbito del Proyecto es de aproximadamente el 35%, es decir unas 20,600 personas en edad de trabajar, es decir que 3 personas dependientes por cada una que tiene trabajo.

La actividad agropecuaria ocupa a algo más del 30% de la PEA del valle, es decir unas 6 200 personas, el 34% de la PEA esta ocupada en actividades extractivas; le sigue los servicios (28%) y el comercio (12%). Es decir hay predominio de ocupación en actividades propias del área urbana

La actividad agropecuaria demanda un promedio de 1 600 000 jornales/año, los que convertidos a jornal hombre generan una demanda de cerca de 6 000 trabajadores, de los cuales un 20% de ellos corresponde a la fuerza laboral femenina.

La agricultura es la actividad de mayor importancia para los distritos de Dean Valdivia, Punta de Bombón, Mejía y Cocachacra, ya que ocupa al 71%, 65%, 52% y 36.5% de su PEA respectivamente.

Nivel de Ingresos

En base al nivel de los jornales que se pagan en la zona, se estima que un trabajador agropecuario alcanza un ingreso mensual entre S/. 330 a S/. 400, de acuerdo a la temporada de la campaña agrícola, ya que en las épocas de siembra y cosecha, que es donde se incrementa la demanda, los trabajadores logran trabajar todos los días de la semana mientras que en las otras épocas sólo trabaja entre 3 a 4 días por semana.

² Comprende S.A., SRL., Empresas Unipersonales, Personas Naturales, EIRL., SCRL, Coop.

De esta manera podemos apreciar que el trabajador agropecuario local vive una economía precaria; ya que el jornal de un obrero varón está en 18 soles por lampa, 25 soles por fumigar y otros trabajos a razón de 15 soles.

La precariedad de la economía doméstica en el campo ha generado la necesidad cada vez mayor de la mujer jornalera a fin de ayudar al sustento del hogar. Las labores de siembra, deshierbo y cosecha de algunos cultivos como papa, ajo, cebolla, camote, ají, tomate, zapallo, son desempeñados por mujeres a quienes se paga un promedio de S/. 13 por jornal.

La expansión urbanística también ha generado tendencia a la terciarización de la economía, es decir, el predominio de actividades comerciales y de servicios, en las que la mujer ha incrementado su nivel de participación.

Los agricultores conductores de fincas de menos de 5 ha tienen ingresos promedio de S/. 1300. Los conductores de fincas de 5 a 10 ha (6,8% del total de conductores), sus ingresos promedio están por los S/. 2 346 y finalmente Los conductores de fincas mayores de 10 ha, (2.8% del total de conductores), tienen un ingreso promedio de S/. 8 174.

La situación agroeconómica descrita se comprueba con los resultados de las entrevistas realizadas: el 66,7% manifestó obtener ingresos sólo de la actividad agrícola, hay un 13,3% que además de la agricultura complementan sus ingresos con la venta de leche y otro 13,3% que además de la agricultura acuden a otras actividades como hacer taxi, tiene negocio con la esposa, etc.

La Mujer en la Economía Local

Los cambios en la economía peruana han condicionado a que un gran porcentaje de mujeres trabajen fuera del hogar. El 61% de las mujeres entre 15 y 49 años trabajan, de estas el 43% lo hace en forma permanente y el 18 % en forma estacional. El mayor porcentaje de mujeres que trabajan tienen 45 años a más.

Respecto al nivel educativo, las mujeres en el área urbana tienen en promedio 8 años de estudio y en el área rural 6 años. En el valle de Tambo un 58% de la PEA se ubica en el área urbana, de esta casi el 20% corresponde a la mujer. El nivel de analfabetismo en las mujeres de la provincia de Islay alcanza al 10%.

Ante la situación de pobreza extrema que se vive en el campo, por la pérdida del valor económico de la actividad agrícola, la mujer en muchos casos se ha convertido en el sostén económico importante de la familia, especialmente cuando ha optado por actividades comerciales, en lugar de la agrícola, En la provincia de Islay hay un 19% de mujeres que son jefes de hogar.

2.6.10 Aspectos Sociales

Salud

El valle Tambo cuenta con tres microrredes de atención de parte del Ministerio de Salud, la cuales cuentan con 13 locales de atención a nivel de la provincia, 4 de los cuales tiene categoría de Centro de Salud y 9 son Puestos de Salud; las que se encuentran ubicadas dentro de cada distrito.

En la provincia de Islay, atienden 57,875 personas, de las cuales 16,254 son mujeres en edad fértil (1,458 nacimientos registrados en el 2003 y atención de 1,174 mujeres gestantes).

Las principales causas de morbilidad fueron: enfermedades del aparato respiratorio (36,6%), enfermedades de la cavidad bucal (12.1%), enfermedades infecciosas intestinales (11.5%), enfermedades de la piel (5.1%).

Un causante importante de las enfermedades es la falta de servicios de agua potable y desagüe en las viviendas. SEDAPAR y los Municipios viene haciendo esfuerzos por mejorar la cobertura, sin embargo aún hay mucho por hacer. Es especialmente preocupante la falta de servicio de alcantarillado en los distritos de Islay y Mejía.

Educación

En Islay el 82% de centros educativos son del Estado (128 Centros Educativos, de nivel inicial (32), primaria (44) y secundaria (52), de estos 20 corresponden al sistema no escolarizado. La principal deficiencia es la falta de infraestructura y equipamiento adecuado, lo cual no se ha logrado plenamente, por escasez de recursos de parte del Estado. No existe oferta educativa superior en la provincia.

La tasa de analfabetismo promedio de la provincia de Islay es de 7,3% elevándose a 10,9% si nos referimos el analfabetismo de la mujer.

Vivienda

En el Valle de Tambo, un 60% son propietarios de la vivienda que habitan. En las zonas urbanas predomina las construcciones de un piso con material de concreto y en las zonas rurales predomina las construcciones de adobe, con techo de teja o calamina y en algunos casos de quincha y pisos de tierra.

En Islay un 50% de viviendas tienen paredes de ladrillo y piso de cemento, de estas 35% tienen techo de concreto y 15% de calamina. En Punta de Bombón y Dean Valdivia el mayor porcentaje de viviendas son de paredes de quincha (48%), con techos de caña (38%) y pisos de tierra (56%). Finalmente en Cocachacra las paredes en un 37% son de ladrillo, 33% de quincha y 25% de adobe; el material del techo es mayoritariamente de caña o estera (56%) y 27% de concreto, en el piso predomina el cemento (48%).

Servicio de Agua

El servicio de agua es atendido por las plantas de tratamiento de Cocachacra, El Arenal, La Curva, Mejía y Mollendo, este último abastece a Matarani. Estas

plantas se abastecen del agua del río Tambo. El distrito de Punta de Bombón se abastece de agua del subsuelo.

**CUADRO N° 54 POBLACIÓN SERVIDA CON AGUA POTABLE POR SEDAPAR
AL 31 DE DICIEMBRE 2003 EN LA PROVINCIA DE ISLAY – AREQUIPA**

LOCALIDAD	Población Total Hab.	POBLACION SERVIDA			Poblac. Abastec. Agua Potable Hab.	Poblac.Deficit Agua Potable Hab.	Cobertura Agua Potable %
		Conex. Domic. Hab.	Tanque Cist. Hab.	Pileta Púb. Hab.			
ISLAY	46,929	40,740	550	3,460	44,750	2,179	95.4
Mollendo	26,228	22,513	550	2,720	25,783	445	98.3
Matarani	2,962	2,651	0	120	2,771	191	93.6
Mejía	690	589	0	60	649	41	94.1
Cocachacra	7,970	7,189	0	240	7,429	541	93.2
La Curva	1,201	1,044	0	120	1,164	37	96.9
El Arenal	2,139	2,015	0	80	2,095	44	97.9
Punta de Bombón	5,739	4,739	0	120	4,859	880	84.7

FUENTE: SEDAPAR

Servicio de Desagüe

Este servicio es brindado por la empresa SEDAPAR, siendo su cobertura mucho menor que de agua potable, según SEDAPAR se atiende al 71% de la población provincial (sin incluir la necesidad de los centros poblados pequeños y alejados). El agua servida, es tratada en las plantas de Cocachacra y Punta de Bombón. En Mollendo las aguas servidas se evacúan al mar. En el resto de centros poblados el 60% utilizan pozos sépticos o letrinas y en el 40% restante no tiene ningún tipo de servicio.

**CUADRO N° 55 POBLACIÓN SERVIDA CON SISTEMA DE ALCANTARILLADO
POR SEDAPAR AL 31 DE DICIEMBRE 2003, PROVINCIA DE ISLAY – AREQUIPA**

LOCALIDAD	Población Total Hab.	Poblac. Abastec. Alcantarillado Hab.	Poblac.Deficit. Alcantarillado Hab.	Cobertura Alcantarillado %
ISLAY	46,929	33,255	13,674	70.9
Mollendo	26,228	20,332	5,896	77.5
Matarani	2,692	1,078	1,884	36.4
Mejía	690	0	690	0.0
Cocachacra	7,970	6,589	1,381	82.7
La Curva	1,201	963	238	80.2
El Arenal	2,139	0	2,139	0.0
Punta de Bombón	5,739	4,293	1,446	74.8

FUENTE: SEDAPAR

Energía Eléctrica

La cobertura de este servicio, sirve al 75% de las viviendas y es atendida por tres centrales de generación térmica interconectadas en una línea de 10 000 Kw: Mollendo, La Curva y La Punta. En Matarani el servicio es dado por la Empresa Nacional de Puertos

Sistema Vial, Transporte y Comunicaciones

El valle el Tambo está conectado a la carretera Panamericana Sur a la altura del Km. 1 042, del cual se inicia una carretera asfaltada que une Mollendo y Matarani, El Fiscal, Cocachacra y Dean Valdivia. Además el valle cuenta con caminos carrozables que une a sus anexos y caseríos; así como trochas y caminos de vigilancia que facilitan el recorrido dentro del área productiva en sus distintos sectores de riego para la operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y drenaje con que cuenta el valle.

Transporte de Pasajeros: Este servicio es cubierto en sus diferentes rutas por combis y autos, con horario regular todo el día..

Transporte de carga.- El transporte urbano de carga se efectúa a través de pequeños camiones y camionetas, generalmente 2 veces por semana y prestan servicio a Arequipa o Lima y ocasionalmente a las ciudades de Cuzco e Ilo.

Ferrocarril: Realiza transporte de carga y de pasajeros entre puerto de Matarani, Mollendo con la ciudad de Arequipa, Juliaca, Puno y Cuzco.

Puertos y Servicios Portuarios

El servicio portuario provincial es suministrado por dos Puertos de Atraque directo: Matarani y Mollendo, además de caletas usadas por embarcaciones menores.

Comunicaciones

Teléfono: La empresas Telefónica del Perú ofrece telefonía Móvil y Fija. Ambos servicio son similares al servicio de nivel nacional, tiene instaladas más de 250 líneas en una central con capacidad para 384 y puede ampliarse fácilmente.

Servicio Postal

El servicio postal es atendido por las empresas de transporte público de pasajeros, en las rutas que cubren a Arequipa y también a Lima y las otras ciudades de la región Sur.

2.6.11 Percepción Y Expectativas De Los Beneficiarios Frente Al Proyecto

Un 60% manifestaron conocimiento sobre el tema y consideran que es muy necesario e importante hacer la represa. Cabe indicar que se han combinado respuestas, ya que en proporción casi igual unos dijeron que lo consideraban muy importante y otros muy necesario.

También manifestaron que además de hacer la represa es necesario que se trabaje en la tecnificación del riego,

2.6.12 Niveles Y Condiciones Socioeconómicas

CUADRO N° 56 NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS DE LA POBLACIÓN

VARIABLE	COCACHACRA %	DEAN VALDIVIA %	ISLAY %	MEJIA %	MOLLENDO %	PUNTA BOMBON %
1. Total hogares en viviendas particulares con ocupantes presentes. Valor numérico real (no porcentual)	2251	1338	552	319	6040	1595
2. Hogares con necesidades básicas insatisfechas	52.4	64.9	62.7	51.4	30.9	50.3
3. Hogares en viviendas con características físicas inadecuadas	27.4	51.9	35.3	11.3	13.9	39.8
4. Hogares en viviendas con hacinamiento	15.1	17.7	11.6	16.6	11.6	15.9
5. Hogares con niños que no asisten a la escuela	4.7	3.7	2.2	5.0	2.4	4.0
6. Niños de primero de primaria con desnutrición crónica.	21.5	21.2	15.6	21.1	11.1	24.7
7. Hogares con alta carga o dependencia económica	8.4	8.4	6.5	5.0	5.4	7.3
8. Hogares con una necesidad básica insatisfecha	29.9	38.7	26.4	30.4	17.3	28.9
9. Hogares con dos necesidades básicas insatisfechas	16.7	18.8	29.2	15	9.9	16.4
10. Hogares con tres necesidades básicas insatisfechas	5.0	5.9	5.8	4.7	3.1	4.4
11. Hogares con cuatro necesidades básicas insatisfechas	0.7	1.3	0.9	1.3	0.6	0.6

FUENTE : INEI-Mapa de Necesidades Básicas por Distritos

3. POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE IMPLEMENTAR LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Planteamientos de Alternativas de solución

3.1.1 La problemática y medios de solución

Como se ha explicado, uno de los efectos directos de seguir sosteniendo el desarrollo agrícola y el mejoramiento del riego del valle de Tambo, basado en la derivación parcial de agua del embalse Pasto Grande, es la reducción de las metas de desarrollo agrícola de las nuevas áreas en los valles de la Región de Moquegua.

De otro lado como resultado de más de 10 años de afianzamiento hídrico del valle de Tambo, con aguas derivadas del proyecto Pasto grande, se crearon condiciones que propiciaron mejoras en el desarrollo agrícola potencial de este valle, constituyéndose en un derecho que ya no pueden ser ignorado.

Acción de primer nivel

El medio constructivo de primer nivel, acordado entre El Gobierno Central y las autoridades regionales beneficiarias, para superar la problemática surgida entre los usuarios de ambas regiones, es la construcción de un reservorio de almacenamiento y regulación para afianzar la oferta de agua (en cantidad y calidad), especialmente en los meses de estiaje, para riego del valle de Tambo. De esta manera se libera la totalidad de los recursos hídricos del sistema Pasto Grande, para ser usados en los valles del Departamento de Moquegua, posibilitando el logro de los objetivos y metas previstas como Primera Etapa del Proyecto Pasto Grande.

Los recursos hídricos a regular para el valle de Tambo, deben provenir de su propia cuenca o de cuencas vecinas, sin afectar los recursos hídricos destinados al desarrollo de los valles de Moquegua, Ilo y Torata (Primera y segunda etapa Pasto Grande).

Acciones Complementarias al Proyecto de Afianzamiento Hídrico

Complementariamente y enmarcado en la política nacional y regional de lucha contra la extrema pobreza; es importante promover actividades productivas, económica y socialmente rentables; Incentivar la inversión privada y dinamizar el crecimiento y desarrollo socioeconómico sostenido y pacífico del valle de Tambo, en la Región de Arequipa y los valles de Moquegua, Ilo y Torata en la Región de Moquegua.

Con este fin se han estructurado las siguientes propuestas: (i) Para el valle de Tambo un programa de acción para Mejorar el uso agrícola de la tierra, el agua y la gestión de riego e introducir en la cedula de cultivos, variedades y especies de alta rentabilidad y (ii) En los valles de la Región de Moquegua lo urgente es concluir la construcción de los canales laterales de riego de primer orden y de esta manera, generar condiciones favorables para la inversión privada, quienes deben ser los que finalmente inviertan en el desarrollo de la infraestructura menor de riego y en la preparación y cultivo de la tierra de ampliación de la frontera agrícola previstas por el Proyecto Pasto Grande.

Al igual que en Tambo, en los valles de Moquegua, también es importante impulsar un programa de mejoramiento de la actividad agro-económica, basado en un mejor uso de la tierra, para lo cual se requiere mejorar la gestión de riego, introducir en la cedula de cultivo variedades y especies de alta rentabilidad e incrementar el aprovechamiento de las aguas subterráneas.

El presente estudio esta enfocado exclusivamente al estudio de alternativas relacionadas con la implementación de las medidas de primer orden para compensar al valle de Tambo por la reducción de la cantidad y calidad del agua disponible para el valle bajo, debido a la construcción del embalse Pasto Grande.

Las acciones complementarias, están relacionadas con el mejoramiento del uso del suelo, el agua y la gestión agro-empresarial y de riego, han sido analizadas y se propone implementar, en el marco de un proyecto complementario, previa elaboración de otro estudio integral específico.

3.1.2 Alternativas de afianzamiento hídrico estudiadas:

Antes del presente estudio, se realizó un estudio preliminar respecto a los recursos hídricos naturales disponibles en la cuenca y balance respecto a la demanda del valle bajo de Tambo, concluyéndose la necesidad de implementar un proyecto de afianzamiento hídrico para riego del valle bajo de Tambo.

El impacto de la primera etapa del proyecto Pasto grande, en los meses críticos (Junio a Noviembre) ha sido establecida en 12,6 Millones de metros cúbicos y el impacto por la implementación de la segunda etapa de Pasto grande, ha sido establecida en 17 millones de metros cúbicos. De acuerdo al balance hídrico Octubre, Noviembre y Diciembre son los meses realmente deficitarios, si no se ejecuta una presa compensatoria para Tambo. El impacto de la primera y segunda etapa del Proyecto Pasto Grande en los tres meses críticos (Oct, Nov y Dic) es del orden de 5 y 7 MMC respectivamente. De acuerdo al balance Hídrico en la situación actual se requiere incrementar en 13 MMC la oferta de agua para riego en los meses de Octubre a Diciembre, por consiguiente de ejecutarse la segunda etapa del Proyecto Pasto Grande, se requeriría incrementar 2 MMC más el volumen útil del embalse, totalizando así 15 MMC.

Los beneficios de la construcción de cualquiera de las dos alternativas de embalse en Tambo son los mismos: Sostener la producción y la productividad actual de las tierras, la cual se vería afectada si se suspende el suministro de aguas del Proyecto Pasto Grande (que se ha venido dando desde que se construyó el reservorio). De no ejecutarse al disminuir las descargas del río Tambo, además de reducir el área cultivable, provocaría el deterioro de la calidad del agua, por la mayor concentración de sales y iones tóxicos, especialmente en la época de estiaje (Octubre a diciembre) afectando los rendimientos de cultivos sensibles.

Como parte del estudio para la formulación del Perfil del proyecto, elaborado el 2004 por el INRENA, a través de la Intendencia de Recursos Hídricos, se analizaron seis sitios alternativos de embalse para compensar al valle de Tambo por las aguas derivadas hacia el sistema Pasto grande, seleccionándose dos como las más favorables:

- **Alternativa II-1 “Presa de Tierra en Paltiture”.**
- **Alternativa VI-1 “Presa de Tierra en Huayrondo”.**

Como parte del presente estudio de factibilidad, se han hecho los estudios básicos, diseños y los análisis Técnicos, Económicos, y ambientales, de las dos alternativas recomendadas en los estudios previos.

a) Características básicas de la Alternativa “Embalse Paltiture”

a.1 Ubicación: La alternativa de embalse Paltiture prevé la construcción de una presa de tierra de 33,6 m de altura máxima y 100m de longitud en la corona. Esta ubicada en la comunidad de Tolapalca, 150 metros aguas abajo

de la confluencia de los ríos Tincopalca, Quemillone y Tolapalca, que dan origen al río Paltiture y cota de terreno en el eje de presa de 3 822 m.s.n.m. Políticamente la tierra donde se ubica la presa y el vaso, pertenece al Distrito de Ichuña, provincia de General Sánchez Carrión, Departamento de Moquegua. Geográficamente la presa esta ubicada entre las coordenadas 70° 41' 30" de longitud oeste y 15° 56' 00" de latitud sur

a.2 Descripción de la obra proyectada.

La presa proyectada tiene las siguientes características:

- Nivel de coronación: 3855.6 msnm
- Altura máxima de la presa (desde el cauce): 33,6 m
- Longitud máxima (de la corona): 100 m
- Profundidad de cimentación del núcleo impermeable: 6 a 15 m (10 m promedio)
- Ancho de corona de núcleo: 4 m
- Ancho máximo de la base del núcleo en contacto con el suelo: 12 m
- Ancho de corona total: 11 m
- Talud de la presa Aguas arriba : 4h:1v
- Talud de la presa aguas abajo: 3h:1v
- Volumen útil del embalse: 15 MMC
- Volumen inactivo (de sedimentación en 50 años): 19 MMC

Obras conexas a la Presa Paltiture:

- Túnel de desvío de 340 m de longitud, 100 m³/s de capacidad (Sección compuesta: Parte inferior rectangular de 4,50 m de ancho y 2,40 m de alto y parte superior semi circular, revestido con concreto)
- Túnel de alivio de 375 m de longitud, más de 200 m³/s de capacidad, sección circular de 6,50 m de diámetro, internamente revestido en concreto y blindaje con placa de acero.
- Tubería de descarga de 2 metros de diámetro, conectado al túnel de desvío.
- Compuerta de acero de cierre del túnel de desvío (Al final de la obra, antes de iniciar el llenado del reservorio)
- Compuerta de operación del ducto de descarga.

b) Características básicas de la Alternativa “Embalse Huayrondo”

b.1) Ubicación

La alternativa de embalse Huayrondo prevé la construcción de una presa de tierra ubicada en la parte baja de La quebrada Huayrondo, 800 m aguas arriba de su desembocadura al río Tambo, margen derecha, a una altitud de 273 m.s.n.m., próxima al

pueblo El Toro. Geográficamente está localizado entre las coordenadas UTM GPS - SAT 56: 8'118,500 – 8'120,600 Norte y 229,000 – 223,000 Este. Políticamente, la zona pertenece al Distrito Cocrachacra, Provincia de Islay, del Departamento y Región de Arequipa

b.2 Descripción de la obra proyectada En Huayrondo

En Huayrondo se han estudiado dos tipos de presa de tierra:

- (i) Presa de Tierra zonificada: Núcleo de tierra “impermeable”, relleno masivo de espaldones con material granular proveniente del lecho del vaso y Enrocado del talud de aguas arriba o talud húmedo.
- (ii) Presa de Tierra cuyo cuerpo sería construido con un solo tipo de material granular, proveniente del lecho del vaso e impermeabilizada aguas arriba con una losa de concreto sobre el talud.

En ambos casos, con el propósito de asegurar la suficiente impermeabilidad del reservorio, es necesario construir un manto arcilloso sobre el piso del vaso a partir del pie del talud de la presa y hasta 35 metros aguas arriba de la misma.

Por insuficiencia de material arcilloso en las Canteras de Préstamo existentes próximas a la obra (Para núcleo y manto sobre el piso) y por ser una opción mucho más costosa, se descarto la opción (i) Presa de Tierra zonificada con núcleo impermeable”. Por consiguiente la Alternativa Huayrondo se refiere a la Opción “Presa de Tierra con Losa de concreto impermeabilizante sobre el Talud Aguas Arriba” cuyas características fundamentales se detallan a continuación:

Características de la Presa y del Embalse Huayrondo:

- Nivel de coronación: 315 msnm
- Altura máxima de la presa (desde el cauce): 47 m
- Nivel agua máxima extraordinario (NAME) 313,50 msnm
- Nivel agua máximo operativo (NAMO) 321,30 msnm
- Nivel sgus Mínimo Operativo (NAMI) 283,75 msnm
- Longitud máxima (de la corona): 473,00 m
- Profundidad de la pantalla de Inyección: 12,00 m.
- Ancho de corona total: 10,00 m
- Talud de la presa Aguas arriba: 2h:1v
- Talud de la presa aguas abajo: 2h:1v
- Volumen útil del embalse: 15 MMC
- Volumen inactivo (de sedimentación en 50 años): 1 MMC

Obras conexas a la Presa Huayrondo:

- Vertedero aliviadero: longitud de cresta 25,00 m
Nivel de Cresta 312,30 msnm
Nivel de Entrega a río 273,00 msnm
- Obra de Toma: Tubería de 150 m de longitud, 1,20m de diámetro y 2,00 m³/s de capacidad.
- Toma de derivación: Localizada sobre el río Tambo, margen derecha, 9 Km aguas arriba de la ubicación de la presa Huayrondo. Capacidad 4m³/s, (Desarenador, obras de protección y encauzamiento).
- Canal de derivación de 9 Km de longitud, 4 m³/s de capacidad, sección trapezoidal, revestido con concreto en el piso y mampostería de piedra en los taludes, (estructuras de cruce y canal de descarga).

3.2 Análisis de riesgos de las Alternativas Propuestas

3.2.1 Riesgos en el caso de la Alternativa Paltiture

a) Traslado de Comunidad de Tolapalca

El área de influencia del embalse Paltiture pertenece a la comunidad de Tolapalca, dentro de la cual se encuentra el asentamiento humano y centro urbano de Tolapalca, habitado por 30 familias. Los pobladores y autoridades de la comunidad manifiestan que de construirse el embalse, se les reubique adecuadamente y se les indemnice por otros daños como: Pérdida de áreas de pastos y bofedales, utilizado para la cría de Alpacas.

En el casco Urbano de Tolapalca existen 80 casas, escuela, Iglesia, Un Club de madres, La Posta medica, Servicio sanitario de alpacas y el cementerio.

El riesgo en este caso es que la población y/o sus autoridades cambien de opinión y se opongan a la ejecución del proyecto, no obstante que además de ser resarcidos de los daños, se beneficiarán con el embalse como criadero de Truchas.

b) Riesgo Sísmico En Paltiture

El área de influencia del proyecto, de acuerdo al mapa de regionalización Sismo-Tectónica esta ubicada en la zona N° 5, por consiguiente dentro de los próximos 100 años, en el área del proyecto existe la posibilidad que ocurran sismos de magnitud $M > 7,5$, de ocurrir ello influirían en el área de interés con intensidades de VII a VIII en la escala de Mercalli modificada.

Por consiguiente en el diseño de las obras se han considerado los respectivos coeficientes de aceleración efectiva calculados para periodos de 100 años: 0,25g para roca y 0,28g para suelo y para diseño de taludes pseudo estáticos la aceleración máxima considerada es 0,15g a 0,17.

El riesgo sería la ocurrencia de sismos cuya intensidad supere los valores considerados para diseño. De acuerdo a la información instrumental esta es una probabilidad muy remota, por que la máxima magnitud del sismo que podría ocurrir en un período superior a los 100 años tendría magnitud $M=7,8$, es decir apenas superior a $M=7,5$ utilizado para diseño.

d) El sitio de presa Paltiture y expectativas de riego de las Pampas de la Clemesí

El sitio elegido como emplazamiento de la alternativa de Presa Paltiture, antes fue estudiado como presa Tolapalca. En uno de los estudios realizado en 1982 y posteriormente en 1987 por la empresa consultora “Agua y Agro Asesores Asociados S.A” se plantea entre sus propósitos:

- Afianzamiento hídrico del valle de Tambo (mejoramiento del riego de 10 652 ha y ampliación de la superficie irrigada en 4455 ha),
- Irrigación de 15 360 ha nuevas en la Región de Moquegua (40% del las pampas de la Clemesí) y
- Uso poblacional

Con este propósito se propuso la construcción de la Presa Tolapalca, aproximadamente 20 metros más alta, que la presa “Paltiture” propuesta como parte del presente estudio de “Afianzamiento Hídrico del Valle de Tambo”.

El riesgo es que los interesados en la irrigación de la Pampa de la Clemesí, se movilicen solicitando que la presa sea proyectada para servir a los propósitos de irrigar La Clemesí. Teniendo en cuenta este riesgo, el eje de la presa Paltiture ha sido localizado aproximadamente 60 metros aguas arriba del eje de diseño de la presa Tolapalca (Proyecto Electrowatt, 1999), de tal manera que posteriormente pueda ser sobre elevada, con las características y ubicación de la presa Tolapalca, en este caso la presa Paltiture quedaría incorporada a ella.

3.2.2 Riesgos en el caso de la Alternativa Huayrondo

a) Riesgo Sísmico En Huayrondo

El área de influencia del proyecto, de acuerdo al mapa de regionalización Sismo-Tectónica esta ubicada en la zona N° 3, por consiguiente dentro de los próximos 100 años, en el área del proyecto existe la posibilidad que ocurran sismos de magnitud $M>7,5$, de ocurrir ello influirían en el área de interés con intensidad IX en la escala de Mercalli modificada.

Por consiguiente, en el diseño de las obras se han considerado los respectivos coeficientes de aceleración efectiva, calculados para periodos de 100 años: 0,25g para roca y 0,28g para suelo y para diseño de taludes seudo estáticos la aceleración máxima considerada es 0,15g a 0,17.

El riesgo sería la ocurrencia de sismos cuya intensidad supere los valores considerados para diseño. De acuerdo a la información instrumental esta es una probabilidad muy remota, por que la máxima magnitud del sismo que podría ocurrir en un período superior a los 100 años tendría magnitud $M=7,8$, es decir apenas superior a $M=7,5$ utilizado para diseño.

b) Riesgo de la Derivación en el Río Tambo

El régimen hidráulico del río Tambo es irregular y torrencioso, la sección de la caja total del río donde ha sido emplazada la toma de derivación tiene aproximadamente 500 metros de ancho y un lecho conformado por canto rodado, por consiguiente sujeto a una alternancia de procesos de erosión y deposición irregular de su lecho, modificando la ubicación del cauce principal.

El riesgo es que en algún momento la toma de derivación proyectada pueda quedar aislada del cauce, imposibilitando la captación para llenar el reservorio proyectado en Huayrondo. Para minimizar este riesgo, se ha proyectado reforzar y prolongar el dique enrocado existente, acercando el cauce principal hacia la Toma, construir con roca un fijador de fondo de 3,00 m de profundidad, por debajo y transversal al lecho del río, con el propósito impedir la socavación del mismo. De esta manera se ha asegurado la captación proyectada. La vida útil de la obra de captación dependerá de su adecuado mantenimiento.

c) Riesgo de ocurrencia del “Fenómeno del Niño”

Si bien es cierto que en los valles del sur de la costa Peruana, El “Fenómeno del Niño” se presenta con menos frecuencia e intensidad, en comparación con la costa norte, la posibilidad que ocurra existe. En este caso, la quebrada Huayrondo normalmente seca o con aportes de caudal bajo y corta duración, podría elevar significativamente su descarga.

El riesgo es que las descargas extraordinarias superen la capacidad del embalse. Para evitar los años que ello podría provocar, se ha diseñado un aliviadero para la avenida milenaria ($129 \text{ m}^3/\text{s}$) la cual laminada por su paso por la presa se reduce a $65,2 \text{ m}^3/\text{s}$, que es la capacidad del aliviadero diseñado.

El riesgo que podría causar el “Fenómeno el Niño” en la zona de captación de las agua en el río Tambo es menor por que los principales aportes provienen de la parte alta, donde los efectos del niño suelen ser poco significativos, por consiguiente cualquier aporte extraordinario de las subcuencas de la parte baja, normalmente secas no provocaría cambios significativas en las descargas máximas del río Tambo.

3.3 Árbol Causa – Efecto

a. Análisis de Causas

Según se desprende del análisis del problema, que motiva la necesidad del afianzamiento hídrico del valle de Tambo, es evidente que la causa directa es

la reciente oposición de los usuarios de Moquegua de continuar otorgando agua del sistema Pasto Grande al valle de Tambo. Otorgamiento que no obstante no haber estado previsto, se ha venido dando en los últimos 10 años, con el propósito de restituir la cantidad y calidad del agua del valle de Tambo, afectada por la derivación parcial de éste hacia el Proyecto Pasto Grande.

Este otorgamiento de agua de Pasto Grande hacia el valle de Tambo fue posible, por el lento proceso de adjudicación y venta de las tierras nuevas en el área de influencia del proyecto Pasto Grande en Moquegua, teniendo como causas indirectas, el hecho de no haber podido interesar a los inversionistas en la adquisición de tierras “sin agua”. En efecto se puso en venta tierras sin haber concluido la red de distribución principal de riego (canales laterales).

Este inconveniente para cumplir con el programa de adjudicación y desarrollo de las nuevas tierras agrícolas previstas en el proyecto Pasto Grande, hizo más difícil que las autoridades competentes se negasen a atender las exigencias de parte de los agricultores del valle de Tambo, de contar con una parte de las aguas que no se estaban utilizando en Moquegua, más aun si el propósito era solucionar los problemas de cantidad y calidad de las aguas, agravados por la derivación parcial antes mencionado, especialmente en época de estiaje.

En consecuencia se ha generado justificados derechos de mejoramiento de la oferta de agua para riego del valle de Tambo, que no pueden ser desconocidos, ni ignorados en la actualidad.

b. Análisis de Efectos

Tanto los valles de Moquegua como Tambo tienen legítimas expectativas de dinamizar el proceso de desarrollo socioeconómico de sus respectivas zonas. Pudiendo afirmarse que, con la entrega de agua del sistema Pasto Grande para el mejoramiento de riego del valle de Tambo, se crearon condiciones propicias para mejorar el desarrollo agrícola potencial basado otras acciones como: El mejoramiento de la Infraestructura y las eficiencias de riego, mejoramiento de las técnicas de manejo de los cultivos y la introducción de cultivos de mayor rentabilidad, especialmente para la agro-exportación.

Sin embargo, el desarrollo socioeconómico del valle de Tambo, no mantenerse, sacrificando los objetivos y metas de desarrollo agrícola de los valles de Moquegua. Es por esta razón que, uno de los efectos directos de sostener el mejoramiento de riego del valle de Tambo con agua de Pasto Grande, es la reducción de las metas de desarrollo agrícola de nuevas áreas en Moquegua.

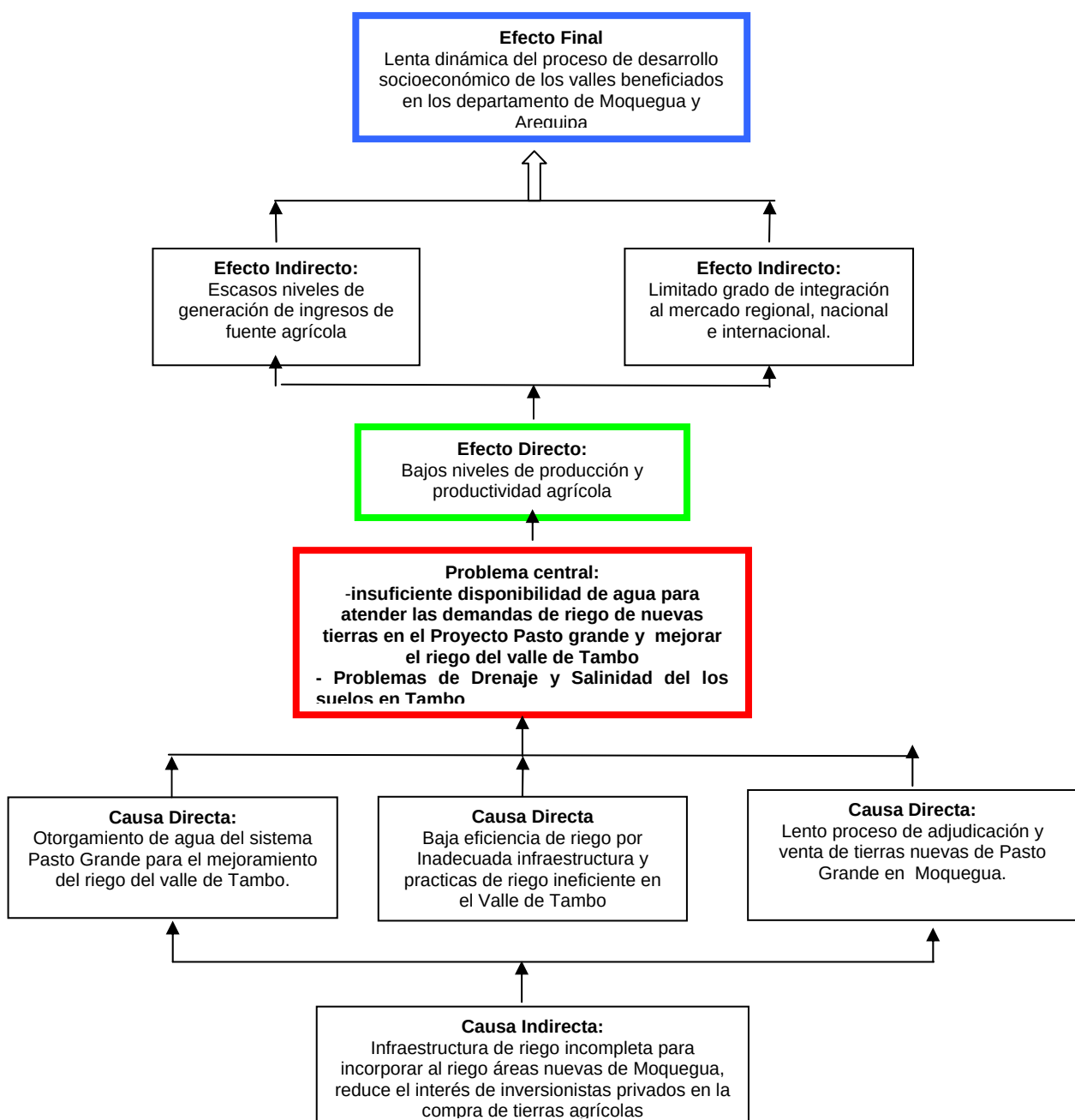
El conflicto respecto al uso de las aguas de Pasto Grande no afecta en modo alguno al componente “Mejoramiento del Riego en los Valles de Moquegua”, cuyas expectativas de desarrollo potencial se mantienen intactas y con características similares a las mencionadas para el valle de Tambo.

Por lo expuesto, independientemente de la implementación del proyecto de mejoramiento de la oferta de agua, es de sustancial importancia, para ambos valles, la adopción de técnicas innovadoras de riego y de manejo de cultivos de alta rentabilidad y generación de mayor valor agregado, por iniciativa privada y con apoyo estatal. En el caso del Proyecto Pasto Grande, existen muy buenas posibilidades de establecer una agricultura empresarial de alto nivel

tecnológico, con la incorporación de tierras nuevas a la agricultura, sin descartar el hecho que los agricultores líderes de las áreas de mejoramiento de riego, también puedan desarrollar una agricultura empresarial, eficiente y moderna.

Lo que si está en riesgo es la oportunidad, de dinamizar el proceso de desarrollo socioeconómico, basado en el desarrollo de la actividad Agro-económica, como eje y motor de actividades económicas y financieras conexas. Siendo este desarrollo Agro-económico, el efecto final, al cual concurre y contribuye como efecto indirecto, el grado de integración a los mercados, regionales, nacionales e internacionales.

ARBOL CAUSA – EFECTO



3.4 Árbol Medios, Objetivos y fines

a. Medios

El afianzamiento hídrico del valle de Tambo, Constituye un medio fundamental para mejorar la producción y productividad agrícola del Valle de Tambo. Para ello es necesario almacenar y regular los recursos hídricos existentes de la propia cuenca o de cuencas vecinas, sin afectar los recursos hídricos destinados al desarrollo del valle de Moquegua. En el caso del valle de Tambo, para afianzar el mejoramiento de riego, se requiere construir la obra de almacenamiento-regulación y obras conexas menores. En cambio en Moquegua, para incorporar al riego nuevas tierras, se requiere concluir la construcción de los canales laterales de primer orden y de esta manera, generar condiciones favorables para la inversión privada quienes deben invertir en el desarrollo de la infraestructura menor de riego y en la preparación de la tierra.

En consecuencia, el medio constructivo de primer nivel necesario es la construcción de un reservorio de almacenamiento y regulación para afianzar el riego del valle de Tambo y liberar los recursos hídricos para completar los objetivos y metas de la Primera Etapa del Proyecto Pasto Grande en Moquegua.

b. Objetivos

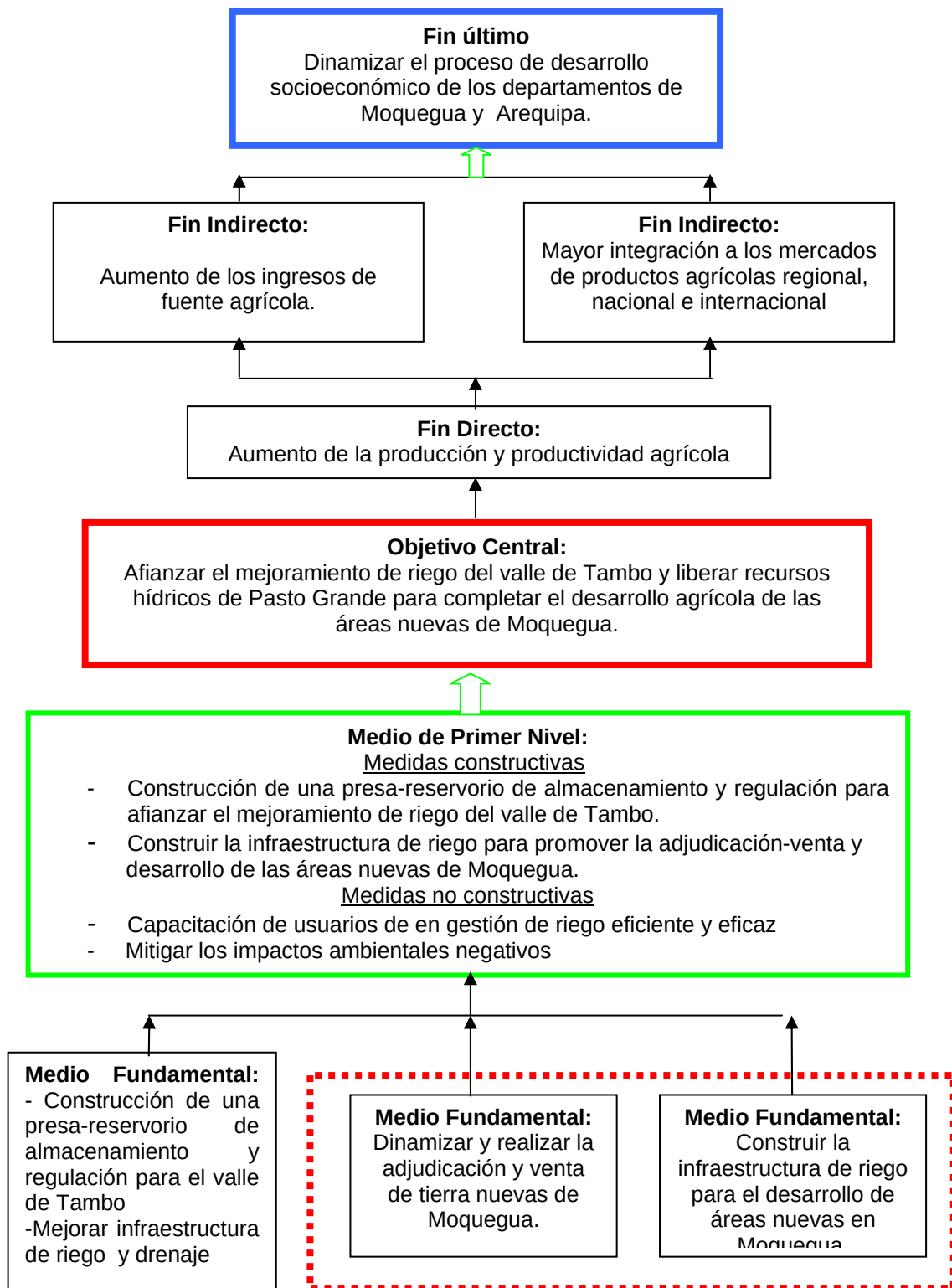
El objetivo central del presente Proyecto es afianzar el mejoramiento de riego del valle de Tambo, en base a obras de almacenamiento y regulación, para cubrir el déficit hídrico en el período de estiaje. Estas obras constituyen acciones pendientes de ejecutar, en compensación de las obras ejecutadas como Proyecto Pasto Grande.

Con las obras de embalse en Tambo, se logran liberar los recursos hídricos que se venían suministrando de Pasto Grande al Valle de Tambo, posibilitando la consecución de los objetivos y metas de desarrollo agrícola de áreas nuevas en Moquegua con aguas del proyecto Pasto Grande.

c. Fines

Se establece como fin directo del Proyecto, la creación de condiciones favorables para alcanzar niveles superiores de aprovechamiento de los recursos agua suelo y el desarrollo agrícola potencial de los valles de Tambo y Moquegua, lo que permitirá el aumento de la producción y productividad agrícolas, mejores condiciones para la integración a los mercados regionales, nacionales e internacionales y dinamizar el proceso de desarrollo socioeconómico, teniendo como eje el desarrollo de la actividad económica agrícola.

ARBOL DE MEDIOS Y FINES



 Acciones que corresponde ejecutar al Proyecto Pasto Grande.

3.5 Marco Lógico de la fase I del Proyecto de afianzamiento Hídrico del valle de Tambo

	OBJETIVOS	INDICADORES	FUENTES	SUPUESTOS
FIN	Dinamizar en armonía y paz social el desarrollo socioeconómico de las Regiones de Moquegua y Arequipa.	Mejora del ingreso medio familiar y la calidad de vida de la población beneficiaria.	Evaluación Agro-Socio-económica (ATDR - Intendencia de Recursos Hídricos) - INRENA.	Las autoridades Nacionales y regionales coordinan-concertan acciones de desarrollo con las organizaciones beneficiarias.
PROPOSITO	a. Afianzar el mejoramiento del riego del valle de Tambo, sin utilizar los recursos hídricos del proyecto Pasto Grande. Y b. Dejar el agua de Pasto grande, para uso exclusivo en los valles y pampas de la Región de Moquegua.	a. Balance hídrico equilibrado en el valle de Tambo (cantidad y calidad), sin necesidad de utilizar aguas del proyecto Pasto Grande.	a. Verificación anual del ATDR, con información de las Juntas de usuarios y monitoreo de los Planes de cultivo y riego.	a. Se ha mejorado la oferta de agua para Tambo (En cantidad y calidad) y las organizaciones de usuarios han optado por mejorar la gestión de riego y practicas agrícolas.
PRODUCTO	a. 15 MMC anuales de agua adicional de mejor calidad, para riego del valle de Tambo, durante el estiaje (Oct a Dic). b. Mantener la producción y productividad agrícola e incremento del índice de uso de la tierra del valle de Tambo, logrado hasta ahora con los aportes de agua que venia haciendo Pasto Grande	a. Incremento de los caudales medios y la calidad del agua (Salinidad y Boro) del río Tambo, especialmente en los meses de estiaje b. La superficie de siembra, volumen y valor de la producción anual, no se ha visto afectada por la suspensión de los aportes de aguas provenientes de Pasto Grande	a. Registros ATDR-Junta de Usuarios de Tambo b. Monitoreo ATDR-Junta de Usuarios de tambo	a. Nuevos proyectos de riego con aguas de la cuenca Tambo no afectarán la cantidad ni calidad del agua requerida por los distintos usuarios del valle b. La Tarifa de agua es pagada puntualmente.
ACTIVIDAD	a. Construcción de la Presa huayrondo y obras conexas. b. Capacitación de las 3 Juntas de Usuarios (20 comisiones de regantes) del valle de Tambo en Administración, Operación y mantenimiento de la infraestructura y programación agrícola.	a. Avance de obra (%) b. Dirigentes y técnicos capacitados (N° o %), Volumen de producción y productividad agrícola e índice de uso de la tierra.	a. Intendencia de recursos Hídricos- INRENA. b. ATDR-Tambo	a. Asignación presupuestal b. Que la IRH implemente y asigne recursos al ATDR para esta actividad

Marco lógico de la fase II del Proyecto de afianzamiento Hídrico del valle de Tambo

	OBJETIVOS	INDICADORES	FUENTES	SUPUESTOS
FIN	Consolidar e incrementar el crecimiento económico y la calidad de vida de los pobladores de las Regiones de Arequipa y Moquegua.	Mejora del ingreso medio familiar y la calidad de vida de la población beneficiaria.	Evaluación Agro-Socio-económica (ATDR - Intendencia de Recursos Hídricos) - INRENA.	Se cuenta con acceso a nuevos mercados, para una mayor producción diversificada y apoyo técnico integral.
PROPOSITO	a. utilizar eficientemente el agua disponible para riego b. Elevar el área cultivada y los rendimientos agrícolas. c. Diversificación agrícola, elevar la producción y rentabilidad agrícola. d. Elevar la producción y productividad de 1000 ha de tierras salinizadas y con mal drenaje	a. Incremento de la superficie de riego (ha) y rendimientos (Tn/ha). b. Superficie cultivada (ha), Producción (Tn/ha) y utilidad (S/. por hectárea) c. Cedula de cultivo, producción (Tn/ha) y utilidad (S/. por hectárea) d. Producción (Tn/ha) y utilidad (S/. por hectárea)	a. Monitoreo ATDR – Junta de Usuarios de Tambo b. Monitoreo ATDR – Junta de Usuarios - Agricultor c. Monitoreo ATDR – Junta de Usuarios - Agricultor d. Evaluación del ATDR - Agricultor	a. y b. Se brinda asistencia técnica sobre uso potencial del suelo, agronomía, mercados, precios y comercialización. c. y d. Agricultores asimilan entrenamiento y practican riego adecuadas para suelos con drenaje restringido y alto riesgo de salinización.
PRODUCTOS	a. Se eleva 10% la eficiencia de captación, conducción y distribución del agua de riego (de 75% actual a 85%) b. Se eleva 9% la eficiencia de aplicación del riego (De 51% actual a 60%) c. Se baja el nivel freático de 3741 ha de tierras actualmente mal drenadas y salinidad excesiva para la agricultura. d. Se baja nivel de salinidad de 1000 ha actualmente con buen drenaje pero salinidad excesiva para la agricultura.	a. Eficiencia (%) b. Eficiencia (%) c. Superficie con nivel freático aceptable (Ha) d. Concentración salina en el extracto de saturación del suelo en la zona radicular.	a. Evaluación ATDR – Junta de Usuarios de Tambo b. Evaluación ATDR - Agricultor c. Evaluación ATDR – Junta de Usuarios de Tambo d. Monitoreo ATDR - Agricultor	a. Usuarios han asimilado y practican una gestión de riego eficiente b. Agricultores reconocen importancia, implementan y practican riego tecnificado c y d. Agricultores consideran importante y contribuyen en la ejecución y mantenimiento de la red de drenaje y técnica de lavado de suelos salinos.
ACTIVIDAD	a. Mejoramiento de Tomas, medidores y canales de riego principal. b. Mejorar los sistemas y prácticas de riego parcelario. c. Rehabilitar la red de drenaje principal d. Lavado de suelos salinos (4741 ha)	a. Avance de obra (%) b. Superficie con riego tecnificado (ha) c. Avance de obra (%) d. Superficie recuperada (ha).	a. Intendencia de recursos Hídricos- ATDR-Tambo b. ATDR-Tambo c. ATDR - Juntas de Usuarios de Tambo d. ATDR – Agricultor	a y c. Se realiza estudios y diseños y promueve parcial financiamiento de agricultores. b. Se entrena e implementa programa de financiamiento parcial de los agricultores d. Se capacita Usuarios y desarrolla programa de lavado

4. Aspectos de Ingeniería de las Alternativas de Solución

Tal como ha sido descrito en el capítulo 3.1 “Planteamiento de alternativas de solución”, con el propósito de compensar al valle Bajo Tambo, por la disminución de la cantidad y calidad de las aguas disponibles para riego, especialmente en los meses de estiaje (Octubre a Diciembre), disminución debida a la derivación de parte de sus aguas hacia el proyecto Pasto Grande; a nivel de factibilidad se han estudiado dos alternativas de embalse de las aguas de la cuenca del río Tambo. En ambas alternativas se propone almacenar 15 MMC en los meses de máxima descarga (Enero a Abril) y descargar estas aguas en el río Tambo, incrementando su caudal en los meses de estiaje (Octubre a Diciembre).

La información Climatológica e Hidrológica que justifica el dimensionamiento de las obras se presenta en el capítulo 2 del presente informe y se detalla en el anexo.

De acuerdo a los resultados del estudio preliminar, base de la formulación del perfil de proyecto; las alternativas más interesantes y que han sido motivo del presente estudio de factibilidad son: (i) Construir una presa de tierra en el sitio conocido como “Paltiture”, cerca del poblado de Tolapalca a 3822 msnm y (ii) Construir un embalse en la quebrada Huayrondo cerca del poblado “El Toro” a 268 msnm, inmediato al valle agrícola. Ambas alternativas son interesantes y resolverían el problema central, presentando diferencias de carácter técnico, económico, operativo y de impacto ambiental que se analizan más adelante.

4.1 Diseño de las Obras Correspondientes a la “Alternativa Paltiture”

La alternativa de embalse Paltiture prevé la construcción de una presa de tierra de 33,6 m de altura máxima y 100m de longitud en la corona. Esta ubicada en la comunidad de Tolapalca, 150 metros aguas abajo de la confluencia de los ríos Tincopalca, Quemillone y Tolapalca, que dan origen al río Paltiture y cota de terreno en el eje de presa de 3 822 m.s.n.m. Políticamente la tierra donde se ubica la presa y el vaso, pertenece al Distrito de Ichuña, provincia de General Sánchez Carrión, Departamento de Moquegua. Geográficamente la presa esta ubicada entre las coordenadas 70° 41' 30" de longitud oeste y 15° 56'00" de latitud sur

4.1.1 Componentes y Características principales del proyecto de Presa y Embalse Paltiture

- Presa de tierra con las siguientes características básicas
 - Nivel de coronación: 3855.6 msnm
 - Altura máxima de la presa (desde el cauce): 33,6 m
 - Longitud máxima (de la corona): 100 m
 - Profundidad de cimentación del núcleo impermeable: 6 a15 m (10 m promedio)

- Ancho de corona de núcleo: 4 m
 - Ancho máximo de la base del núcleo :12 m
 - Ancho de corona total: 11 m
 - Talud de la presa Aguas arriba : 4h:1v
 - Talud de la presa aguas abajo: 3h:1v
 - Volumen útil del embalse: 15 MMC
 - Volumen inactivo (de sedimentación en 50 años): 19 MMC
- Túnel de desvío de 340 m de longitud, 100 m³/s de capacidad (Sección compuesta: Parte inferior rectangular de 4,50 m de ancho y 2,40 m de alto y parte superior semi circular, revestido con concreto)
 - Túnel de alivio de 375 m de longitud, más de 200 m³/s de capacidad, sección circular de 6,50 m de diámetro, internamente revestido en concreto y blindaje con placa de acero.
 - Tubería de descarga de 2 metros de diámetro, conectado al túnel de desvío.
 - Compuerta de acero de cierre del túnel de desvío (Al final de la obra, antes de iniciar el llenado del reservorio)
 - Compuerta de operación del ducto de descarga.

4.1.2 Estabilidad geológica del sitio de presa

La zona de cierre de la presa Paltiture tiene una sección transversal en forma de “U”, con una amplitud promedio de 80 m, taludes escarpados de 80 a 100 m de alto y estructuralmente estables

El emplazamiento de la Presa Paltiture, corresponde a una zona típicamente volcánica, con presencia de brechas volcánicas, campos geotermales, efectos hidrotermales, artesianismo y relleno de carbonato de calcio. Lo más importante es la formación volcánica Tolapalca (K TI – To), sobre el cual se construirá la Presa. Este material está constituido por andesitas de textura porfírica y matriz vítrea

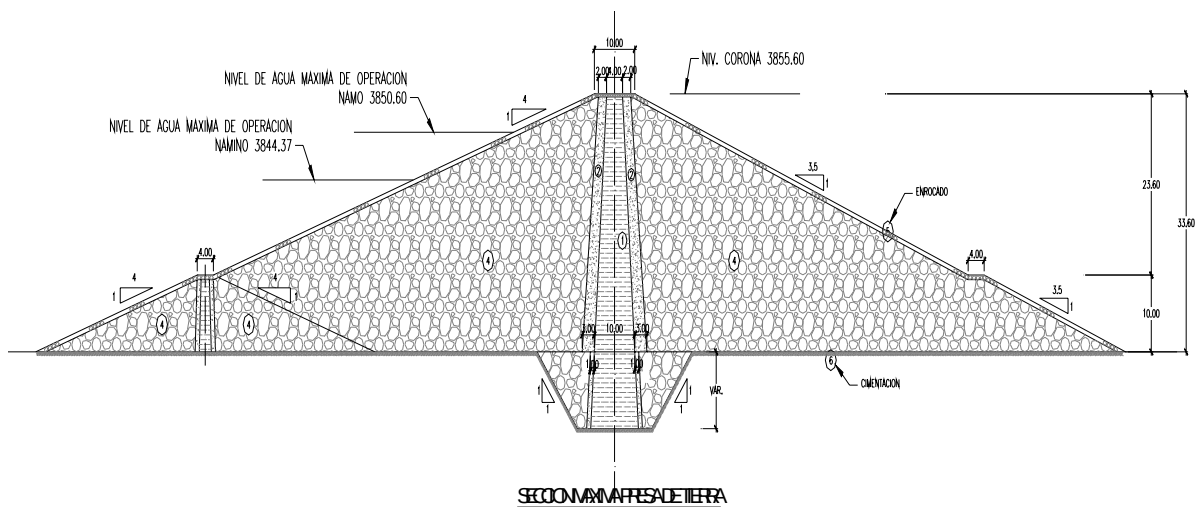
La zona del embalse, incluye dos quebradas, con escaso desarrollo aluvial. En ella predomina la serie vulcano-sedimentaria, representada por la Formación Quemillone, con alternancia irregular de conglomerados de grano fino a grueso, lutitas rojas, tufos re TRABAJADOS, calizas lacustres en bancos de 3 a 4 m de espesor y grauwacas a menudo con estratificación cruzada.

Superficialmente no se ha observado deslizamientos recientes o activos. Las rocas volcánicas, no están expuestas a cambio alguno por la naturaleza segura y estable que tienen.

De acuerdo a la evaluación de las perforaciones diamantinas realizadas en el eje de la presa e inspecciones de campo, los estratos superficiales, hasta una

profundidad menor a 15 metros, están constituidos por una alternancia de material arcilloso, limos y arena fina homogénea, de mediana permeabilidad, saturada, por consiguiente alto riesgo de licuefacción, característica que ha sido determinante de la geometría de la presa, el tratamiento del subsuelo, material de construcción a utilizar y el diseño de los otros componentes de la obra de embalse.

4.1.3 Características de Diseño de la Presa, Aliviadero y Obras Conexas



a) Obras de Desvío

Durante la construcción de la obra es necesario mantener seca la zona de emplazamiento de la presa, para ello se ha proyectado desviar temporalmente las aguas del río, a través de un túnel y una ataguía.

Ataguía:

Como ataguía se construirá una pequeña presa de aproximadamente 8 metros de altura, cuya sección formará íntegramente parte de la presa principal aguas arriba. La corona de 4,00 metros de ancho, tiene una elevación de 3837.0 m.s.n.m, tiene una longitud de 175.00 m, taludes 4H:1V aguas arriba y aguas abajo. En su eje se ha proyectado un núcleo impermeable muy esbelto de 2.00 m. de ancho en la parte superior y 3.00 m. en la base y los espaldones contruidos con los mismos materiales de la presa principal.

Túnel de Desvío

El túnel de desvío esta ubicado en la margen izquierda, la sección del túnel, tiene sección tipo baúl compuesta por una sección rectangular de $b=4.50$ m. $h=2.25$, y una bóveda semicircular de 2.25 m. de radio.

La longitud del túnel es de 340.0 m. con una pendiente $S=0.0069$ con una capacidad para transitar un caudal igual a $Q=130.42 \text{ m}^3/\text{s}$ con una velocidad media de $V=6.89 \text{ m/s}$.

Aguas arriba del inicio del túnel es necesario excavar un cauce de aproximación de 10 metros de longitud.

(b) Características Hidráulicas del Embalse

De acuerdo con los resultados de la evaluación hidrológica, cuyos detalles se presentan en el nexo 1 “Hidrología y Climatología” elaborada como parte de éste estudio, de acuerdo a los requerimientos de afianzamiento hídrico del valle de Tambo y la demanda de agua para fines de riego, se ha definido la capacidad el embalse.

(a) Nivel máximo de Operación	3850.00 m.s.n.m.
(b) Volumen útil de embalse	15.00 MMC.
(c) Nivel máximo de sedimentos	3844.37 m.s.n.m
(d) Volumen máximo de sedimentos	19.00 MMC
(e) Nivel mínimo de operación	3844.37 m.s.n.m
(f) Volumen total del embalse	34.00 MMC.

Cifras que se obtienen de la Curva Cotas Volumen elaborada para el Estudio de la presa Tolapalca, presentada por Electrowatt Eng.-MISTI S.A., 1998.

(c) Altura de Coronación

El nivel de coronación de la presa es igual al nivel máximo de operación del embalse (NAMO), más la sobreelevación sobre el aliviadero necesaria para el tránsito de la avenida de diseño, altura de oleaje y la altura de resguardo o seguridad.

En consecuencia, teniendo todas las consideraciones antes mencionadas se estableció el nivel de la corona en la cota 3855.60 msnm., por consiguiente la altura máxima de la presa sería de 33.60 m.

(d) Ancho de la Coronación

Según la formula del Bureau of Reclamation, el ancho de la coronación de una presa de tierra (B), puede ser calculada con la expresión siguiente: $B=1+1.1 \times \sqrt{H}$, en (m), en el presente caso, para $H = 33.60 \text{ m}$, resulta $B = 7.38 \text{ m}$, adoptándose como dimensión de diseño un valor superior equivalente a 10.0 m.

(e) Aliviadero de excedentes

Características Hidráulicas del Aliviadero

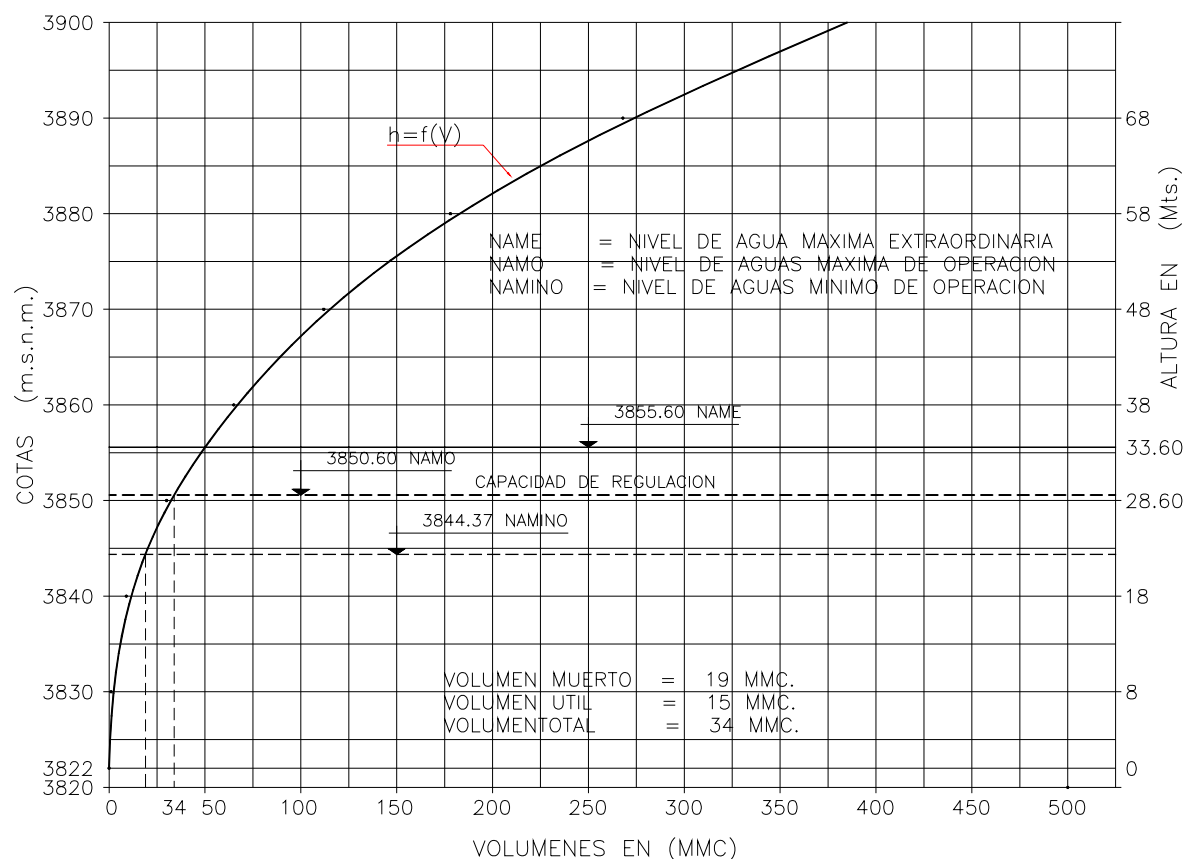
La Obra de Alivio ha sido diseñada para el tránsito de la avenida máxima con periodo de retorno de 1000 años, $Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta compuesta por un vertedero al inicio aguas arriba, continua por un túnel circular y finalmente descarga en una estructura de disipación de energía.

La obra esta ubicada en la margen izquierda, la cota de inicio es igual al Nivel de aguas Máximas de Operación (NAMO) 3850.60 msnm. El túnel de sección circular tiene un radio de $R=3.25 \text{ m}$, una longitud $L= 375.0 \text{ m}$, pendiente $S = 0,0389$ y capacidad para un caudal $Q > 206 \text{ m}^3/\text{s}$, corresponde a la avenida milenaria, transitada por el embalse.

El vertedero al inicio del túnel tiene una longitud $L=30.0 \text{ m}$., calculado con la fórmula para vertederos $Q = c \times L \times H^{3/2}$; con $C=2$, $H= 2.7 \text{ m}$, el que podría verter un cauda de hasta $206.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

A la salida del túnel se ha proyectado una estructura de concreto armado, amortiguadora de la energía hidráulica de salida, de 25.0 m . de longitud y $H=7.0 \text{ m}$. A continuación de la cual el agua vierte al río Paltiture, aguas debajo de la Presa.

CURVA VOLUMEN - COTAS PRESA PALTITURE



FUENTE: Estudio de la presa Tolapalca realizado por Corporación Andina de Irrigación.

(f) Estructura de descarga

La estructura de descarga ha sido ubicada en la margen izquierda, tiene una capacidad máxima de 14,00 m³/s y esta integrada por: Una bocal equipada con una ataguía y rejilla al inicio de la tubería que conduciría las aguas a descargar en el túnel de desvío y un pique para instalación de la compuerta de regulación de descargas en el cuerpo de la presa.

La estructura inicial en una bocal de concreto armado, en la cual se instalará una rejilla y una ataguía metálica, ambas accionadas desde la corona de la presa. La cota de fondo de la bocal de entrada es igual al nivel mínimo de operación del embalse 3844,37 msnm.

La tubería tendría un diámetro D=2.0 m. y será instalado aguas arriba del cuerpo de la presa, en forma inclinada hasta llegar al túnel de desvío, el cual se clausurará en su extremo de entrada, para servir como conducción de descarga de la presa.

Para instalar la compuerta de control de los caudales de descarga, se ha proyectado la construcción de un pique en el cuerpo de la presa, que desciende desde la corona hasta la cámara de compuertas en el túnel de desvío.

4.1.4 Cantidades de Obra proyectada en Paltiture

A continuación se hace una descripción somera de las obras que conforman el esquema del represamiento Paltiture.

(i) Obras Preliminares

Incluye la construcción del campamento para vivienda del personal dedicado a la construcción, los almacenes y talleres necesarios, debiendo quedar parte de éste como campamento definitivo para la etapa de operación.

También se incluye como obras preliminares: el mejoramiento del camino de acceso a la obra, los caminos internos de obra, el acceso al coronamiento de la presa; así como los mantenimientos de los caminos. Estos caminos no deben tener una pendiente mayor a 6.5%.

Por último, como obras preliminares se han contemplado las partidas trazos y replanteos así como limpieza y desbroce.

(ii) Partidas de obra en el cuerpo de la Presa

Las partidas de obra y cantidades para la construcción del cuerpo de la presa, están basados en las excavaciones y rellenos obtenidos de las secciones transversales del eje de presa los cuales se encuentran en los planos A9-02 al A9-05.

(iii) Aliviadero de Excedencias

En los planos A9-08 y A9-09 se muestran el total de las cantidades de obra consideradas para la ejecución de esta estructura.

(iv) Estructura de descarga

En el plano A9-11 se muestra el total de las cantidades de obra consideradas para la ejecución de esta estructura.

4.1.5 Costo y Presupuesto de las obras de represamiento en Paltiture

1.0 Obras Preliminares	S/. 595 972,74
2.0 Movimiento de Tierra	S/. 12 649 040,50
3.0 Obras de Concreto	S/. 3 201 336,22
4.0 Equipamiento Electro-mecánico	S/. 1 129 383,85
Subtotal precio directo	S/. 17 575 733,31
Gastos Generales y utilidades (25%)	S/. 4 393 933,33
IGV (19%)	S/. 4 174 236,66
Costo total	S/. 26 143 903,30

4.2 Diseño de las Obras Correspondientes a la “Alternativa Huayrondo”

4.2.1 Principales componentes del proyecto ubicación y acceso

a) Principales obras

El Proyecto Huayrondo comprende una Toma de Captación en el río Tambo, a partir del cual se desarrolla un Canal de Derivación, como conducción abierta revestida, de sección trapezoidal, con cota inicial de rasante 325.22 m.s.n.m. y cota del pelo de agua 326.10 m.s.n.m. Tiene una capacidad inicial máxima de 4 m³/s, hasta la progresiva 0+416. En el tramo siguiente entre las progresivas 0+416 y 0+440 se ha proyectado un desarenador – aliviadero, el cual evacua 1 m³/s, como caudal de limpieza de los materiales de arrastre del canal. A partir de la progresiva 0+440 el canal de derivación conduce 3 m³/s hasta la progresiva 8+967 donde entrega las aguas al embalse formado por la Presa Huayrondo.

El eje de la presa esta ubicado al final de la quebrada Huayrondo (Tributario derecho del río Tambo), aproximadamente 0,8 Km antes de la confluencia con el río Tambo. La presa es un terraplén de tierra con pantalla de concreto en el talud aguas arriba; a través del estribo izquierdo de la presa se ha proyectado el empotramiento de la tubería de descarga del embalse, la cual entrega las aguas a nivel de la terraza natural en un canal trapezoidal de 150 metros de

longitud, el cual las conduce hacia el cauce de la quebrada Huayrondo, 566 metros aguas arriba de su desembocadura en el río Tambo.

Conforme se detalla en el ANEXO 8 del presente estudio, con respecto a la presa Huayrondo se analizaron 2 soluciones: La primera de ellas prevé la construcción de un núcleo impermeable de tierra y la segunda con pantalla de concreto en el talud aguas arriba. Por razones de costo, ya que a distancia razonable no se encontró suficiente material apropiado para el núcleo, se descarto la primera de las opciones estudiadas.

b) Ubicación y acceso a las obras

Políticamente, la zona de emplazamiento de las obras y el vaso Huayrondo, pertenece al Distrito Cocrachacra, Provincia de Islay, del Departamento y Región de Arequipa.

El acceso al área del Proyecto Huayrondo es por la carretera Panamericana Sur, altura del Km 1,051.2, en la margen izquierda del valle Tambo, punto del cual se inicia el camino carrozable que conduce al poblado rural “La Pascana”, donde el camino se bifurca, tanto para acceder al emplazamiento de la Presa como a la Toma de Captación y Canal de Conducción.

Al emplazamiento del vaso y presa Huayrondo se accede por el camino carrozable, que cruza el río hacia la margen derecha hasta llegar al poblado “El Toro”, de allí se continúa hasta la desembocadura de la quebrada Huayrondo, donde se ubica el emplazamiento de la Presa de tierra que conformará el embalse correspondiente. La longitud total del camino, desde la carretera Panamericana a la Presa, es 11 Km.

A la Toma, se accede por la ramificación del camino carrozable que parte de “La Pascana”, su recorrido por la margen izquierda del río, conduce a las localidades de Quelgua (Chica y Grande) y Dique Quelgua, ésta última frente al lugar denominado “Pan de Azúcar”, en la margen derecha del río, donde se ubica la Toma de captación. La longitud total del recorrido, desde la Panamericana, es 15 Km.

4.2.2 Aspectos Hidrológicos

Tal como se describe en el capítulo 2, el río Tambo presenta un régimen de descarga irregular, las mayores se registran en los meses de enero a abril y las mínimas durante el período de mayo a diciembre.

Según los registros hidrológicos, los caudales promedios mensuales registrados varían de 50 m³/s en enero, 110 m³/s en febrero, 81 m³/s en marzo y 33 m³/s en marzo; en tanto que, en estiaje los caudales promedios mensuales varían de 7 m³/s en septiembre a 9 m³/s en diciembre.

Los caudales máximos medios mensuales registrados, para el mismo periodo, son: enero 207 m³/s, febrero 362 m³/s, marzo 272 m³/s y abril 118 m³/s; y, los caudales mínimos mensuales son: septiembre 4.7 m³/s, octubre 3.5 m³/s,

noviembre 3.5 m³/s y diciembre 4.5 m³/s. Cabe anotar que, el caudal máximo anual diario registrado se produjo en marzo de 2002 y correspondió a 620 m³/s.

Como resultado del análisis de las descargas del río Tambo, medidas en la estación Chucarapi-La Pascana, correspondiente al período 1942-1991, se estableció lo siguiente:

- La descarga media mensual varían 8.86 m³/s en el mes de octubre (el más bajo) a 112.18 m³/s en febrero (el más alto), equivalente a una masa anual de 23.7 MMC y 271.4 MMC respectivamente.
- El 72 % de los aportes anuales, equivalentes a 783.6 MMC, ocurren en los primeros 4 meses del año.
- La descarga media anual al 75 % de persistencia es de 24.76 m³/s, que equivale a 780.9 MMC anuales, y la descarga al 95 % de persistencia es de 12.01 m³/s, que equivale a 378.8 MMC anuales.
- Los años más secos fueron 1990, 1991 y 1983, siendo este último el más seco de los tres, coincidiendo con la presencia del “Fenómeno El Niño”, durante el cual el aporte anual total fue de 255.4 MMC.
- Los años más húmedos fueron 1972, 1975 y 1955, siendo este último el más húmedo, con un aporte anual total de 2,382.5 MMC.

Los caudales máximos del río Tambo, determinados a partir de los métodos de probabilidades más conocidos (Normal, Log-Normal, Gumbel, Log-Pearson III), para diferentes períodos de retorno y distribución, según los registros de caudales del río, en el periodo 1990 al 2004 de la Estación Puente Santa Rosa, arrojó los resultados se presentan en el cuadro N° 32

Cuadro 57 Caudales Máximos del Río Tambo

Periodo de Retorno (años)	Probabilidad de no excedencia	Caudales (m ³ /s)			
		Normal	Gumbel I	Log Norma	Log Pearson III
10	0.100	721	727	888	729
25	0.040	838	911	1311	869
50	0.020	914	1049	1685	964
100	0.010	982	1185	2113	1052
200	0.005	1045	1320	2598	1135
500	0.002	1120	1499	3338	1238

En el presente caso, para efectos de diseño de las obras proyectadas en el cauce del río Tambo (Toma, muros de encauzamiento, diques y estabilizador de cauce), se ha adoptado como caudal máximo en el río Tambo 1300 m³/s, que corresponde aproximadamente al promedio de las cuatro distribuciones del periodo de retorno de 100 años.

4.2.3 Aspectos Geológicos, Sísmicos, Geotécnicos y de Mecánica de Suelos

Las condiciones geológicas y geomecánicas de los suelos dominantes en el área de emplazamiento de las obras del proyecto Huayrondo, han sido estudiadas con el propósito de dimensionar las estructuras proyectadas, esta información en detalle se encuentra contenida el Anexo 02 “Geología y Sismicidad” y en el Anexo 3 “Geotecnia y Mecánica de suelos” del presente Estudio de Factibilidad, donde se han analizado aspectos específicos de:

- a. Clasificación geológica y geotécnica de los suelos.
- b. Estratigrafía geológica de la zona de ubicación de las obras.
- c. Curvas de graduación del material que conforma el lecho del río.
- b. Características mecánicas de los materiales confortantes del suelo.
- d. Coeficientes de permeabilidad.
- e. Capacidad portante.
- f. Contenidos de sales y sulfatos del suelo y materiales de construcción.

De la evaluación de la información señalada se han definido las siguientes consideraciones básicas para el diseño de las obras:

a) Características geotécnicas del suelo

El área de emplazamiento de la Toma de Captación y Obras de Encauzamiento, se localiza en el cauce del río Tambo, que corresponde a suelos granulares formados por depósitos de naturaleza fluvial acumulados en el lecho, integrado por cantos rodados, gravas, gravillas, arena gruesa y limos, materiales gruesos redondeados en diferentes porcentajes, de buena calidad, dureza intermedia y cuya capacidad de carga ha sido estimada en más de 2 Kg/cm².

El canal de derivación proyectado sobre la ladera derecha del Valle de Tambo, se desarrolla en afloramientos de rocas volcánicas del tipo andesita de la Formación Chocolate y en pequeña cantidad depósitos de material superficial suelto no consolidados, deslizados de la parte alta. En resumen por su dureza existen tres tipos de materiales: sueltos, rocas fracturadas (sueltas) y rocas fijas. La capacidad de carga mínima, al nivel de cimentación, ha sido establecida en 3 Kg/cm², muy superior a las cargas que podrían transmitir las obras proyectadas.

El canal de descarga (De 150 m de longitud) proyectado entre la salida de la tubería de descarga de la presa y el cauce de la quebrada Huayrondo (que finalmente conducirá las aguas hacia el río Tambo), se desarrolla sobre un terreno conformado por cantos rodados, gravas, gravillas, arena gruesa y limos de naturaleza fluvio/aluvional subredondeados, en diversas proporciones, cuya capacidad de carga admisible es superior 1.75 Kg/cm², por consiguiente mucho mayor que las cargas que transmitirán las estructuras propuestas (menos de 0.8 Kg/cm²).

En base a la investigación geológica de la superficie del trazo del Canal de Derivación, se ha establecido las unidades litológicas y sus características geotécnicas, que se detallan en el cuadro N° 58

CuadroN° 58 Características Geotécnicas de los suelos a lo largo del canal de derivación

- Tramo 0+000–4+000:** Afloramiento rocosos dioríticos a andesíticos, que se encuentran con escaso material de cobertura.
Geología: Rocas tipo diorítico - andesítico
Permeabilidad: $K 10^{-5} - 10^{-4}$ cm/seg
Clasificación geomecánica: Regular
- Tramo 4+000–4+800:** Depósitos conglomerádicos; constituidos por bolos redondeados a subredondeados en matriz areno - limosa.
GP-GM; grava arenosa en matriz limosa con presencia de bloques medianos subredondeada a redondeada, baja compacidad.
Carga Admisible: 1.75 a 2.25 Kg/cm²
Permeabilidad: $K < 10^{-3}$ cm/seg
- Tramo 4+800–9+000:** Afloramiento rocosos dioríticos a andesíticos que se encuentran con escaso material de cobertura.
Geología: Rocas intrusivas tipo diorítico andesítico
Coeficiente de permeabilidad: $K = 10^{-5} - 10^{-4}$ cm/seg
Clasificación geomecánica: Regular

b) Cantera para agregados de concreto

Para la explotación del agregado para el concreto, se evaluó y seleccionó el material granular existente a lo largo del cauce del río Tambo, principalmente en el área próxima a la desembocadura de la Quebrada Huayrondo, conformado por depósitos fluvio aluviales acumulados en el cauce del río.

Se identificaron dos potenciales canteras: “Buena Vista” ubicada en la margen izquierda del río Tambo, frente a la quebrada Huayrondo y “El Toro” en la margen derecha del río Tambo, aguas abajo del poblado El Toro, en la vecindad del puente provisional de cruce del río de la carretera La Pascana – Huayrondo, que es el acceso a ambas canteras.

La piedra requerida para la mampostería de revestimiento de canal de derivación y de protección de obras de arte, se obtendrán del material que se extraiga de las excavaciones de plataforma y caja de canal, en roca fija y la que se halle en el río a lo largo del trazo del canal. La posibilidad de usar estos depósitos simplifica el proceso constructivo y abarata el costo de la obra

Para la roca pesada se han localizado dos yacimientos: 1) Cantera “El Toro” ubicada en la margen derecha del río Tambo, cerca del puente provisional próximo al poblado El Toro, distante por camino rural unos 3.5 Km del área del proyecto. Este depósito está constituido por un afloramiento volcánico de naturaleza andesítica-dacítica, asignándosele una clasificación de Roca Clase III, de Mediana Calidad; y, 2) Cantera “Southern” en actual operación a cargo de la Minera Southern Perú, se encuentra ubicada en la margen derecha del río Tambo, en las coordenadas UTM, 8’112,493 N; 208,732 E, a 20 Km del área del proyecto Huayrondo. A esta cantera se accede a través de un camino rural vehicular a partir del puente de Cocachacra. Esta cantera está constituida por un macizo rocoso de granodiorita, asignándosele una clasificación de Roca Clase II, de buena calidad, cuyas características ingeniero-geológica son:

Litología	: Andesita
Peso específico (T/m ³)	: 2,5 - 2,7
Tamaño de granos (mm)	: 0,1
Grado de alteración	:(A-2) Poco alterada
Fracturamiento	:(F-2) Fracturado
Factor de esponjamiento (%)	: 1,60
Dureza Mohs	: (R4) Dura
Resistencia a la compresión simple (M-Pa)	: 300 - 400
Clasificación Geomecánica	: Clase (II): Buena

La piedra mediana de 6” de diámetro, para el concreto ciclópeo, puede ser obtenida del lecho del río Tambo (para la obra de captación y derivación) y del lecho de la Quebrada Huayrondo (para las obras conexas a la presa). Este agregado grueso es de inmejorable calidad y está disponible en gran cantidad. En la fase constructiva se tendría que realizar ensayos para verificar la calidad y posibilidad de uso alternativo de la piedra remanente de la excavación en roca de la plataforma y caja del canal.

c) Cantera de material para relleno

El material para relleno de los caminos de servicio de las obras de arte de los canales, será obtenido de las excavaciones de la plataforma y caja del mismo canal, previa separación de la piedra grande.

d) Agua para la obra

El agua para satisfacer las necesidades de la construcción de la obra y para el consumo humano, puede ser obtenida del mismo cauce del río Tambo, que corre muy próximo y paralelo al trazo del canal de Derivación, tratando según corresponda a cada uso (fundamentalmente sedimentación para uso en concreto).

4.2.4 Características de Diseño de la Presa, Aliviadero y Obras conexas

La alternativa Huayrondo contempla la conformación de un embalse de 15 MMC útiles, para ello se ha proyectado una presa de tierra, construida, con materiales del sitio, con una altura máxima de 47 m y longitud de corona de 473 m, impermeabilizada aguas arriba con pantalla de concreto sobre el talud y mandil impermeable sobre el lecho, construido con material arcilloso, el cual se

prolonga aguas arriba 40 metros. El embalse que se forma tiene 15 MMC de capacidad útil, 1 MMC de volumen inactivo para acumulación de sedimentos en 50 años. Cota mínima del terreno natural 268 msnm y cota de corona 315 msnm. Este embalse será llenado anualmente con las aguas excedentes del río Tambo en el periodo de avenidas (Enero a Mayo) y posteriormente será gradualmente descargada al río Tambo, en los meses con déficit de agua para riego del valle, especialmente en el periodo de estiaje (Octubre a Diciembre).

Hacia aguas abajo del emplazamiento de la presa, el valle de la quebrada Huayrondo es una planicie con 2% de pendiente y 700 metros de longitud hasta su confluencia con el río Tambo. Sobre esta planicie se desarrolla el cauce natural de la quebrada, la cual será utilizada como Canal de conducción de las aguas del embalse hacia el río Tambo, de acuerdo a las necesidades de riego en los meses deficitarios Octubre a Diciembre).

4.2.5 Sistema de Derivación y Canales de Derivación y Descarga

El sistema de derivación y descarga esta integrado por las siguientes obras:

- | | | |
|----|---|--|
| a) | Toma de Captación | Km 0+000 |
| b) | Diques de encauzamiento | Margen Izquierda y Derecha |
| c) | Muro fijador de rasante río Tambo en el sitio de toma | |
| c) | Canal de Derivación | (0+100 – 0+416) y (0+440 – 8+900) |
| d) | Desarenador | Tramo (0+416 – 0+440) |
| e) | Canal Conducto Cerrado | (0+700-0+900), (1+250-1+300) y (2+100-2+150) |
| f) | Puente Peatonal | Km: 1.7, 3.0, 4.0, 5.0, 6.1, 7.15, 8.0 y 8.9 |
| g) | Alcantarillas | Km 4+937, 6+927, 7+472 y 7+890 |
| h) | Entregas de agua a canal | 4+575, 5+434, 5+882, 6+551 y 7+299 |
| i) | Muros de contención | 01 Unidad |
| j) | Rápida entrega a embalse | Km 8+900 – 8+967 |
| k) | Canal de Descarga final | Km 0+000 – 0+700 |

a) Características de la Toma

La estructura proyectada es una captación directa constituida por los siguientes elementos: muros de encauzamiento de concreto en la margen derecha del río Tambo, transición de ingreso, bocal de entrada ubicada ligeramente sobre el nivel de la rasante del río con el fin de reducir el ingreso de material de arrastre, fijador de cauce, muro cabestal de compuertas, canal de salida, muros y diques de encauzamiento. El dique de la margen izquierda, tiene como función adicional, la protección enrocada de la margen izquierda del río Tambo.

El lugar seleccionado para el emplazamiento de la Toma reúne condiciones geológicas favorables (predominancia roca), topográficamente se dispone de suficiente nivel, de carga hidráulica, el cauce es de sección compuesta: El cauce total ocupado por las grandes avenidas es amplio (600 m de ancho promedio) dentro del cual divaga erráticamente de una margen a otra un cauce menor, dentro del cual discurren las aguas cuando los caudales son bajos. La

posición de este cauce menor varía en función de los volúmenes de arrastre y deposición de materiales. La pendiente promedio del lecho del río, en el sector en estudio, es 0.008 y la rugosidad (n) de Manning ha sido estimada en 0.035.

Criterios de Diseño Hidráulico de la Toma

Los estudios preliminares indican que el aporte promedio anual del río Tambo es de 1077 MMC y que el 72 % del mismo (784 MMC) ocurre en los primeros 4 meses del año, la mayor parte de este volumen, especialmente entre enero y abril, descarga al mar. Por consiguiente existe un excedente de agua que supera largamente las necesidades para llenar el embalse Huayrondo.

Ante la posibilidad que se presenten años extremadamente secos, la derivación ha sido diseñada para que el llenado se pueda hacer en los 60 días más caudalosos del año.

Así mismo, en el diseño de la derivación se ha considerado que el volumen de agua que transportará el Canal de Derivación corresponda a la capacidad efectiva del embalse, más las pérdidas por evaporación y por filtraciones a través del suelo de fundación, las que se han asumido representan el 5 % del volumen del embalse, lo que significa que será necesario derivar una masa de agua total de 15.75 MMC.

En base a estas consideraciones: tiempo de llenado del embalse (60 días) y volumen de agua a derivarse ($15\,750,000\text{ m}^3$), se definió el caudal de operación de la Toma y del Canal de Derivación, en $3\text{ m}^3/\text{s}$.

Muros de Encauzamiento

Los muros de encauzamiento proyectados en la margen derecha del río Tambo son del tipo gravedad en concreto ciclópeo, alineados aproximadamente paralelo a la ribera derecha del río. El muro de aguas arriba de la captación, es de 8 m de longitud y termina en un muro ala en 45° , de 7.60m, que se empotra en el terreno existente. El muro de aguas abajo tiene 45 m de longitud, conserva paralelismo con el canal de salida (8.50 m) y finaliza en el dique enrocado de la margen derecha.

Estos muros han sido proyectados en concreto ciclópeo $f'c\ 175\text{ Kg/cm}^2$ mas 25 % de piedra mediana, con una cara vertical en contacto con el agua del río y una inclinada en contacto con el relleno. Su altura total, desde el nivel de fundación hasta la coronación, es de 6.60 m, de los cuales los primeros 3.00 m son para la cimentación y los 3.60 m restantes es la altura libre para contener la variabilidad de los tirantes de avenidas del río. El ancho en la fundación es de 3.00 m y en la coronación de 0.30 m.

Zona de transición

La zona transición de ingreso a la toma, esta constituida por una losa de piso, en el nivel 325.20 msnm de 1 m de espesor, 9 m de longitud y 4.50 de ancho, enchapada totalmente con mampostería de piedra. En sus extremos de aguas arriba y aguas abajo se ha proyectado uñas de cimentación de 2 m de profundidad. En el extremo izquierdo, hacia el cauce, se ha proyectado un pilar de concreto armado de 50 cm de espesor, 3.60 m de altura y 3 m de cimentación, que actúa como muro orientador y encauzador de la corriente de

agua hacia el ingreso de la toma. En el extremo de aguas arriba se ha previsto una batería de rieles, de 60 lb, en dos filas y en tres bolillos, distanciados 1 m, para contención de las ramas y troncos que pudiera acarrear río Tambo. Estos elementos son de 3 m de longitud y empotrados (1.20 m en el piso de concreto).

Bocal de Ingreso

La bocal de ingreso esta constituida por una abertura rectangular creada entre los muros de encauzamiento de aguas arriba y abajo, dislocada en un ángulo de 30° respecto al alineamiento de los muros o 60° entre el eje de la abertura y el eje del río, tiene 2.80 m de ancho, 3.40 m de alto, 2.50 m de largo. El pretil tiene un nivel 0.20 m por encima del nivel de la losa de ingreso. En esta zona se emplazara una rejilla metálica para la contención de malezas y basuras flotantes.

Muro Cabezal de Compuerta

El muro cabezal de compuertas esta integrado por dos pantallas de 2 m de alto y 2 losas de maniobras de 1.50 m de ancho, ambos en concreto armado ($f'c$ de 210 Kg/cm²), de 20 cm de espesor y 1.20 m de largo; y, un pilar central de 0.40 m de ancho, 3.40 m de alto y 4.00 m de largo, también en concreto $f'c$ de 210 Kg/cm². En las dos ventanas que forman las pantallas y el pilar central, se alojaran dos compuertas metálicas deslizantes, de 1.20 m de ancho por 1.20 m de alto, con mecanismo de izaje.

Canal transición de salida

Inmediatamente después de las compuertas se desarrolla el canal transición de salida, de sección rectangular de 2.40 m de ancho y 2.40 m, de alto, descendiendo gradualmente hasta la progresiva 0+020, donde la altura es de 1.60 m, ambas secciones están constituidas por concreto ciclópeo $f'c$ 175 Kg/cm² más 25 % de piedra mediana. El perímetro en contacto con el agua esta revestido con mampostería empotrada en el concreto, hasta 70 cm de altura.

Fijador de cauce

El fijador de cauce del río esta constituido por un enrocado transversal al eje del río Tambo, cimentado a 3 m de profundidad por debajo de la rasante del río, fijada en el nivel 325.20. El enrocado tiene 22.50 m de base y 80 m de largo. Longitudinalmente en sus primeros 40 m el enrocado tiene alineamiento perpendicular a los muros de concreto de la margen derecha y el resto esta orientado perpendicular al dique de encauzamiento de la margen izquierda.

4.2.6 Canal de derivación

El canal de derivación se inicia a nivel de fondo del río Tambo, encaminándose aguas abajo a lo largo de la ladera derecha del río Tambo, cuyo talud tiene 45° de inclinación promedio, el canal tiene una pendiente de 0,1 % y una longitud de 8,967 m, hasta el punto de entrega al embalse Huayrondo.

El caudal base de operación en todo el canal ha sido fijado en 3 m³/s, sin embargo a lo largo del trazo se presentan una serie de quebradillas que se activan en periodos lluviosos (como El Niño), Parte de estas aguas se ha

previsto ingresen al canal y serian ser absorbidos por el bordo libre del canal (fijado en 0,30 m). Adicionalmente ante la eventualidad que por error de operación de compuertas de toma ingrese un caudal superior al de diseño o las aguas de escorrentía de quebradillas arrastren exceso de sólidos, que por colmatación puedan reducir la sección hidráulica de conducción del canal, se ha asumido un incremento de la capacidad de diseño del canal equivalente a 1/3 del caudal base, por consiguiente la capacidad total del canal es 4 m³/s.

El canal de derivación presenta dos secciones tipo: Ambas son de geometría trapezoidal con taludes 1:0.5 revestidas. La primera (0+100-0+416) esta íntegramente revestida con mampostería de piedra asentada y emboquillada con concreto simple $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y la segunda (0+440-8+960) tiene dos tipos de revestimiento: losa de concreto simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de 10 cm de espesor en el piso y mampostería de piedra asentada y emboquillada con concreto en los taludes. Las características hidráulicas de los tramos son:

Tramo N° 01: Km 0+100 – Km 0+416

Ancho de Base:	2.00 m	Velocidad, v	= 1.23 m/s
Altura de canal	1.60 m	Tirante agua, d	= 1.25 m
Caudal,	$Q = 4.00 \text{ m}^3/\text{s}$	Bordo libre, bl	= 0.35 m
Pendiente,	$S = 0.001$	N° de Fraude, F	= 0.35
Coefic. Manning	$n = 0.020$	Tipo de flujo	= Subcrítico
Talud	$z = 0.50$	Revestimiento	= Mampostería

Tramo N° 02: Km 0+440 – Km 8+960

Ancho de Base:	1.40 m	Velocidad, v	= 1.24 m/s
Altura de canal	1.60 m	Tirante agua, d	= 1.21 m
Caudal,	$Q = 3.00 \text{ m}^3/\text{s}$	Bordo libre, bl	= 0.39 m
Pendiente,	$S = 0.001$	N° de Fraude, F	= 0.36
Coefic. Manning	$n = 0.018$	Tipo de flujo	= Subcrítico
Talud	$z = 0.50$	Revestimiento	=Mamp.+ Conc.

El canal ha sido diseñado con un camino de servicio de 3.00 m de ancho, ubicado en el lado izquierdo del canal y una berma de 1.00 m de ancho en el lado derecho. En el piso de concreto se ha previsto juntas de dilatación cada 17.5 m, para el tramo N° 02 del Km 0+440 al Km 8+960, así como al inicio y al final de cada curva. Transversalmente se ha previsto juntas de contracción que se colocarán entre juntas de dilatación cada 3.5 m. En los revestimientos con mampostería no se ha previsto la utilización de juntas de dilatación ni contracción.

4.2.7 Diques de Encauzamiento y Defensa

Estas obras han sido proyectadas tanto en la Margen derecha como izquierda, están orientadas a formar una sección estable y encauzada del río, con la

finalidad de generar en época de avenidas, una distribución equilibrada de la corriente de agua y orientar el flujo hacia la captación.

Básicamente es un dique terraplenado de 3,60 m de altura, 4,00 m de corona y taludes 1:1, construido con material arrimado del río. La cara húmeda será protegida con un enrocado apoyado en su base en una uña construida 3,00 m por debajo de la rasante natural del cauce. Los bloques de enrocado tendrían diámetros de 1.50 m, en la parte inferior y 1.0 m en la coronación.

En la margen derecha se han proyectado dos diques, uno ubicado hacia aguas arriba de la Toma, de 40 m de longitud, que inicialmente sigue el alineamiento del muro de concreto y después se adecua a la forma de la ribera, es para afianzar la estructura de toma; y, el segundo dispuesto hacia aguas abajo, a continuación del muro de concreto, de 400 m de longitud, que conserva paralelismo con el eje del canal de Derivación. El propósito del muro es proteger el canal en el tramo bajo, continuando hasta que este gane suficiente altura respecto al río y se cimiente en suelo rocoso.

En la margen izquierda se ha proyectado un dique, de 550 m de largo, que se inicia en la afloración rocosa. En sus primeros 400 m mantiene la orientación del dique existente y los 150 m restantes han sido orientados en paralelo al eje del río. La finalidad de este dique es concentrar, distribuir y orientar las descargas del río hacia la margen derecha, así como proteger a la localidad "Dique Quelgua" y los terrenos agrícolas de la margen izquierda.

4.2.8 Desarenador – Aliviadero

Esta estructura se ubica entre las progresivas Km 0+416 y 0+440 del canal de derivación, consta de una transición de entrada, cámara de sedimentación, aliviadero, canal evacuador, compuerta y canal de purga, enrocado de salida, tramo de salida del la poza y transición final de entrega al canal de derivación.

Las transiciones, de salida y entrada, conducen el agua de la sección trapezoidal del canal a la sección rectangular de la nave del desarenador de 8 m de ancho. Las transiciones tienen 4 m de largo, con muros cuyos espesores varían entre 0.25 m y 0.35m, proyectados en concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

La nave desarenadora, es de sección rectangular de 8 m de ancho y 12 m de largo, La altura de muros es variable de 3.40 a 3.80 m, con un espesor de 0.25 m en la coronación y 0.35 m en la base.

El vertedero lateral se ubica en el muro izquierdo de la nave desarenadora, tiene 10 m de largo y una altura de 0.70 m hasta el nivel de coronación. Permite evacuar los incrementos de caudal que se puedan presentar en el canal, por error de operación de compuertas o ingreso de agua de quebradillas laterales, hasta un máximo de $1.20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Este caudal en exceso es conducido por el canal evacuador, que esta dispuesto paralelamente a la nave desarenadora, tiene el ancho variable de 1.0

a 1.2 m, altura también variable de 1.70 a 2.25 m y descarga en el canal de purga.

El canal de purga es un conducto rectangular en concreto armado de 20 cm de espesor, con capacidad para evacuar las aguas de la nave desarenadora como del canal evacuador hacia en cauce del río. Tiene una longitud de 9 m y atraviesa el terraplén del canal como alcantarilla y termina en una protección enrocada de 9 de largo y 3 m de profundidad.

En el extremo aguas abajo del muro izquierdo del desarenador se aloja una compuerta metálica deslizante, de 1.20 m de ancho por 1.30 m de alto, con mecanismo de izaje. En la parte superior del muro se ha dispuesto una losa de maniobra de compuertas de 0.60 m de ancho y 2 m de largo.

El tramo de salida final de la nave desarenadora lo constituye una sección cerrada que actúa como un vertedero de creta ancha, supresor de oleaje y orificio regulador de ingreso de aguas, Tiene 8 m de ancho, 1.20 m de alto, 4 m de largo y 0.25 m de espesor de concreto armado un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Empalma con la transición de salida al canal de derivación.

4.2.9 Conductos cubiertos (Tramos cortos de canal)

Los tramos de canal cerrado han sido previstos para proteger al canal del ingreso de material que se podrían desprender de los taludes considerados inestables, por consiguiente potenciales causantes de obstrucción del canal.

Estos tramos cubiertos han sido establecidos en las progresivas Km 0+700 al 0+900 (200 m), Km 1+250 – 1+300 (50 m) y Km 2+100 al 2+150 (50 m), tienen una sección rectangular de 2 m de base, 1.60 m de altura y 0.20 m de espesor, régimen hidráulico de canal abierto, se construirían con concreto armado $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, con una cobertura de material de relleno de 0.70 m sobre el techo del ducto, para amortiguar el impacto de caída de piedras grandes.

En la entrada y salida de los conductos cubiertos se ha proyectado transiciones de concreto armado de 2.5 m de longitud y 0.20 m de espesor.

4.2.10 Alcantarillas

Son estructuras que permiten el paso de la escorrentía de quebradillas, por debajo del terraplén del canal. Son conductos cerrados de sección cuadrada en concreto armado $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y de 20 cm de espesor. En total Se han localizado cuatro alcantarillas, en las siguientes progresivas: 4+937, 6+927, 7+472 y 7+890.

Hacia aguas arriba, en el ingreso a la alcantarilla, lleva una protección de mampostería de 2.50 m de largo y 0.25 m de espesor, inmediatamente sigue el ingreso de la alcantarilla, formada por dos muros alas a 90° , de 1.30 m de largo y 1.20 de alto, un tramo vertical de 1.20 m de alto y $0.80 \times 0.80 \text{ m}^2$, de área, el

cual empalma con el conducto de la alcantarilla de 10.50 m de largo, de sección $0.80 \times 0.80 \text{ m}^2$ y 20 cm de espesor.

En la salida del conducto se ha proyectado un muro de contención del relleno izquierdo de la plataforma del canal, en el cual se ha previsto una abertura cuadrada que es continuación de la sección de la alcantarilla. Este muro sería de concreto ciclópeo, $f'c \ 175 \text{ Kg/cm}^2 + 25 \%$ de piedra mediana, de 4.50 m de altura, 0.25 m de espesor superior y variable hasta 2.50 m en la cimentación sobre suelo rocoso. El ancho del muro es 4 m y termina en dos alas a 45° de 1.30 m.

Hacia aguas abajo, la quebrada ha sido protegida contra la erosión con mampostería de piedra, de 4.00 m de largo y 0.25 m de espesor

4.2.11 Entregas de agua

Son estructuras ubicadas en la margen derecha del canal, que han sido proyectadas para canalizar en forma segura hacia el interior del canal, las aguas que conduzcan las quebradillas de menor magnitud que las anteriormente señaladas. Se han localizado un total de cinco desagües, en las siguientes progresivas: 4+575, 5+434, 5+882, 6+551 y 7+299

La estructura propuesta consta de tres (3) partes principales:

- Protección de entrada, de fondo y taludes de la quebradilla, con mampostería de piedra de 2.00 m de longitud.
- Transición de entrada, con muros ala de concreto inclinados a 45° , de 1.00 m de longitud y una uña de cimentación de 0.50 m;
- Canaleta de sección rectangular de 1.60 m de ancho, 0.50 m de alto y de 0.20 m de espesor de concreto simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que se apoya sobre la berma derecha del canal y descarga directamente al canal.

El fondo de la canaleta se ubica a 1.35 m sobre el nivel de la rasante del canal, permitiendo una descarga libre del agua de lluvia.

4.2.12 Puentes Peatonales

Estas obras han sido proyectadas a lo largo del canal con el propósito de facilitar el cruce hacia la berma derecha del canal para fines de mantenimiento. En total son ocho unidades, emplazadas en las progresivas Km 1+700, 3+000, 4+000, 5+000, 6+100, 7+150, 8+000 y 8+900.

Básicamente consisten de una losa en concreto armado de un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de 20 cm de espesor, 1.50 m de ancho y longitud igual al ancho superior del canal. Diseñada para soportar una carga viva de 500 Kg/m, apoyada sobre bloques de concreto ciclópeo, cimentados a 1.00 m de profundidad, 1.80 m de largo y 80 cm de ancho en la base.

4.2.13 Rápida de entrega

Al final del canal de Derivación, entre las progresivas Km 8+906.92 y 8+968.92, se ha proyectado una estructura de entrega de las aguas del canal al embalse de la presa (62 m), con altura de caída efectiva de 26.04 m, del nivel 314.99 al nivel 288.95 msnm, respectivamente. La rápida tiene sección trapezoidal, con inclinación de taludes de 1 a 0.5 vertical a horizontal, compuesta por una transición de entrada, del canal a la rápida, un tramo inclinado de pendiente 0.42 y un tramo final de salida con protección enrocada.

La rápida ha sido proyectada en concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, de 25 cm de espesor. Tiene una longitud bruta de 74 m, que comprende la transición de entrada de 5 m, la salida de 7.00 m y el tramo inclinado de 62 m de longitud horizontal. A lo largo de esta se han previsto juntas de dilatación-contracción cada 8 metros.

4.2.14 Canal de Descarga

Este canal se inicia en la salida de la estructura de disipación de la tubería de descarga de la Presa Huayrondo, Tiene un recorrido de 716 m hasta la entrega al río Tambo. Presenta dos tramos bien definidos:

El primer tramo tiene sección trapezoidal bien definida, excavada en tierra, de 4 m de base, 2 m de altura y 1:1.5 de taludes, El segundo tramo corresponde al cauce de la quebrada Huayrondo.

En ambas secciones se ha proyectado caminos de servicio de 4 m de ancho, que puede ser en corte o relleno según sea el caso de los niveles naturales del terreno, ubicados en el lado derecho e izquierdo. Las características hidráulicas de los tramos son:

<u>Tramo: Km 0+00 – Km 0+150</u>		<u>Tramo: Km 0+150 – Km 0+716</u>	
Revestimiento	Ninguno	Revestimiento	Ninguno
Caudal	$Q = 3.00 \text{ m}^3/\text{s}$	Caudal	$Q = 3.00 \text{ m}^3/\text{s}$
Ancho de Base:	$A = 4.00 \text{ m}$	Ancho de Base:	$A = \text{Variable}$
Altura de canal	$H = 2.00 \text{ m}$	Altura de canal	$H = 2.00 \text{ m}$
Talud	$z = 1.50$	Talud	$z = \text{Variable}$
Pendiente,	$S = 0.024$	Pendiente,	$S = 0.024$
Coefic. Manning	$n = 0.030$	Coefic. Manning	$n = 0.035$
Velocidad	$v = 2.10 \text{ m/s}$	Velocidad	$v = 1.87 \text{ m/s}$
Tirante agua	$d = 0.32 \text{ m}$	Tirante agua	$d = 0.30 \text{ m}$

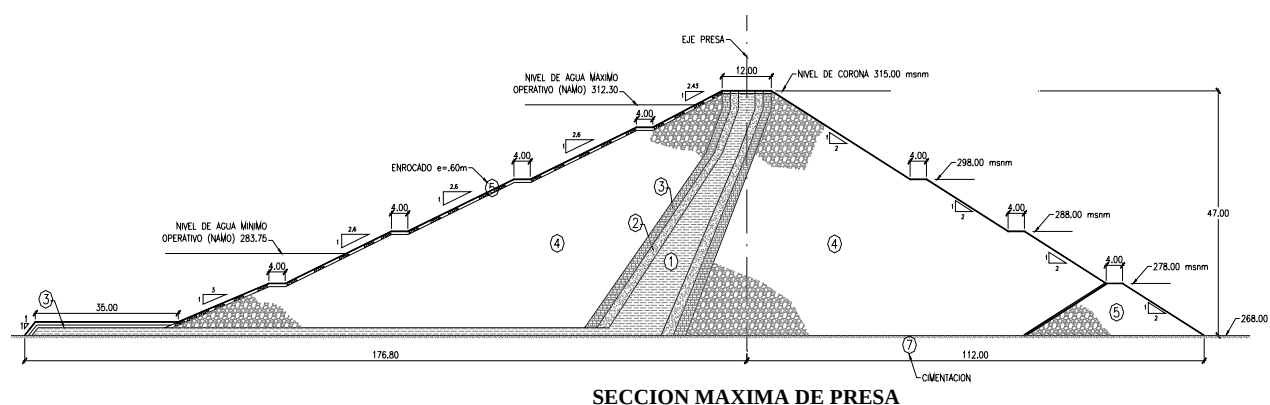
4.2.15 Presupuesto de las obras de toma, canal de derivación y obras de arte de la alternativa Huayrondo

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	MONTO S/.
1.00	OBRAS PRELIMINARES	807,130.04
2.00	TOMA DE CAPTACIÓN	717,246.43
3.00	DIQUES DE ENCAUZAMIENTO	1,311,472.58
4.00	OBRAS DE ARTE	841,179.61
5.00	CANAL DE DERIVACIÓN	6,152,965.53
6.00	CANAL DE DESCARGA	156,410.00
	TOTAL COSTO DIRECTO	9,986,404.19
	GASTOS GENERALES	1,497,960.63
	UTILIDAD	998,640.42
	COSTO TOTAL SIN I G V	12,483,005.24
	I. G . V.	2,371,771.00
	C O S T O T O T A L	14,845,776.24

4.2.16 Características de diseño de la Presa Aliviadero y Obras conexas de la Alternativa Huayrondo

a) Descripción de la Presa Huayrondo, Opción “Núcleo Impermeable”

a.1 Características Principales del Cuerpo de la Presa



a.2 Estabilidad geológica del sitio de presa Huayrondo

La base del embalse tiene una longitud aproximada de un kilómetro y un ancho variable de 200 a 600 metros, esta superficie constituye el lecho de la quebrada en años extraordinariamente lluviosos (especialmente con presencia del fenómeno del “Niño”). Las descargas también excepcionales en años regulares; discurren por un cauce estrecho de 3 a 15 metros de ancho y 3 a 6 metros de profundidad, la pendiente promedio del lecho del vaso es de 2.4 % y esta conformado por cantos rodados, gravas, arenas y limos, transportados básicamente por las aguas de la quebrada.

De acuerdo a la naturaleza lítica, propiedades hidráulicas (permeabilidad de los terrenos) y ausencia de procesos disolutivos en el vaso, no existe riesgo de filtraciones y pérdidas significativas de agua, es decir el vaso reúne las condiciones básicas de estanqueidad, sin embargo es recomendable implementar un programa de investigaciones más detalladas.

Geodinámicamente la zona de la presa, es estable, debido a su relieve suave a ondulado sin mayor presencia de fracturamiento y débil intemperismo, características que garantizarían que no se producirán cambios significativos en las geoformas existentes y consecuentemente se descarta la existencia de riesgos geodinámicos en el eje de presa.

La estructura y textura del macizo en la zona de la presa varía desde una presentación en bancos pseudo estratificados a una estructura masiva y maciza; En la zona de los estribos, los afloramientos volcánicos no presentan material de cobertura o de depósitos cuaternarios y hacia el norte en ambos estribos los afloramientos están entremezclados superficialmente con materiales eluviales y coluviales.

De acuerdo a lo observado en calicatas y trincheras de hasta 9 metros sobre el eje de presa, estos son depósitos aluviales del cuaternario reciente, transportados por las aguas de la quebrada, caracterizados por presentar fragmentos rocosos heterométricos sub-redondeados, grava, arena y limos. En promedio se estima que estos depósitos tendrían una potencia entre 50 y 100 metros y de acuerdo a las observaciones en las trincheras y calicatas sobre el eje de presa, se estima que el coeficiente de permeabilidad (K) de los suelos varían entre 10^{-1} y 10^{-3} cm/seg.

En los estribos, se tiene rocas Piroclásticas (derrames volcánicos verde grisáceos, de naturaleza Andesítica). Los afloramientos volcánicos no presentan material de cobertura o depósitos cuaternarios, no se ha observado fallas, ni otros rasgos estructurales importantes. Por el débil fracturamiento observado en ambos estribos éstos se clasifican como Fracturado (F-2).

a.3 Características Hidráulicas del Embalse

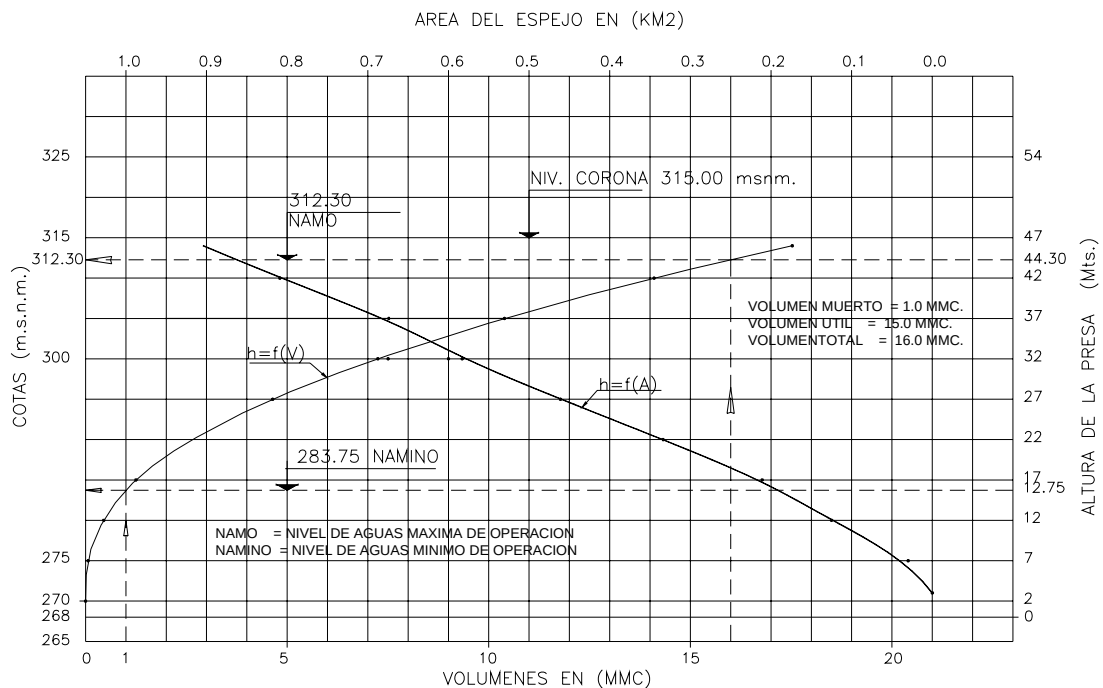
De acuerdo con los resultados de la evaluación hidrológica incluida en el Estudio Hidrológico elaborada por el INRENA, considerando las nuevas demandas de agua, se presenta un resumen de los resultados obtenidos y tomados en cuenta en la conformación del embalse:

(g) Nivel máximo de Operación	312.30 msnm.
(h) Volumen útil de embalse	15.00 MMC.
(i) Nivel máximo de sedimentos	283.75 msnm
(j) Volumen máximo de sedimentos	1.00 MMC

(k) Nivel mínimo de operación 283.75 msnm

(l) Volumen total del embalse 16.00 MMC.

a.4 Curva Altura - Área - Volumen elaborada para el estudio de factibilidad en base a los planos topográficos disponibles.



FUENTE: Planos topográficos del estudio de la presa, INRENA 2004

a.5 Características Geométricas del Cuerpo de Presa

La Presa estará conformada por:

1. Núcleo esbelto impermeable de dimensiones variables 4.00 m en la parte superior y 14.00 m. en la parte inferior.
2. protección del núcleo con dos capas (filtro y transición) a ambos lados de 2.00 m. de espesor cada una.
3. Espaldones de material granular.
4. Enrocado del talud húmedo.
5. Un manto impermeable de 35.0 m. de ancho, sobre el piso del vaso aguas arriba de la base o pie de la presa, tal como se observa en la figura anterior.

Los taludes considerados aguas arriba son variables 3H:1V, 2.6H:1V y 2.43H:1V; además se consideran banquetas de 4.00 m. de ancho a 10, 20, 30 y 40 metros de altura respectivamente. Aguas abajo el talud es uniforme 2H:1V, la cual también tendrá banquetas de 4.00 m. de ancho a 10, 20 y 30 metros de altura.

Longitud de Presa	473.0 m
Altura	47.0 m
Ancho de Corona	12.0 m

a.6 Altura de Coronación

El nivel de coronación, es igual al nivel máximo de operación del embalse (NAMO), más la sobre elevación sobre el aliviadero, necesaria para el tránsito de la avenida de diseño, altura de oleaje y la altura de resguardo o seguridad, dependiendo del tipo de presa.

En consecuencia, teniendo en cuenta las consideraciones antes mencionadas el nivel de la corona es 315.00 msnm., por consiguiente la altura máxima de la presa resulta siendo 47.0 m.

a.7 Ancho de la Coronación

Según la formula del Bureau of Reclamation, en el caso de presas de tierra, el ancho de coronación (B) se puede calcular con la siguiente expresión $B = 1 + 1.1 \times \sqrt{H}$, en (m). En el presente caso para, $H = 47.00$ m, se obtiene $B = 8.55$, por razones practicas de construcción se adoptó un valor $B = 10.0$ m.

a.8 Aliviadero de excedencias

La obra de Alivio ha sido ubicada en el estribo de la margen derecha de la presa, esta se inicia en un vertedero superficial y continua con un canal de alivio, el ancho del vertedero a sido calculado con la formula para vertederos $Q = c \times L \times H^{3/2}$; para un caudal de 65.20 m³/s, coeficiente $C = 2$ y $H = 1.20$ obteniendo un ancho de vertedero de $L = 25.0$ m.

Aguas arriba del vertedero se ha proyectado la excavación de un cauce de aproximación, cuyo nivel de fondo tendrá la cota 311.00 m.s.n.m es decir 1.30 por debajo del Nivel de Aguas Máximas de Operación (NAMO) 312.30 m.s.n.m..

Aguas abajo del vertedero el agua discurre por un canal en rápida con un ancho variable $b = 25.0$ m al inicio y $b = 8.0$ m a 50.0 m. aguas abajo; manteniendo así hasta el final. El canal ha sido proyectado en concreto armado, y a la salida del mismo se ha previsto un enrocado de protección contra la erosión.

a.9 Tubería de Descarga

La tubería de descarga de la Presa tiene 150 de longitud, 2.0 m. de diámetro y una elevación al inicio de 283.75 m.s.n.m.

A la entrada de la tubería de descarga se ha proyectado una pantalla que rodeara la tubería y una reja de protección. En la corona de la presa se ha proyectado un pique de acceso a la tubería de descarga, la misma que contará con compuerta reguladora de descarga o cierre total. Esta compuerta se accionaría a través de un mecanismo de izaje situado en la corona de la presa.

A la salida de la tubería de descarga se ha proyectado un dissipador de energía hidráulica, seguido de una protección de enrocado para luego entregar al canal de conducción hacia el río Tambo.

a.10) Descripción de las principales partida de obra de la presa Huayrondo, opción Núcleo Impermeable

(i) Obras Preliminares

➤ Campamento para vivienda del personal del constratista

Al término de la ejecución del proyecto, parte de ésta obra quedara como campamento definitivo, para la etapa de operación. Se incluye en el campamento los almacenes y talleres necesarios.

➤ Caminos internos de obra

Se ha previsto como necesario la construcción de un camino del acceso al coronamiento de la presa, este tendrá una pendiente máxima de 6.5%. Así mismo se ha previsto necesario el mejoramiento del camino de acceso a la obra, así como de los caminos de acceso al campamento.

➤ Trazos y replanteos

Para los trabajos de trazos y replanteo de las obras, así como la verificación de cada una de las etapas constructivas de la misma, se considerado la presencia de una brigada de topografía completa por aproximadamente 6 meses.

➤ Limpieza y desbroce.

Esta es una labor previa a todos los trabajos de movimiento de tierra (Explotación de canteras y trabajos de relleno)

(ii) Construcción del cuerpo de la Presa

Los volúmenes de excavación y relleno de la presa han sido calculados en base a secciones transversales del eje de presa que se presentan en los planos A8-15 al A8-19. Estos trabajos de relleno incluyen:

- Relleno del Núcleo con material impermeable
- Relleno de Filtro entre Núcleo y Espaldones
- Relleno de espaldones con material granular

- Relleno de enrocado sobre el talud aguas arriba de la presa
- Relleno de manto impermeable, sobre el piso, aguas arriba de la presa
- Relleno de material de rodadura sobre la corona de la presa.

(iii) Aliviadero de Excedencias

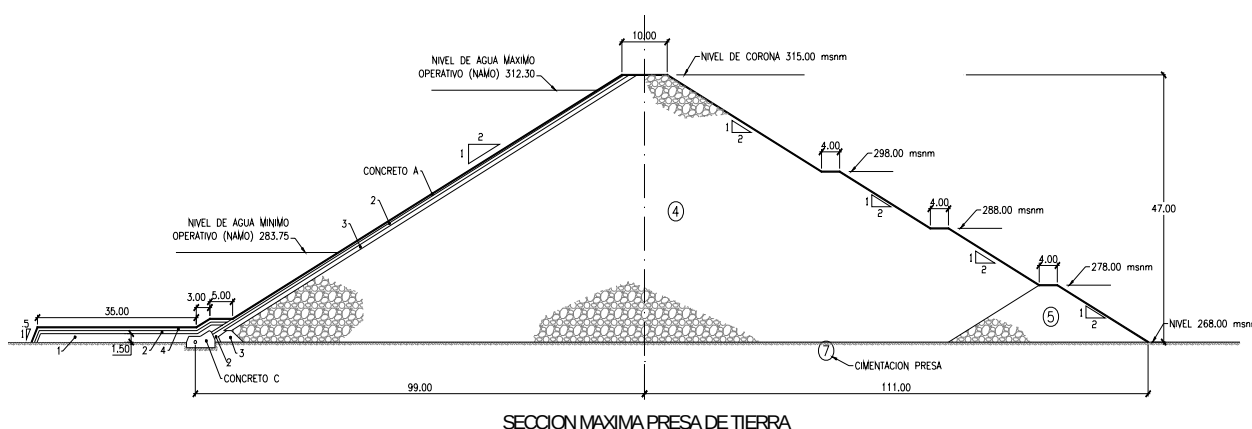
En los planos A8-08 y A8-09 se muestran el total de las cantidades de obra por partida específica, calculadas para esta estructura.

(iv) Tubería de Descarga

En los planos A8-21 y A8-22 se muestran el total de las cantidades de obra por partida específica, calculadas para esta estructura.

b) Descripción de la Presa Huayrondo, Opción Pantalla de Concreto

b.1 Características Principales del Cuerpo de la Presa



b.2 Características Hidráulicas del Embalse

Para esta opción las características del embalse son iguales a la opción Núcleo Impermeable antes descrita:

(m) Nivel máximo de Operación	312.30 msnm.
(n) Volumen útil de embalse	15.00 MMC.
(o) Nivel máximo de sedimentos	283.75 msnm
(p) Volumen máximo de sedimentos	1.00 MMC
(q) Nivel mínimo de operación	283.75 msnm
(r) Volumen total del embalse	16.00 MMC.

Valores que se obtienen de la Curva Altura – Área - Volumen elaborada, valida para cualquiera de las dos opciones de presa en Huayrondo.

b.3 Características Geométricas del Cuerpo de Presa

El cuerpo de presa proyectada en Huayrondo como opción “Pantalla de Concreto” está conformada por materiales granulares que serán obtenidos del lecho del vaso, aguas arriba de la presa. Sobre el talud de aguas arriba, con el propósito de impermeabilizar el cuerpo de la presa, se vaciará una pantalla de concreto, con espesores variables de 0.25 m en la parte superior y 0.50 m en la zona mas baja a pie de presa; además contara con un manto impermeable de 35.0 sobre el piso aguas arriba en la prolongación del talud, tal como se observa en el detalle de sección máxima.

Las placas de concreto que conforman la pantalla, serian apoyadas sobre una viga perimetral o “plinto” la cual deberá cimentarse sobre roca sana o consolidada, del piso y los estribos, para lo cual se prevé la limpieza de las capa superficial del terreno, hasta una profundidad del orden de 0.50 m.

El plinto se ha proyectado con un ancho igual a 8.0 m. y un espesor de 0.80 m., tal como se muestra en detalle en el plano A8-13

Para fijar mejor el plinto a la roca se colocarían barras de anclaje (dowels) de $\varnothing 1"$ y longitud media igual a 3.0 m.

Los taludes del relleno del cuerpo de la presa son: aguas arriba 2H:1V, aguas abajo el talud es 2H:1V, con 3 banquetas de ancho igual a 4.0 m. en número de tres, a una altura de 10.0 m., 20.0 m y 30.0 m desde la base de la

- Longitud de Presa 473.0 m
- Altura 47.0 m
- Ancho de Corona 10.0 m

b.4 Altura de Coronación

El nivel de coronación, es el mismo que se calculó para la opción Huayrondo con núcleo impermeable. En consecuencia, el nivel de la corona es 315.00 msnm., y la altura máxima de la presa 47.0 m.

b.5 Ancho de la Coronación

El ancho de coronación (B) es el mismo que se calculó para la opción Huayrondo con núcleo impermeable. Es decir: $B = 10.0$ m.

b.6 Aliviadero de excedencias

Esta estructura es idéntica a la proyectada para la opción Huayrondo con Núcleo Impermeable.

b.7 Características Hidráulicas de la Obra de Descarga

Esta estructura es idéntica a la proyectada para la opción Huayrondo con núcleo Impermeable.

b.8 Descripción de las principales partida de obra de la presa Huayrondo, opción Núcleo Pantalla de concreto

A continuación se hace una descripción somera de las obras que conforman el esquema del represamiento Huayrondo Alternativa Presa de Materiales Gruesos con Pantalla de Concreto.

(i) Obras Preliminares

Las partidas y cantidades de obra consideradas en este caso, son iguales a la opción Huayrondo Núcleo de Tierra.

(ii) Construcción del cuerpo de la Presa

Los volúmenes de excavación y relleno de la presa han sido calculados en base a secciones transversales del eje de presa que se presentan en los planos A8-02 al A8-06. Estos trabajos de relleno incluyen:

- Relleno del cuerpo de la presa con material granular
- Relleno con material de transición entre el cuerpo de la presa y filtro
- Relleno de Filtro entre material de transición y la losa de concreto
- Relleno de manto impermeable, sobre el piso, aguas arriba de la presa
- Relleno de material de rodadura sobre la corona de la presa.

(iii) Losa de concreto

La losa de concreto proyectada sobre el talud aguas arriba de la presa se detalla en el plano A8-02 al A8-06. En este caso, además de las partidas de obra “Material de Transición” y “Filtro”, señalado en (ii), se construirá la losa con concreto armado $fc'210 \text{ Kg/cm}^2$ y juntas elastoméricas longitudinal y transversal.

(iv) Aliviadero de Excedencias

En los planos A8-08 y A8-09 se muestran el total de las cantidades de obra calculadas para esta estructura.

(v) Obra Tubería de Descarga

En los planos A8-11 y A8-12 se muestran el total de las cantidades de obra calculadas para esta estructura.

4.2.17 Costos y Presupuesto de las obras de toma, Canal de derivación y la Presa de Alternativa Huayrondo

a) Análisis de Costos Unitarios

Los Análisis de Costos Unitarios están referidos al mes de Enero del presente año (2005) y consideran los aspectos de: materiales, jornales de construcción civil, maquinarias, equipos, fletes y todos aquellos elementos y/o aspectos necesarios para la ejecución de los trabajos.

b) Presupuesto de las obras en Huayrondo

El costo de la Alternativa Huayrondo ha sido calculado para las dos opciones estudiadas: (i) Con núcleo de Arcilla y (ii) Con pantalla de concreto; aun que la primera opción no sería ejecutable por falta de material impermeable adecuado y suficiente para el manto y núcleo impermeable.

El Costo de esta alternativa incluye: El costo de la captación y derivación más el costo de la Presa. Habiéndose estudiado dos tipos de presa en Huayrondo, se presentan un presupuesto para cada tipo (Los detalles del metrado y presupuesto se presenta en el capítulo 4.2.15 y en el anexo 8)

b.1) Costo de las obras de Toma, Obras de Encauzamiento, Canal de Derivación, Canal de Descarga y Obras de Arte.

➤ Costo Directo	S/. 9 829 883,19
➤ Costo Indirecto: (Gastos Generales (15 %) y Utilidad (10 %))	S/. 2 457 470,80
➤ Impuesto General a las Ventas (19%)	S/. 2 334 597,26
➤ Presupuesto total	S/. 14 621 951,25

b.2) Costo de la Presa “Opción Núcleo Central Impermeable”

➤ Obras Preliminares	S/. 572 697,81
➤ Movimiento de Tierra	S/. 40 788 468,09
➤ Obras de Concreto, sellos y Juntas	S/. 716 512,00
➤ Equipamiento Electromecánico	S/. 1 639 221,58
➤ Total Costo Directo	S/. 43 716 899,47
➤ Costo Indirecto: (Gastos Generales (15 %) y Utilidad (10 %))	S/. 10 929 224,87
➤ Impuesto General a las Ventas (19%)	S. 10 382 763,62
➤ Presupuesto total	S/. 65 028 887,96

b.3) Costo de la Presa “Pantalla de Concreto”

➤ Obras Preliminares	S/. 572 697,81
➤ Movimiento de Tierra	S/. 25 438 244,73
➤ Obras de Concreto, sellos y Juntas	S/. 10 611 181,11
➤ Equipamiento Electromecánico	S/. 1 357 109,53
➤ Costo Directo	S/. 37 979 233,17
➤ Costo Indirecto: (Gastos Generales (15 %) y Utilidad (10 %))	S/. 9 494 808,30
➤ Impuesto General a las Ventas (19%)	S. 9 020 067,88
➤ Presupuesto total	S/. 56 494 109,34

b.4) Presupuesto Total de Alternativa Huayrondo “núcleo Impermeable”

➤ Costo de la Toma y canal de derivación (C.1)	S/. 14 621 951,25
➤ Costo de la Presa opción núcleo Impermeable	S/. 65 028 887,96
➤ Presupuesto Total	S/. 79 650 839,21

b.5) Presupuesto Total de Alternativa Huayrondo “Pantalla de concreto”

➤ Costo de la Toma y canal de derivación (C.1)	S/. 14 621 951,25
➤ Costo de la Presa opción núcleo Impermeable	S/. 56 494 109,34
➤ Presupuesto Total	S/. 71 116 060,59

4.3 Conclusión respecto al estudio de Alternativas

- En total se han analizado tres proyectos de presa: Dos localizadas al final de la Quebrada Huayrondo y una localizada muy cerca del centro poblado de Tolapalca, al inicio del Río Paltiture.
- El volumen útil en los tres casos es el mismo (15 MMC), con lo cual se satisface el déficit actual, provocado por la derivación de aguas del Tambo al Sistema Hidraulico de Pasto Grande (13,00 MMC). y sería suficiente para compensar la reducción adicional de la oferta de agua para el valle de Tambo, cuando se ejecute la segunda Etapa del proyecto Pasto grande
- De las dos opciones de Presa estudiadas en Huayrondo, el costo la opción presa con “Núcleo impermeable” (**S/. 79 650 839,21**) resulta mucho mas costosa que la opción “Con Pantalla de Concreto” (**S/. 71 116 060,59**).
- De las dos alternativas estudiadas (i) “Paltiture” (**S/. 26 143 903,30**) VS (ii) “Huayrondo con pantalla de Concreto” (**S/. 71 116 060,59**), la alternativa Paltiture es bastante menos costosa, por consiguiente esta sería la alternativa que se recomienda detallar su diseño y Evaluación Económica, Social y Ambiental.

5.0 Detalles del Proyecto seleccionado

5.1 Descripción de las Obras

5.2 Metrados y Presupuesto

5.3 Programa de Ejecución

5.4 Operación y Mantenimiento de las obras

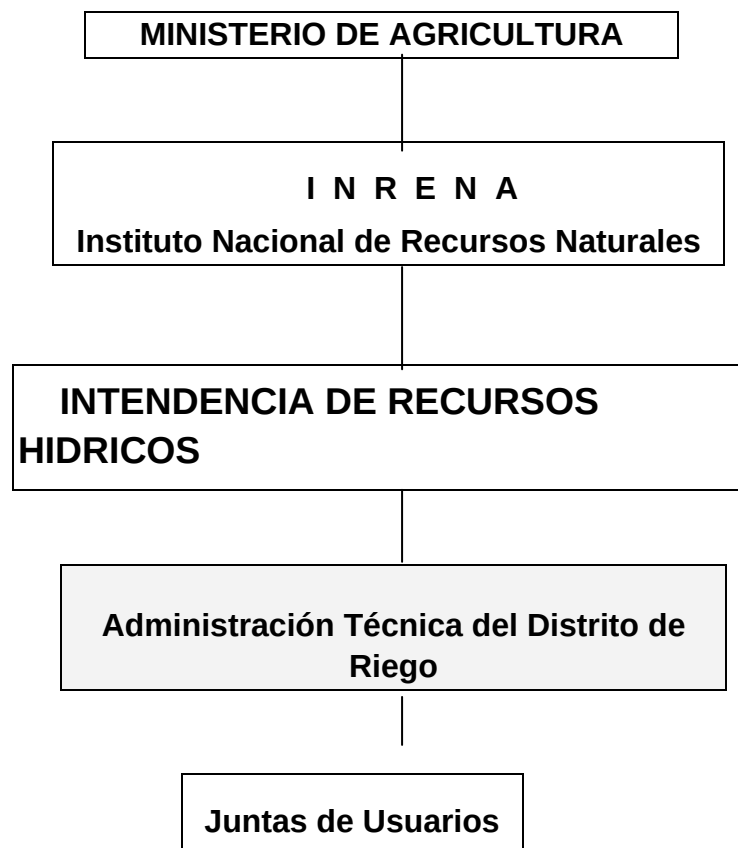
5.4.1 Organización a cargo de la Operación y Mantenimiento de la Presa

a) Administración Técnica del Distrito de Riego Tambo - Alto Tambo

La Administración Técnica del Distrito de Riego (ATDR) Tambo-Alto Tambo, forma parte de la Intendencia de Recursos Hídricos (IRH), dependencia del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA).

El ATDR, Tambo – Alto Tambo es la Autoridad Local de Agua en el ámbito de toda la cuenca del río Tambo y Opera de acuerdo al organigrama funcional que se muestra en la Figura 1.

Figura 1



Políticamente incluye parte de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Puno. Al Norte limita con las cuencas de los ríos Chili, Vitor, Quilca y Coata; por el sur con las cuencas de los ríos Moquegua y Locumba; por el oeste con el Océano Pacífico y por el Este con las cuencas de los ríos Ilave e Illpa. En el Cuadro adjunto se indica el ámbito sobre el cual tiene jurisdicción la Administración Técnica del Distrito de Riego Tambo-Alto Tambo, indicándose los departamentos, provincias y distritos involucrados dentro de la extensión de la cuenca del río Tambo.

**JURISDICCIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE
RIEGO TAMBO-ALTO TAMBO**

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
Arequipa	Arequipa	La Joya Polobaya Yarabamba
	Islay	Cocachacra Dean Valdivia Islay, Mejía, Mollendo Punta de Bombon
Moquegua	General Sánchez Cerro	Chojata, Coalaque, Ichuña La Capilla, Lloque Matalaque, Omate Puquina, Quinistaquillas Ubiñas, Yunga
	Mariscal Nieto	Carumas Moquegua San Cristóbal Torata
Puno	Lampa	Santa Lucía
	Puno	Mañazo San Antonio Tiquillaca
	San Román	Cabanillas

Fuente: Evaluación y Ordenamiento Recursos Hídricos Cuenca Río Tambo"- IRH-INRENA- (Julio 2003)

La Administración Técnica del Distrito de Riego (ATDR) Tambo - Alto Tambo es la encargada de brindar el asesoramiento y apoyo técnico a las organizaciones de usuarios, de acuerdo al esquema de organización que se muestra en la figura 2

b) Juntas de Usuarios en el Valle del Tambo

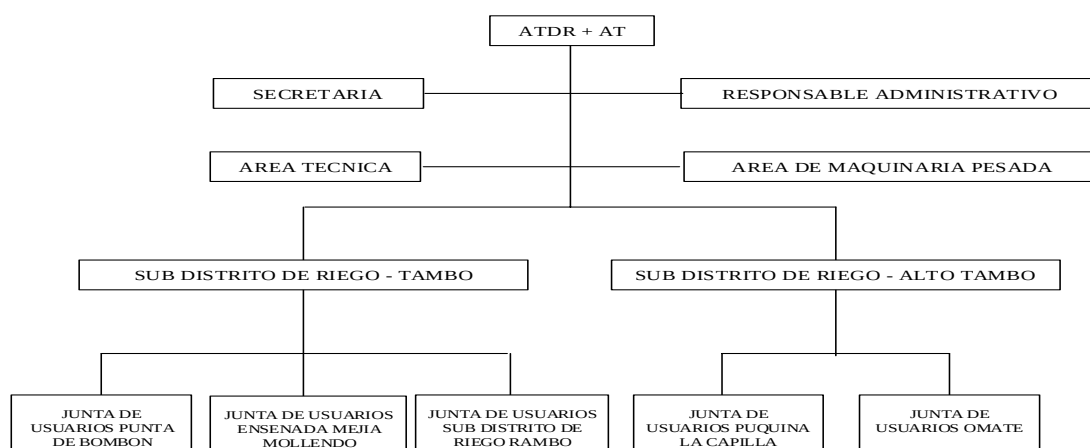
Los agricultores del Distrito de Riego Tambo - Alto Tambo se encuentran agrupados y organizados en 05 Juntas de Usuarios:

- La Junta de Usuarios de Tambo.

- La Junta de Usuarios Ensenada Mejía Mollendo.
- La Junta de Usuarios Punta de Bombón.
- La Junta de Usuarios Puquina La Capilla.
- La Junta de Usuarios Omate.

Las tres primeras Juntas de Usuarios: Tambo, Punta Bombón y Ensenada-Mejía-Mollendo son las directamente beneficiadas con el proyecto de Afianzamiento Hídrico, motivo del presente estudio y tienen como ámbito jurisdiccional el Valle de Tambo.

Figura 2



Estas tres juntas están integradas por 20 Comisiones de Regantes, con un total de 3 153 usuarios y una superficie bajo riego de 9 875 ha, divididas en 4 237 predios, obteniéndose de esta manera un promedio para el valle de 2.32 ha de tierras bajo riego por predio.

La Junta de Usuarios de Tambo está conformada por 13 Comisiones de Regantes con un total de 1 528 usuarios, los que conducen 5 062 ha bajo riego divididas en 2 018 predios, lo que arroja un promedio de 2.51 ha por predio.

La Junta de Usuarios Punta de Bombón, está conformada por 04 Comisiones de Regantes con un total de 1 039 usuarios y 2 350 ha bajo riego divididas en 1 483 predios, dando un promedio de 1.58 ha por predio.

Por último la Junta de Usuarios Ensenada Mejía Mollendo está conformada por 03 Comisiones de Regantes con un total de 586 usuarios y 2 424 ha bajo riego divididas en 736 predios, lo que determina un promedio de 3.29 ha por predio.

c) Operación y Mantenimiento del Embalse

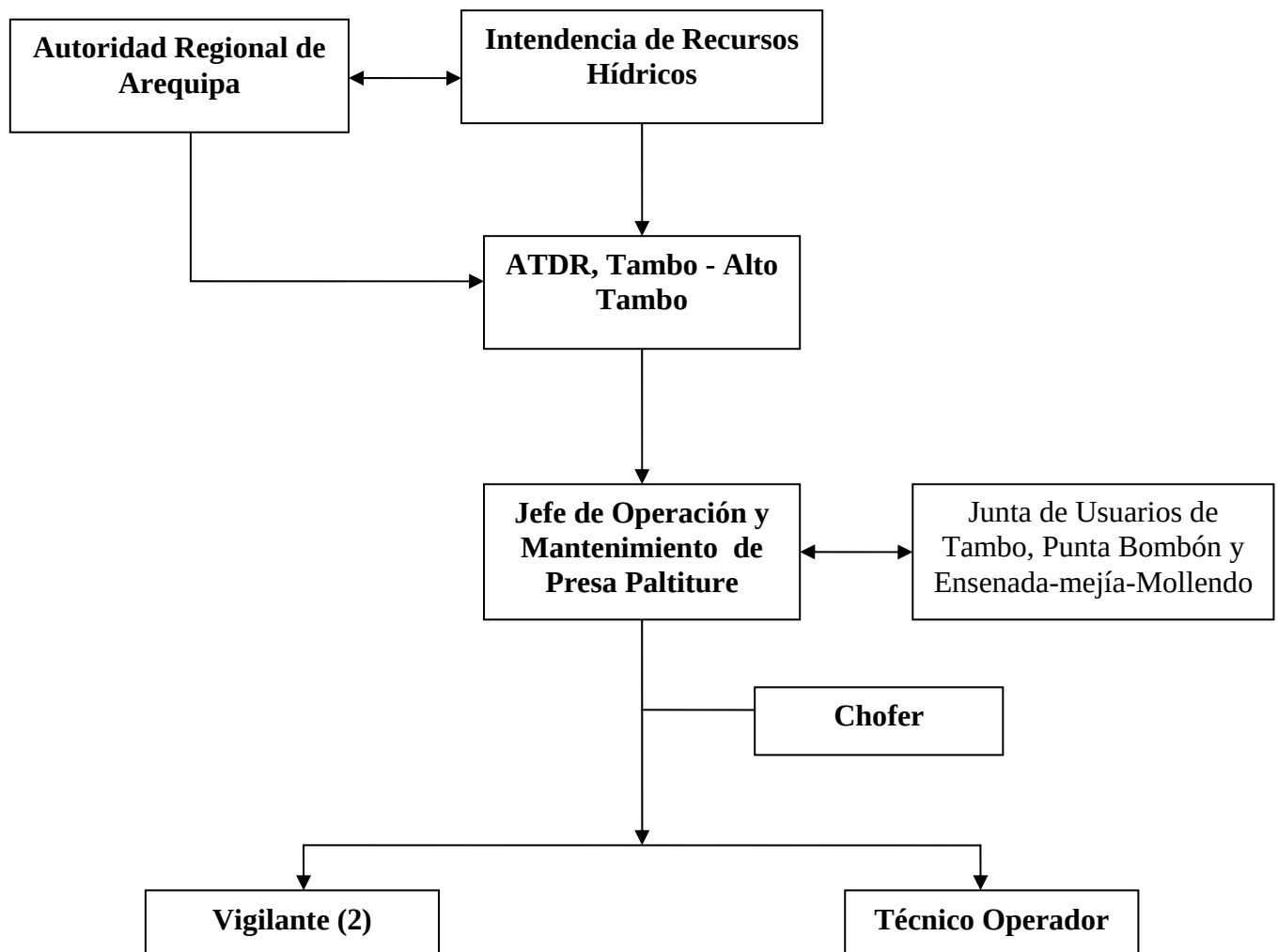
La operación y mantenimiento del embalse estará a cargo de la Administración Técnica del Distrito de Riego Tambo-Alto Tambo. Destacando al sitio de la presa el siguiente personal:

- Un técnico Operador de la compuerta de descarga, quien permanecerá en forma semi permanente en sitio de la presa, durante los meses de Octubre a Diciembre. El resto del año programará su

presencia en el sitio de presa, de acuerdo al plan de mantenimiento de los equipos y recolección de información instrumental del comportamiento de la presa y estado general de las instalaciones.

- Dos vigilantes (Uno de día y otro de noche), quienes permanecerán todos los días del año en el sitio de presa, realizando las labores que le asigne el técnico operador de la Presa.
- Un Chofer asignado al Técnico operador de la presa.

ORGANIGRAMA DEL PERSONAL RESPONSABLE DE LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA PRESA PALTITURE



d) Actividades básicas de Operación y Mantenimiento

➤ **Operación del Embalse**

- (i) El embalse normalmente permanecerá lleno por que la oferta de agua de la cuenca abastecedora al 75% de persistencia (101,81 MMC anual) supera largamente el volumen a ser descargado (13,5 MMC anual). El excedente automáticamente será evacuado por el aliviadero de emergencia, que funciona libremente, sin mecanismo de control que se tenga que operar, retornando al río Paltiture aguas abajo de la presa.
- (ii) En los meses deficitarios (Octubre a diciembre), de acuerdo al balance hídrico, además de evacuar los aportes del mes se debe evacuar parte del volumen útil, de acuerdo al siguiente cuadro:

Caudales de operación del embalse Paltiture, en los meses deficitarios, calculado para el año medio con 75% de persistencia

	Octubre	Noviembre	Diciembre
Aporte de la cuenca al reservorio (MMC)	2,28	2,93	2,76
Déficit atendido con el volumen útil del embalse (MMC)	4.53	1,37	7,58
Volumen total a ser descargado de la presa (MMC)	6,81	4,30	10,34
Caudal promedio total de descarga (m ³ /s)	2,54	1,66	3,86

- (iii) En los años secos, los caudales de descarga de la presa, en los meses deficitarios, disminuirán en proporción al menor aporte de la cuenca en cada uno de dichos meses, así como de la demanda real de los cultivos, calculado específicamente para dicho año, lo único que si estará asegurado será el volumen útil (13,5 MMC total).
- (iv) En los años húmedos, el caudal a descargar de la presa en los meses de Octubre a diciembre dependerá de la demanda real en dichos meses, pudiendo ser el caso que no se requiera utilizar el volumen útil del embalse.
- (v) La estructura de descarga de la presa se inicia en un ducto, en cuya entrada se ha proyectado la instalación de una compuerta metálica. La compuerta dispone de un mecanismo de izaje, operado desde la corona de la presa, por medio manual-hidráulico. El constructor calibrará la operación de la compuerta, definiendo posición de compuerta VS caudal de descarga (Para distintas cargas hidráulicas)
- (vi) El agua que pasa la compuerta es conducida por un ducto hacia el túnel de descarga-aliviadero.

➤ **Mantenimiento de la Presa y obras Conexas**

- (i) Mantener permanentemente limpio pero engrasado el sistema mecánico de izaje.
- (ii) Inspeccionar regularmente el estado de conservación de la estructura de evacuación de excedentes, con el propósito de reparar oportunamente el desgaste por erosión. En el extremo de descarga al río, se debe verificar que el enrocado de protección contra la socavación de la obra de concreto se mantenga estable.
- (iii) Por las características mecánicas del subsuelo, se espera que se produzca un asentamiento de la presa, lo cual será absorbido normalmente por los espaldones, materiales de transición y filtro, sin embargo el núcleo construido con material fino impermeable y compactado al 95% Proctor estándar, podría presentar fisuras, lo cual si bien no pondría en riesgo la estabilidad de la presa, debe ser reparado, sellándolas con bentonita.
- (iv) Los equipos e instalaciones eléctricas en el sitio de presa, para la operación de la presa, las Oficina-habitación del operador de la presa y para uso en el pueblo de Tolapalca, debe recibir un mantenimiento regular.
- (v) Finalmente es necesario prever el mantenimiento regular de la Oficina-Habitación.

e) Financiamiento de la operación y Mantenimiento de la Presa y Obras conexas

De acuerdo a ley, corresponde a los usuarios del valle de Tambo, financiar mediante una tarifa especial, el costo total de la Operación y Mantenimiento de la Presa y obras conexas. Con este propósito los Usuarios están obligados a firmar un compromiso de pagar regularmente una tarifa específica, cuyo monto de acuerdo al presupuesto que se adjunta sería del orden de S/. 32,44 por hectárea irrigada al año.

f) Presupuesto anual de Operación y mantenimiento de la Presa Paltiture

En el cuadro que se adjunta, se presenta un estimado de los costos de operación y mantenimiento rutinario de la presa y obras conexas de la misma. No se incluye reparaciones mayores que podría ser necesario durante la vida útil de la presa, para lo cual sería necesario realizar aportes excepcionales que se determinarán en su oportunidad, en función de los trabajos requeridos.

Presupuesto anual de la Operación y Mantenimiento de la Presa Paltiture

Concepto de gasto	Unidad	Cantidad	Costo en Nuevos soles	
			Unitario	Total
1. Honorarios de personal				
1.1 Ing. Jefe de OyM (Tiempo Parcial)	Mes	4	4 000	16 000
1.2 Técnico de Operación de la Presa	Mes	12	2 500	30 000
1.3 Vigilantes (uno diurno y otro Nocturno)	Mes	2 x 12	1 200	28 800
1.4 Chofer	mes	12	1 500	18 000
Sub Total honorarios				92 800
Beneficios sociales (40%)				37 120
2. Viáticos y pasajes		SG		20 000
3. Equipo de Transporte				
1 camioneta Pic Up 4x4	mes	12	2 000	24 000
4. Servicios varios				
4.1 Mantenimiento de caminos (75 Km)		SG		90 000
4.2 Mantenimiento de Oficina de OyM	mes	12	150	1 800
4.3 Mantenimiento de Equipo Hidromecánico		SG		3 000
4.4 Mantenimiento de compuertas		SG		1 000
4.5 Mantenimiento de Presa y Aliviadero		SG		35 000
5. Materiales Combustibles y Lubricantes				
5.1 Del Vehículo de transporte	mes	12	800	9 600
5.2 De los equipos de Presa y Oficina	mes	12	500	6 000
Total general por año				320 320