



"PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO "

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EIAS) BO-T1158-SN3



SECCION 6

ANALISIS DE ALTERNATIVAS



Centro Profesional Multidisciplinario



PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EIAS)

BO-T1158-SN3

SECCION 6 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

CONTENIDO

6	ANALISIS DE ALTERNATIVAS	2
6.1	ANTECEDENTES	2
6.2	ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA	3
6.2.1	Resultados del Plan Maestro Metropolitano	3
6.2.2	Lago Titicaca como fuente de agua potable	6
6.2.3	Resultados del Estudio de Identificación	7
6.3	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PRESAS	11
6.3.1	Presa de Khotia Khota	11
6.3.2	Presa de Taypichaca	13
6.3.3	Análisis ambiental por alternativa de tipo de presas	15
6.4	ÁREA DE INUNDACIÓN	16
6.5	NIVELES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE OPERACIÓN DEL EMBALSE	17
6.5.1	Presa Taypichaca	17
6.5.2	Presa Khotia Khota	18
6.6	ANÁLISIS AMBIENTAL POR AREA DE INUNDACION Y NIVELES DE ALTURA DE PRESA	19
6.6.1	Análisis Ambiental	19
6.6.2	Análisis Social	20
6.7	ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	21
6.8	ANÁLISIS AMBIENTAL POR TIPO DE TRATAMIENTO AGUA POTABLE	23
6.9	ALTERNATIVAS PLANTEADAS PARA LA ADUCCIÓN	23
6.9.1	Diámetro de tubería	23
6.9.2	Alternativas planteadas para el trazado de las conducciones	24
6.10	ANÁLISIS AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS DE TRAZADO DE ADUCCIÓN	25
6.10.1	Análisis Ambiental	25
6.10.2	Análisis Social	26
6.11	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS AGUA POTABLE 13 COMUNIDADES	26
6.11.1	Identificación de fuentes de agua	26
6.11.2	Descripción de alternativas	27
6.12	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y ELECCIÓN	29
6.13	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS - COMPONENTE RIEGO	30



PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EIAS)

BO-T1158-SN3

SECCION 6

6 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

6.1 ANTECEDENTES

Los Lineamientos de Implementación de la Política de Medio Ambiente y Cumplimiento de Salvaguardias del BID requieren que el proceso de evaluación de impactos incluya el examen de alternativas, en las que se incluye como opción la alternativa sin proyecto. Además establecen que el EIAS esté respaldado por los análisis económicos de las alternativas al proyecto.

El análisis de alternativas de la EIA tiene por objeto incorporar consideraciones ambientales y sociales en las etapas iniciales de la planificación del desarrollo—identificación del proyecto y otros pasos previos—así como en las etapas posteriores de selección del lugar, diseño e implementación. La inclusión de los aspectos ambientales y sociales en las primeras etapas puede revelar opciones alternativas y formas de lograr los mismos objetivos del proyecto que sean eficientes en función de los costos y en las que los costos ambientales y sociales (medidos bien sea por la gravedad de los impactos o por lo que cuestan las medidas para mitigarlos) sean menores. La incorporación del análisis de diseños alternativos en la modalidad de consulta también ofrece antecedentes a las comunidades afectadas y a otros grupos de interés respecto de decisiones relacionadas con la ubicación, el tamaño y la tecnología del proyecto propuesto.

Los Términos de Referencia específicos preparados por el BID para el presente EEIAS requieren la presentación de alternativas y la descripción y justificación de la propuesta técnica seleccionada para el Proyecto. Además, requieren el análisis de alternativas estudiadas para el desarrollo de las obras, alternativas tecnológicas, métodos de construcción y selección del equipamiento. Con base en información secundaria se deben analizar al menos dos alternativas en cada caso, enfatizando en cada caso la alternativa de menor afectación a las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto, para la optimización de uso del recurso. Finalmente, se debe presentar el análisis de las alternativas para las obras de toma y conducciones de agua represada con la justificación de la alternativa seleccionada de ubicación, tamaño y altura de presa



6.2 ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA

6.2.1 Resultados del Plan Maestro Metropolitano

Según el Informe Especial de Recursos Hídricos del Plan Maestro Metropolitano ¹ actualmente el operador principal de las ciudades de La Paz y El Alto, denominado EPSAS tiene como fuentes de agua superficial a Siete cuencas emplazadas sobre la Cordillera de Los Andes, en la porción denominada Cordillera de La Paz, al nor - nor oeste de la mancha urbana conformada por ambas ciudades.

En el caso de las cuencas de Huayna Potosí y Choqueyapu se cuenta con obras de toma, que captan el agua de sus cursos principales y las conducen hacia la represa de Tuni y hacia la planta de tratamiento de agua potable de Achachicala, respectivamente.

Tabla 6.2-1: Cuencas en aprovechamiento, EPSAS

Cuenca Área	km ²
Condoriri	19,57
Tuni	17,16
Huayna Potosí Oeste	50,47
Milluni	59,49
Kaluyo - Choqueyapu	108,00
Incachaca	34,63
Hampaturi	59,39

Fuente: Plan Maestro Metropolitano con valores de (Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994; Olmos C. 2011; PRAA 2012).

En relación a las fuentes de Agua Subterránea, se tiene el campo de pozos Tilata que cuenta con una batería de 30 pozos se encuentra en el acuífero Purapurani, que viene siendo aprovechado desde 1989, dando servicio a las zonas de expansión de la parte sur – oeste de la ciudad de El Alto.

Este acuífero, a través de la batería de pozos Tilata, abastece al 20% de la ciudad de El Alto ya un porcentaje desconocido de la misma ciudad de El Alto y La Paz a través de pozos municipales, privados y captación de manantiales distribuidos a lo largo de la ladera oeste respectivamente.

El Sistema Acuífero Purapurani se encuentra dentro de la Cuenca hidrográfica del Río Katari y tiene una superficie aproximada de 371 Km².

Según el análisis establecido por el Plan Maestro Metropolitano la provisión del Sistema Metropolitano, tanto las cuencas de actual explotación, como las de potencial empleo a futuro tienen sus nacientes en la Cordillera de Los Andes, en la zona denominada, Cordillera de La Paz.

Dentro del marco del periodo de planificación del Plan Maestro Metropolitano de Agua Potable y Saneamiento La Paz – El Alto, se prevé la ampliación de la oferta de agua cruda, con este motivo se han analizado los potenciales hídricos de cuencas vecinas a las

¹Plan Maestro Metropolitano de Agua potable y Saneamiento, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Enero de 2014.



anteriores, según el siguiente detalle:

Sistema El Alto (Nuevo Sistema San Roque):

- ✓ KharaKhota
- ✓ KulluKachi
- ✓ Janchallani
- ✓ Jachawaquiña
- ✓ Sistema Achachicala (Apoyo El Alto, Tilata)
- ✓ Jankho Khota (Independiente de Milluni)

Sistema El Alto (Apoyo Tilata):

- ✓ Chojlla Jipiña
- ✓ Kelluani
- ✓ Nuevo Sistema Chuquiaguillo:
- ✓ Huari Pampa
- ✓ Khisa Patilla
- ✓ Amillanis
- ✓ Encantuni

Sistema Pampahasi:

- ✓ Palcoma

Sistema Pampahasi (Nuevo Sistema Ovejuyo):

- ✓ ChojñaKhota

Cabe señalar que las anteriormente listadas son las cuencas de principal análisis, mismas que engloban, según la necesidad del análisis, subcuencas que son claves para la gestión del recurso agua de la zona Metropolitana.

La disponibilidad del recurso agua para cubrir la demanda de agua por parte de la población hasta el año 2036, se muestra en el esquema de la siguiente tabla; en la misma se proponen las fuentes según la demanda en cada periodo y las obras que serían necesarias implementar.

Tabla 6.2-2 Fuentes de agua – Sistema El Alto

AÑO	DEMANDA (hm ³ /Año)	OFERTA				
		Fuentes	Total Bruto	Presa / Potencial	Limitación Aducción	Total Neto (hm ³ /Año)
2011	31,29	8. Tuni	29,385	95,20%	27,75	27,75
		1. Milluni	22,84	87,61%		3,15
		10. Pozos Tilata (Líneas A y B)	7,69	77,68%		0,44
		13. Kelluani (Vía El Alto para Tilata)	0,00			0,00
		14. Chojlla Jipiña (Vía Kelluani)	0,00			0,00
		Total.-	59,92			31,34
2023	43,74	8. Tuni	28,85	95,20%	27,75	27,46
		9. Proyecto Multipropósito (San Roque) 1.000 [l/s]	28,38	100%		15,04
		1. Milluni	22,51	87,61%		4,00
		13. Kelluani (Vía El Alto para Tilata)	0,00			4,14
		14. Chojlla Jipiña (Vía Kelluani)	0,00			11,20
		Total.-	79,74			43,88
2036	66,62	8. Tuni	28,26	95,20%	27,75	26,91
		9. Proyecto Multipropósito (San Roque) 1.000 [l/s]	28,38	100,00%		30,91
		1a. Milluni con Jankho Khota Construida	22,16	97,50%		21,50
		13. Kelluani (Vía El Alto para Tilata)	4,94	90,00%		4,14
		14. Chojlla Jipiña (Vía Kelluani)	11,95			11,20
		Total.-	95,70			92,12

Fuente: Plan Maestro Metropolitano de Agua potable y Saneamiento, 2014

En cuanto al aprovechamiento de las cuencas de Kellhuani (Municipio de El Alto) y Chojña Jipiña (Municipio de Pucarani) es importante señalar que una vez definidas estas cuencas como potenciales abastecedoras de agua se realizó un acercamiento con autoridades de las comunidades que están ubicadas en estas cuencas y los requerimientos de estas poblaciones son principalmente acceder a servicios de agua potable y saneamiento pero además debido a las actividades económicas que desarrollan también demandan contar con proyectos de riego para mejorar su producción, por otra parte también se dedican a la ganadería, por ello demandan bebederos para sus animales.

Para el caso de las dos comunidades ubicadas en la cuenca de Kellhuani (Milluni Bajo y El Ingenio), el área en la que se proyecta construir la represa está definida por las mismas comunidades e incluidas en su regularización de derecho propietario que están gestionando en el INRA, por otra parte toda esta área es de producción y pastoreo de sus animales, por ello demandan que por el uso de la fuente se considere que estas dos comunidades accedan a agua potable, saneamiento, bebederos para sus animales y riego para mejorar sus cultivos. Esta captación es viable.

Para el caso de las comunidades de la cuenca Chojña Jipiña son 19 comunidades (Villa Andino, Litoral, Condoriri, Machacamarka, Palcoco, Viruyo, Sehuena, Chiarpata, Caviña, Oquetiti, Chipamaya, Chaucha, Pampa Kallu, Pucarani Pueblo, Kota Kota, Chojña Khollo, JancoKala, Lincu Puncu, Catarí) que solicitan ser incluidas como parte de la cuenca, por ello demandan acceder a servicios de agua potable y saneamiento para todas las comunidades además de proyectos de riego para mejorar su producción. Esta captación es poco viable dados los antecedentes en cuanto a la captación de otras fuentes que

están ubicadas en la jurisdicción del Municipio de Pucarani, como es la de Tuni Condoriri, que no considero las necesidades que tenían estas poblaciones en cuanto al uso del agua.

6.2.2 Lago Titicaca como fuente de agua potable

Como se observa en el anterior acápite, el Plan Maestro Metropolitano, no consideró como alternativa la provisión de agua del Lago Titicaca u otros ríos más alejados de la metrópoli.

Según comunicación personal del Especialista ambiental del indicado Plan Maestro, refirió que no se consideró la alternativa de provisión de agua potable con fuente del Lago Titicaca, debido a que con las fuentes analizadas (de la Cordillera) resultaba suficiente el caudal de oferta para la población futura considerada, según lo que se demuestra en la tabla 2.2, donde la demanda de la ciudad de El Alto para el año 2036 asciende a 66,62 Hm³/año y la oferta de agua estimada (incluido el proyecto multipropósito) es de 92,12 Hm³/año.

Adicionalmente, se presenta a continuación, referencias de algunas limitaciones que se deben considerar al momento de establecer como posible fuente de agua al lago Titicaca..

6.2.2.1 Calidad de agua

En la gestión 2011, se realizó el estudio “DISEÑOS FINALES MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO SANITARIO, PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS EFLUENTES PARA LAS LOCALIDADES DE COPACABANA, SAN PEDRO Y SAN PABLO DE TIQUINA”, (CPM, 2011), dicho informe indica que, considerando las alternativas a ser planteadas se realizó la toma de tres (3) muestras de las fuentes en estudio, una en la localidad de Copacabana, una segunda en la localidad de San Pedro de Tiquina y la tercera en la localidad de San Pablo de Tiquina, remitiéndose las mismas para su análisis físico químico y bacteriológico remitiéndose las mismas para su análisis físico químico y bacteriológico completo al laboratorio del Instituto de Ingeniería Sanitario de la UMSA, cuya interpretación de acuerdo con la Norma Boliviana NB 512 nos arroja los siguientes resultados, mismos que se encuentran fuera de la Norma boliviana para agua potable:

Tabla 6.2-3 Calidad de agua – Lago Titicaca

Parámetro	Unidad	Muestra 1 Copacabana	Muestra 2 San Pedro de Tiquina	Muestra 3 San Pablo de Tiquina	Norma Boliviana NB 512
Sólidos disueltos	mg/lt		1.013,00	1.011,00	1.000,00
pH			9,05		6,5 a 9,0
Conductividad	uS/cm			1.515,40	1.500,00
Cloruros	mgCL/l	254,92	257,42	259,92	250,00

Fuente: CPM, 2011

Con base a estos resultados, se consideró que la forma de utilizar agua del Lago Titicaca para fines de provisión de agua potable, es la mezcla con aguas provenientes de fuentes superficiales (vertientes) en una proporción de 70 % agua de lago y 30 % agua de vertientes, a fin de que los citados parámetros por dilución ingresen en los límites de la

Norma Boliviana para agua potable.

6.2.2.2 Diferencia de altitud

El lago Titicaca en el sector de Puerto Perez tiene una altitud de 3879 metros sobre el nivel del mar, la PTAP Bajo Milluni que es la alternativa determinada para tratamiento de agua y nivel de distribución se encuentra a 4170 metros sobre el nivel del mar, por consiguiente se tiene un desnivel negativo de 291 metros, que se tendría que vencer mediante bombeo.

6.2.3 Resultados del Estudio de Identificación

El desarrollo del proyecto ha comprendido varias fases. La primera, se inició con la elaboración de un Estudio de Identificación (EI) liderado y supervisado directamente por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). El objetivo del mismo fue el de analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de diferentes alternativas de abastecimiento de agua para la ciudad de El Alto, tomando como referencia las cuencas ubicadas en la Cordillera Real (Oriental) cercanas al área Metropolitana de La Paz y El Alto, tales como: Jacha Jahuira, Khullu Cachi, Janchalani, Jacha Waquiwiña, Condoriri, Tuni, Huayna Potosí, Chojlla Jipiña y microcuencas de Milluni y Choqueyapu.

Como resultado de este análisis IC-Rimac planteo 4 alternativas (Las Alternativas 1, 2 y 3 cuentan con tres variantes cada una) que cumplen el objetivo del proyecto multipropósito, según el siguiente detalle:

Alternativa N° 1: Proyecto Jacha Jahuira - Lincu Jahuira, considera abastecer con 30,75 Hm³ de agua para consumo humano en la ciudad de El Alto.

- ✓ Variante N° 1: Ampliación presa de regulación almacenamiento Khara Khota y presa de regulación y almacenamiento cuenca Khullu Cachi (Taypichaca), sistema de aducción Khara Khota – Taypichaca – PTAP El Alto.
- ✓ Variante N° 2: Nueva presa de regulación almacenamiento Khotia Khota y presa de regulación y almacenamiento cuenca Khullu Cachi (Taypichaca), sistema de aducción Khotia – Taypichaca – PTAP El Alto.
- ✓ Variante N° 3: Nueva presa de regulación almacenamiento Hichu Khota y presa de regulación y almacenamiento cuenca Khullu Cachi (Taypichaca), sistema de aducción Khara Khota – Taypichaca – PTAP El Alto.

Alternativa N° 2: Ampliación presa de regulación almacenamiento cuenca Khullu Cachi (Taypichaca), presa derivadora Janchalani, sistema de aducción Janchalani – embalse Taypichaca, presa derivadora Jacha Waquiwiña, sistema de aducción Jacha Waquiwiña – embalse Taypichaca, sistema de aducción embalse Taypichaca – PTAP El Alto 2.

- ✓ Variante N° 1: Ampliación presa de regulación almacenamiento Taypichaca, presa derivadora Janchalani, sistema de aducción Janchalani – embalse Taypichaca, presa derivadora Jacha Waquiwiña, sistema de aducción Jacha Waquiwiña – embalse Taypichaca, sistema de aducción embalse Taypichaca – PTAP El Alto.
- ✓ Variante N° 2: Nueva presa de regulación almacenamiento Linku Punku (cuenca Khullu Cachi), presa derivadora Janchalani, sistema de aducción Janchalani – embalse Linku Punku, presa derivadora Jacha Waquiwiña, sistema de aducción Jacha Waquiwiña – embalse Linku Punku, sistema de aducción embalse Linku



Punku – PTAP El Alto.

- ✓ Variante N° 3: Nueva presa de regulación almacenamiento Allka Khota (cuenca Khullu Cachi), presa derivadora Janchalani, sistema de aducción Janchalani – embalse Allka Khota, presa derivadora Jacha Waquiwiña, sistema de aducción Jacha Waquiwiña – embalse Allka Khota, sistema de aducción embalse Allka Khota – PTAP El Alto.

Alternativa N° 3: Presa Kaluyo, considera abastecer con 13,10 Hm³ de agua para consumo humano en la ciudad de La Paz posibilitando que aguas del sistema Milluni se queden en la PTAP de Alto Lima.

- ✓ Variante N° 1: Presa de regulación almacenamiento Kaluyo, obra de toma sobre el río Chacaltaya, canal de trasvase Chacaltaya - Kaluyo, sistema de aducción presa Kaluyo – PTAP Achachicala. Toma tirolesa sobre el río Choqueyapu.
- ✓ Variante N° 2: Presa de regulación almacenamiento Estuquería, sistema de aducción presa Estuquería – PTAP Achachicala. Toma tirolesa sobre el río Choqueyapu.
- ✓ Variante N° 3: Presa de regulación almacenamiento Pararani, sistema de aducción presa Pararani – PTAP Achachicala. Toma tirolesa sobre río Choqueyapu.

Alternativa N° 4: Presa de regulación almacenamiento Janko Khota, revestimiento del sistema de aducción Janko Khota – Milluni. PTAP Alto lima. Considera abastecer con 5,1 Hm³ de agua para consumo humano en la ciudad de El Alto Sus elementos estructurales son:

- ✓ Presa Janko Khota
- ✓ Sistema de aducción Janko Khota – Milluni
- ✓ Sistema de aducción Milluni – PTAP Alto Lima

Para fines de evaluación técnica, social y económica – financiera, se consideraron las siguientes alternativas:

- ✓ Alternativa 1 - Variante 2, se denomina proyecto Jacha Jahuirra y Lincu Jahuirra
- ✓ Alternativa N° 3 - Variante N° 1, Presa Kaluyo
- ✓ Alternativa N° 4, Presa Janko Khota

La alternativa de "no acción" implicaría la continuación de las trayectorias actuales y un futuro déficit hídrico debido al crecimiento de la población de la ciudad de El Alto, con el consecuente aumento en la demanda para agua potable y la reducción del aporte de agua por efectos del cambio climático. Esta alternativa es técnica y socialmente inviable por lo que ha sido descartada por la sociedad civil y el Gobierno de Bolivia; por ende, no es considerada en el siguiente análisis de alternativas.

Los resultados del análisis de dichas alternativas se presenta a continuación.

6.2.3.1 Evaluación técnica

La infraestructura de las tres alternativas analizadas es factible en términos técnicos, en el país se cuenta con el conocimiento tecnológico para la construcción de la infraestructura propuesta en cada una de las alternativas, son tecnologías conocidas y existen varias empresas privadas que han ejecutado este tipo de obras en el país por lo que no se

prevén problemas en cuanto a la provisión de estos servicios y de los diferentes materiales que se usan en su construcción.

Es evidente que técnicamente en términos de cantidad de agua que pueden ofertar cada una de las alternativas la Alternativa N°1 del proyecto Jacha Jahuira - Lincu Jahuira es fundamental para el objetivo del proyecto que es el abastecimiento de agua potable a la ciudad de El Alto, la Alternativa N° 3 es importante e imprescindible y la Alternativa N° 4 es necesaria y complementaria para el objetivo del proyecto.

6.2.3.2 Evaluación social

Del análisis social realizado se concluye que las tres alternativas presentan dificultades sociales, éstas tienen su raíz principalmente en principios socio políticos referentes a derechos de los pueblos originarios sobre las cuencas y su interpretación sesgada de la Constitución Política del Estado.

Desde este punto de vista social es evidente que la Alternativa N° 4: presa Jankho Khota es la que menos problemas sociales presenta, le sigue la Alternativa N° 1: proyecto Jacha Jahuira - Lincu Jahuira y por último se tiene a la Alternativa N° 3: presa Kaluyo, sin embargo es muy difícil determinar cuál de estas dos últimas le precede a la otra por su casi igual complejidad social, en esta categoría se elige a la Alternativa N° 3 como más desventajosa por el relativo bajo poder de movilización de bases y por su proximidad a la ciudad, sin embargo si a esto hay que sumarle la “pasividad” del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz que es quien debería pedir agua y no lo hace, se decide que la Alternativa N° 3 ocupe el lugar con mayores dificultades sociales.

6.2.3.3 Evaluación ambiental

Las alternativas del proyecto fueron evaluadas desde el punto de vista ambiental siguiendo los siguientes criterios:

- ✓ La categorización emitida por la Autoridad Ambiental Competente (AC)
- ✓ El análisis de sensibilidad ambiental
- ✓ El análisis de riesgo ambiental

Tabla 6.2-4 Valoración ambiental sobre la viabilidad del proyecto

Alternativa	Categorización AC	Sensibilidad ambiental	Riesgo ambiental	Resiliencia	Viabilidad
Alternativa 1: Proyecto Jacha Jahuira - Lincu Punku	2	5 baja	3 moderado	-3 media	Viable
Alternativa 3: Proyecto presa Kaluyo	2	8 Muy alta	4 grave	-5 Baja	Viable
Alternativa 4: Proyecto presa Jankho Khota	2	4 Baja	2 leve	-2 Aceptable/media	Viable

Fuente: Estudio de Identificación (IC-Rimac,2013)

De la evaluación ambiental realizada a las tres Alternativas se concluye que la Alternativa N° 4: presa Jankho Khota presenta la mejor valoración ambiental, seguida de la Alternativa N° 1: Proyecto Jacha Jahuira - Lincu Jahuira y finalmente tenemos a la Alternativa N° 3: Presa Kaluyo con la valoración ambiental más baja.

6.2.3.4 Evaluación económica financiera

A continuación se presentan los resultados de la evaluación financiera y socio-económica de las tres alternativas según el escenario de entrada de agua más factible. Estos escenarios corresponden a una situación inicial en términos costo – beneficio.

Tabla 6.2-5 Resultados de la evaluación financiera y socio económica de las tres alternativas (IC-RIMAC, 2013)

Evaluación basada en FNE Privado	Jacha Jahuira - Lincu Jahuira Escenario 1		Kaluyo Escenario 2 y 3		Jankho Khota Escenario 3	
	Privado	Social	Privado	Social	Privado	Social
VAN	-34.979.368	-46.716,279	-4.695.962	-9.295.598	-6.101.610	-13.530.169
TIR	6,31%	4,96%	10,53%	8,67%	7,11%	0,73%
RBC	1,12	1,11	1,12	1,10	1,04	1,00
VAE	-4.566.384	-6.036.748	-613.035	-1.201.191	-796.535	-1.748.389
Evaluación basada en costos						
VAC	213.870.138	179.419.199	193.403.205	160.688.626	192.098.557	159.644.795
CAE	27.919.690	23.184.820	25.247.833	20.764.427	25.077.518	20.629.542
ICE	64		51		128	

Fuente: Estudio de Identificación (IC-Rimac, 2013)

En términos comparativos, si es que se tiene que elegir cual alternativa a construir, desde un punto de vista financiero y socio económico, se tendría que dar prioridad en la construcción a la alternativa del proyecto Kaluyo. Es la más rentable con el 10,53%. En términos de magnitud, es el proyecto Jacha Jahuira - Lincu Jahuira reporta el VAN más negativo. Una de las ventajas del VAN es que justamente permite distinguir la magnitud de los proyectos con inversión pública. Sin embargo, también se debe considerar que el proyecto Jacha Jahuira - Lincu Jahuira genera un impacto más integral puesto que se considera el componente de riego y la generación de energía eléctrica.

Desde otra perspectiva, en el caso del proyecto Jacha Jahuira - Lincu Jahuira se logra un rendimiento de aproximadamente 6 millones de dólares sobre la inversión (6,31%). En el caso del proyecto Kaluyo, la tasa de retorno de las inversiones simplemente logra alcanzar a 2,8 millones de dólares (10,53%). En el caso del proyecto Jankho Khota, el rendimiento en términos monetarios es de 1.500.234 \$us. Si se considera la relación beneficio costo, un dólar invertido en la iniciativa Jacha Jahuira - Lincu Jahuira da un retorno de 0,12 \$us. En los otros casos es menor. Por eso, si bien la tasa de retorno del proyecto Kaluyo es mayor, si se considera la magnitud de las inversiones y los ingresos, el proyecto Jacha Jahuira - Lincu Jahuira sería el más rentable.

Ahora bien, en el caso de la evaluación basada en los costos, el Índice Costo Eficiencia (ICE), refleja que la alternativa más viable sería el proyecto Kaluyo, puesto que repercute en un costo por beneficiario menor que los otros dos casos, el cual es de 51 \$us/beneficiario. Sin embargo, la diferencia entre la alternativa Jacha Jahuira - Lincu Jahuira y el proyecto Kaluyo es mínima la cual es de 13 \$us. El ICE del proyecto Jankho Khota es mucho mayor que las otras alternativas. Desde este punto de vista y comparativamente no se justificaría esta inversión por el reducido número de beneficiarios que tiene. De igual forma observamos que las alternativas planteadas en el Estudio de Identificación se mantienen en la Cordillera de Los Andes, teniendo como límite la cuenca del río Jacha Jahuira.



6.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PRESAS

En el presente apartado se analizan las alternativas consideradas en los diseños presentados por Prointec en el marco de elaboración del Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental del Proyecto MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO

6.3.1 Presa de Khotia Khota²

6.3.1.1 Criterios de diseño

En el Estudio de Identificación se ha planteado una presa de hormigón. La morfología de la cerrada, y lo estrecho del barranco en el que se encaja, aconsejan, en principio, la adopción de esta tipología. Por otra parte, con las reservas necesarias y a falta de un estudio más profundo de la geotecnia de la cerrada, no parece que ésta vaya a presentar problemas de falta de competencia para soportar las tensiones transmitidas por una presa de gravedad.

6.3.1.2 Condicionantes básicos

La cerrada de la presa se localiza aguas arriba de la rápida del desagüe de la laguna Khotia, que discurre en una grieta del macizo rocoso.

La localización del eje de la presa se ha realizado principalmente observando las condiciones topográficas de la cerrada, buscando los menores volúmenes de obra.

Aguas abajo de la nueva presa se sitúa la presa existente de Khara Khota. Ambas presas deberán cubrir las demandas de agua potable y riego de la zona.

Los criterios básicos iniciales de proyecto establecen que el sistema Khara Khota–KhotiaKhota debe cubrir una demanda total de 27,59 Hm³. Para ello, se impone como condicionante que el volumen mínimo de almacenamiento de la presa de Khotia Khota debe ser de 6,62 Hm³.

6.3.1.3 Condicionantes geológicos

La localización prevista para la presa corresponde al punto de mayor encajamiento del barranco, y de laderas más escarpadas y próximas.

El reconocimiento geológico efectuado indica que las laderas y la cerrada están formadas por rocas paleozoicas de edad Silúrica, son pizarras metamórficas de color gris oscuro. La roca se encuentra poco fracturada y ofrece condiciones favorables para la fundación de la presa.

Las condiciones del cimientto permiten, con la reserva necesaria que obliga a adoptar la escasez de estudios geológicos y geotécnicos más profundos, analizar la posibilidad de realizar una presa de hormigón de gravedad.

² Primer_Informe_v04, Prointec, 2013



6.3.1.4 Alternativas planteadas

En el presente estudio, además de la solución de hormigón, se ha apuntado otra solución alternativa con el fin de analizar su viabilidad. Se ha considerado una tipología de materiales sueltos y homogéneos. Esta opción cuenta con el inconveniente de la escasez de materiales en la zona, por lo que para la valoración de la obra se ha supuesto que las tierras utilizadas son procedentes de canteras. Se ha desechado la solución de hormigón compactado por no presentar ventajas constructivas significativas en una cerrada tan estrecha.

6.3.1.5 Presa de gravedad de hormigón

Se propone una tipología de presa de gravedad con un talud aguas arriba de 0,05:1 y aguas abajo de 0,80:1, con un vertedero central de 6 m de longitud.

Es de planta recta con una altura máxima sobre cimiento de 8,2 metros y longitud de coronamiento de 95,8 metros.

A falta de un estudio más detallado de la cerrada, en principio, se considera apta para soportar los esfuerzos que transmitirá una presa de esta tipología. Para la valoración de las obras se ha contemplado una excavación mínima de los 3 metros superficiales del cimiento.

Las características más significativas de la presa son las siguientes:

Tabla 6.3-1 Khotia Khota - Niveles y volúmenes de la presa de hormigón

Alturas y volumen	Presa de fabrica
Nivel de vertedero NAN	4.490,00
Nivel de coronamiento	4.491,50
Nivel de toma (embalse muerto)	4.486,00
Nivel mínimo de operación	4.487,00
Cota mínima de cimentación	4.485,00
Volumen de embalse	8,6 Hm3
Volumen de hormigón	3.808,00 m3
Volumen de excavación	2.160,00 m3

6.3.1.6 Presa de materiales sueltos homogénea

La presa de tierras, con núcleo impermeable o todo uno, presenta el inconveniente de la ausencia de materiales impermeables en la zona, por lo que sería preciso sutransporte desde canteras cercanas, habiéndose considerado esta circunstancia en la valoración de la alternativa.

Se propone una tipología de presa de materiales sueltos homogénea con un talud aguas arriba de 3,00:1 y aguas abajo de 2,50:1, con un vertedero lateral de 6.00 m de longitud.

En las presas de materiales sueltos debe evitarse el vertido por coronación, por lo que en este caso, se ha elevado la cota de coronación 0,50 m, de manera que se aumente el resguardo.



La longitud de coronación es de 87,50 metros, y el ancho total de la misma es de 6,00 metros, con una calzada de 4,00 metros y aceras a cada lado de 1,00 metro de anchura.

Para la valoración de las obras se ha contemplado una excavación mínima de los 1,50 metros superficiales del cimiento.

Las características más significativas de la presa son las siguientes:

Tabla 6.3-2 Khotia Khota - Niveles y volúmenes de la presa de tierra con núcleo impermeable

Alturas y volumen	Presa de fábrica
Nivel de vertedero NAN	4.490,00
Nivel de coronamiento	4.491,50
Nivel de toma (embalse muerto)	4.486,00
Nivel mínimo de operación	4.487,00
Cota mínima de cimentación	4.485,00
Volumen de embalse útil	8,6 Hm3
Volumen de tierras	20.438,00 m3
Volumen de excavación	7.520,00 m3

6.3.1.7 Comparación de alternativas

Los costos de ambas alternativas son muy similares, presentando un costo algo inferior la alternativa de la presa de hormigón.

Así mismo se destaca que la presa de Khara Khota, situada aguas abajo del emplazamiento de la nueva presa de Khotia Khota, es de materiales sueltos homogénea y presenta los siguientes problemas:

- ✓ Crecimiento de vegetación en los taludes. Es necesario realizar la limpieza de matorrales y paja brava en diferentes partes del cuerpo de la presa.
- ✓ Erosión de los taludes.

Por lo que cabe suponer que estos mismos problemas se producirían en la presa de Khotia Khota si la tipología es de materiales sueltos.

Por otra parte, el material de la cerrada es adecuado para soportar los esfuerzos transmitidos por este tipo de presas, con lo que se considera que la tipología más adecuada para la presa de Khotia Khota es de gravedad de hormigón.

6.3.2 Presa de Taypichaca³

6.3.2.1 Condicionantes básicos

La cerrada de la presa existente se ubica en el desagüe de la laguna Taypichaca.

El almacenamiento actual del embalse de Taypichaca es de 8,53 Hm3, lo que permite el riego de un área del orden de 1.794 a 2.242 ha. Como criterio básico inicial de proyecto

³ Primer_Informe_v03, Prointec, 2013.



se establece que la presa de Taypichaca debe cubrir el riego de 1.073 ha y una demanda de agua potable de 650 l/s. Esto supone la necesidad de un volumen mínimo de almacenamiento de 18,76 Hm³.

6.3.2.2 Condicionantes geológicos

La localización prevista para el recrecimiento la presa se sitúa aguas abajo de la existente.

La fundación de la presa se encuentra sobre material morrénico de aproximadamente 4 a 8 m de espesor hasta el Bed Rock. Se trata de un material poco permeable, que no ha sufrido alteraciones en el tiempo de funcionamiento de la presa, y presenta un comportamiento adecuado.

6.3.2.3 Alternativas planteadas

Se plantea el recrecimiento de la presa existente, de materiales sueltos y homogéneos, para lo cual se contemplan el recrecimiento mediante el añadido de material sobre uno de los espaldones.

Así mismo, se plantea el recrecido de la coronación mediante un parapeto formado por dos muros de hormigón armado entre los que se coloca un relleno impermeable.

6.3.2.4 Recrecimiento mediante añadido de material

Se propone para el recrecimiento una tipología de presa de materiales sueltos homogéneos con un talud aguas arriba de 3,00:1 y aguas abajo de 2,50:1, con un vertedero lateral de 10 m de longitud.

La longitud de coronación es de 163,30 metros, y el ancho total de la misma es de 6,00 metros.

Las características más significativas de la presa son las siguientes:

Tabla 6.3-3 Presa Taypichaca - Niveles y volúmenes del recrecimiento de la presa de tierra

Alturas y volumen	Recrecimiento talud tierras
Nivel de vertedero NAN	4.346,90
Nivel de coronamiento	4.349,00
Nivel de toma (embalse muerto)	4.335,00
Nivel mínimo de operación	4.336,00
Cotamínima de cimentación	4.332,00
Volumen de embalse útil	18,76 Hm ³
Volumen de tierras	50.835,00 m ³
Volumen de excavación	12.281,00 m ³



6.3.2.5 Recrecido mediante un muro de hormigón

Como segunda opción se plantea el recrecido de la coronación mediante un parapeto formado por dos muros de hormigón armado entre los que se coloca un relleno impermeable.

Las características más significativas de la presa son las siguientes:

Tabla 6.3-4 Presa Taypichaca - Niveles y volúmenes del recrecimiento con muro de hormigón

Alturas y volumen	Recrecimiento total de tierras
Nivel de vertedero NAN	4.346,90
Nivel de coronamiento	4.349,00
Nivel de toma (embalse muerto)	4.335,00
Nivel mínimo de operación	4.336,00
Cota mínima de cimentación	4.333,50
Volumen de embalse útil	18,76 Hm ³
Volumen de hormigón armado	5.088,00 m ³
Volumen de excavación	-

6.3.2.6 Comparación de alternativas

Debido a la inexistencia de un elemento impermeable en la presa de Taypichaca existente con el que se pudiera conectar el parapeto, se ha descartado la segunda alternativa.

No se han contemplado otras alternativas al no considerarse conveniente recrecer una presa existente con una tipología diferente a la utilizada en la construcción de la estructura inicial.

Por otra parte, el impacto visual de la estructura será menor, ya que únicamente se aumentará el talud existente y se aumentará ligeramente la ocupación del terraplén.

6.3.3 Análisis ambiental por alternativa de tipo de presas

En relación al tipo de material a ser utilizado en la construcción de las presas, no se tienen cambios en la identificación de impactos establecido en la Sección 5 del presente EEEIAS, debido a que no se plantean ubicaciones alternativas de presas, lo que sería un elemento diferencial desde el punto de vista ambiental.

Las alternativas, si plantean un cambio en los volúmenes de aprovechamiento de materiales áridos, pero no se plantean cambios en la ubicación de dichas áreas de explotación de materiales áridos.

En el caso de la presa de Taypichaca; puesto que se tiene previsto realizar el recrecimiento de la presa con material suelto, entonces será necesaria la previsión de obras complementarias de estabilización y obras de drenaje de manera que no vayan a existir acciones de socavación general en los distintos sectores de circulación y acceso.

Desde el punto de vista social, no se identifica cambios en los niveles de impacto, referidos al tipo de material utilizado en las presas.

6.4 ÁREA DE INUNDACIÓN⁴

En el área ocupada por los embalses no existen comunidades asentadas, en la actualidad son reservorios naturales sobre los cuales se ampliará su capacidad, con un incremento de la superficie ocupada por el espejo de agua.

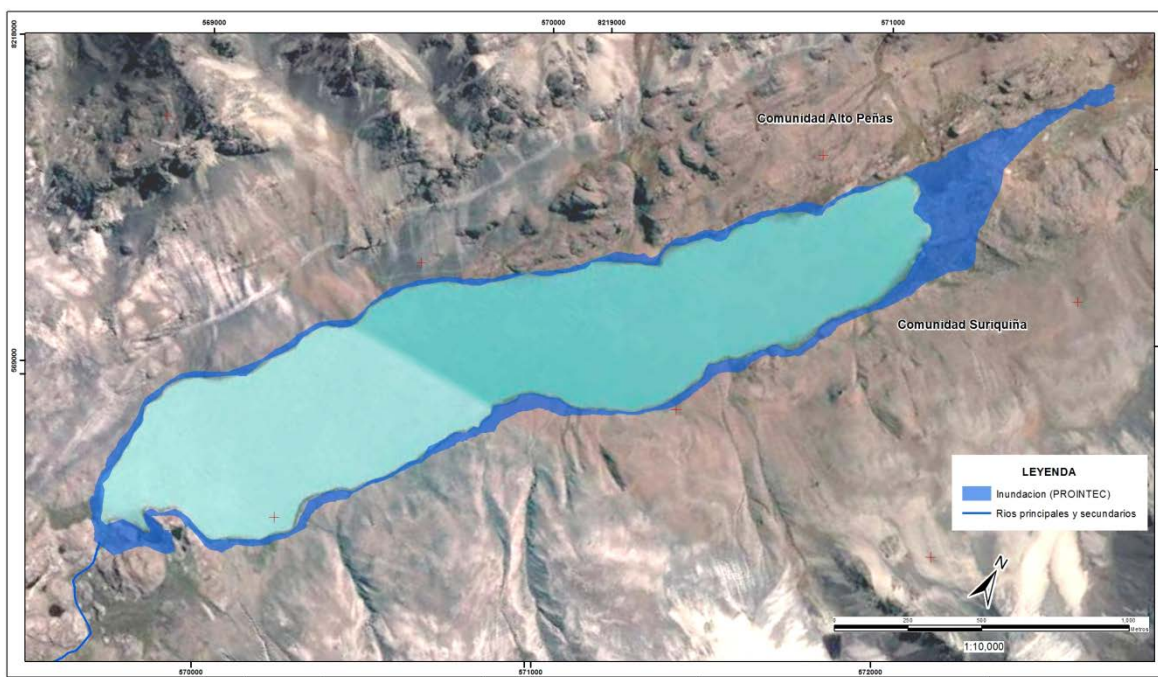


Figura 6.4-1 Área de inundación Khotia Khota

Fuente: Prointec. Elaboración propia (CPM, 2014)

Se tiene la siguiente relación de inundación:

Nombre	Área Laguna Actual (Has)	Área Inundación con proyecto (Has)	Área Laguna con proyecto (Has)
Khotia Khota	131,43	30,06	161,49

El área afectada en la zona de inundación futura de la laguna de Khotia Khota, son humedales que actualmente se utilizan como zona de pastoreo.

⁴Primer_Informe_v03, Prointec, 2013

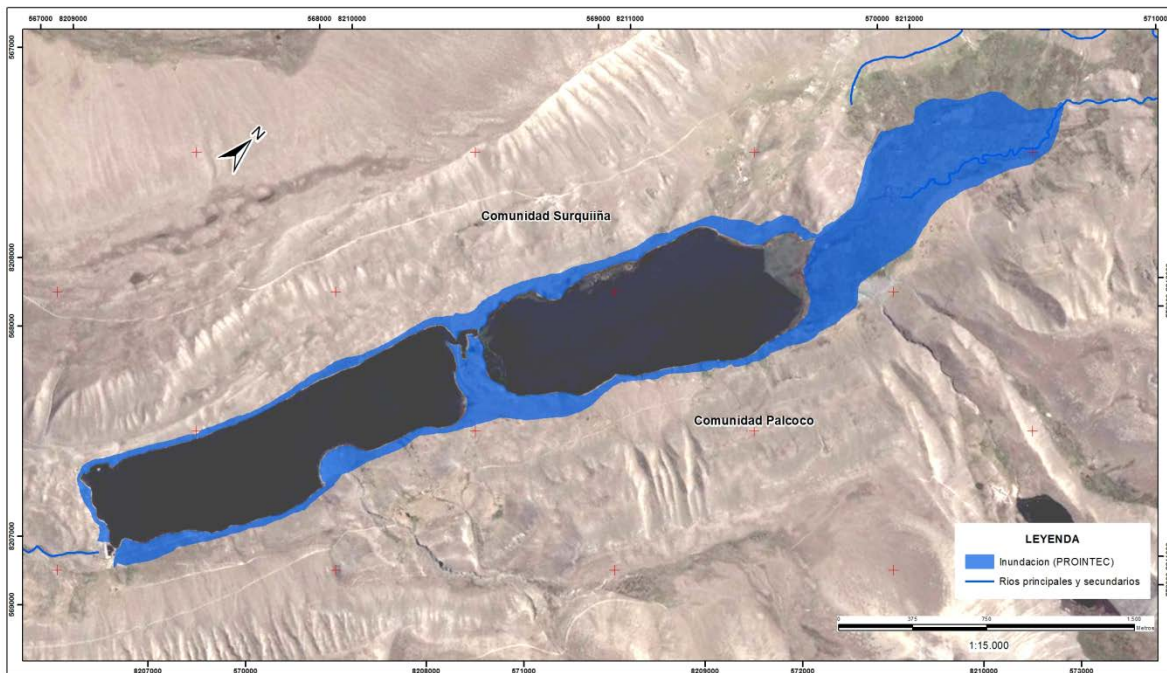


Figura 6.4-2 Imagen satelital del área de inundación Taypichaca

Fuente: Prointec. Elaboración propia (CPM, 2014)

Se tiene la siguiente relación de inundación:

Nombre	Área Laguna Actual (Has)	Área Inundación con proyecto (Has)	Área Laguna con proyecto (Has)
Taypichaca	181,2	114,22	295,42

El área afectada en la zona de inundación futura de la laguna de Taypichaca, son humedales que actualmente se utilizan como zona de pastoreo.

6.5 NIVELES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE OPERACIÓN DEL EMBALSE⁵

6.5.1 Presa Taypichaca

Se analizan los siguientes escenarios:

1. Escenario 1.

a. Aportaciones:

i. Cuenca “Taypichaca”: QTAYPICHACA = 1,39 m³/s, lo que supone 43,77 Hm³ anual.

b. Evaporación. Suponen unas pérdidas de agua en el embalse, anteriores al análisis de garantía.

⁵ Estudio de regulación V2, Prointec, 2014



c. Caudal ecológico. 6,41 Hm³ anual, repartido mensualmente. Se satisface esta demanda siempre que exista volumen almacenado al inicio del período.

d. Demandas reguladas por el embalse.

i. Demanda de agua potable: QPOTABLE EL ALTO = 650 l/s, lo que supone 20,50Hm³ anuales.

ii. Demanda de agua para riego (minorado por aportaciones no reguladas):10,90 Hm³ anual, distribuido mensualmente.

2. Escenario 2. Similar al Escenario 1, con variación en la demanda establecida para agua potable, QPOTABLE EL ALTO = 520 l/s, lo que supone 16,40 Hm³ anuales.

Se extraen las siguientes conclusiones para el embalse de Taypichaca:

Análisis de garantía anual: Se puede alcanzar un 80% de garantía al suministro con los dos escenarios planteados. Para ambos, de los 67 años analizados, 54 años son atendidos plenamente y en 13 años se presenta algún fallo en el suministro.

Análisis de garantía mensual: La garantía mensual queda en torno al 97%, o sea, de los 804 meses analizados, se tienen entre 18 meses (escenario 1) y 22 meses (escenario 2) donde no es posible atender las demandas establecidas.

Análisis de garantía por volumen: El modelo arroja un valor de la garantía de aproximadamente el 98%.

- ✓ Escenario 1. De los 31,39 Hm³ demandados al año, se abastecen 30,72 Hm³ y setiene un déficit de 0,67 Hm³.
- ✓ Escenario 2. De los 27,30 Hm³ demandados al año, se abastecen 26,94 Hm³ y setiene un déficit de 0,34 Hm³.

Del análisis de ambos escenarios se concluye que es posible dar una caudal de abastecimiento a la ciudad de El Alto de 650 l/s y cubrir las necesidades de las comunidades regantes con una garantía anual del 80%.

El embalse requerido es de 28 Hm³, con una altura de presa sobre cauce de 18,14 m.

6.5.2 Presa Khotia Khota

Se analizan los siguientes escenarios:

1. Escenario 1.

a. Aportaciones:

i. Cuenca “Khotia Khota”: QKHOTIA KHOTA = 0,7646 m³/s, lo que supone 23,982 Hm³ anuales.

ii. Cuenca “Khara Khota (intercuenca)”: QKHARA KHOTA (INTERCUENCA) = 0,2859 m³/s, lo que supone 8,947 Hm³ anuales. Además se tendrá como aportación en Khara Khota, los vertidos excedentes desde Khotia Khota.



b. Evaporación. Suponen unas pérdidas de agua en el embalse, anteriores al análisis de garantía.

c. Caudal ecológico. 4,41 Hm³ anual, repartido mensualmente. Se satisface esta demanda siempre que exista volumen almacenado al inicio del período.

d. Demandas

i. Potable: QPOTABLE EL ALTO = 300 l/s, lo que supone 9,46 Hm³ anuales.

ii. Riego:

1. Riego desde Khotia Khota = 0 Hm³ anuales.

2. Riego desde Khara Khota = 15,6 Hm³ anuales.

2. Escenario 2. Igual al Escenario 1, con una demanda de potable QPOTABLE EL ALTO = 250 l/s, lo que supone 7,88 Hm³ anuales.

3. Escenario 3. Igual al Escenario 1, con una demanda de potable QPOTABLE EL ALTO = 200 l/s, lo que supone 6,31 Hm³ anuales.

Se extraen las siguientes conclusiones para el Sistema Khara Khota – Khotia Khota:

Análisis de garantía anual: Se puede alcanzar un 80% de garantía al suministro con los tres escenarios planteados.

Punto óptimo: Para obtener una garantía anual del 80%, se considera un volumen óptimo de embalse de 8 Hm³, con una altura de presa sobre cauce de 7,00 m, que corresponde con una demanda de agua potable de 250 l/s.

6.6 ANÁLISIS AMBIENTAL POR AREA DE INUNDACION Y NIVELES DE ALTURA DE PRESA

6.6.1 Análisis Ambiental

El nivel de altura de presa depende la regulación modelada, este aspecto es muy sensible en relación al análisis de impacto ambiental debido a que cualquier aumento de nivel de las presas repercute en una mayor área de inundación, afectando directamente el bofedal que existe en los extremos de las lagunas de Khotia y Taypichaca.

En este sentido, un cumplimiento de la garantía de suministro de agua potable para la ciudad de El Alto, implica una inundación mayor y un mayor nivel en los impactos referidos a cambios en el uso de suelos, cambios en los hábitats de vegetación y afectación de especies vulnerables de fauna, descritos a continuación.

La inundación de bofedales y zonas ribereñas en las lagunas de Khara khota, Khotia kota y Taypichaca, causara la perdida de sitios de nidificación de varias especies de aves acuáticas (principalmente anátidos). Por otra parte, las zonas ribereñas y la zona del litoral de las lagunas, son las que más diversidad presentan; por ende, varias especies de aves acuáticas se concentran en estas zonas durante gran parte del día para alimentarse de insectos o macrófitas.

El área de inundación, se encuentra específicamente conformando por bofedales del tipo Bofedal Altoandino hidromorfo ácido, y Bofedal Altoandino hidromorfo neutro donde se han registrado cuatro especies categorizadas como En Peligro según el MMAyA (2012); *Distichia filamentosa*, *Distichia muscoides*, *Phylloscirpus deserticola* y *Oxychloe andina*. Sin embargo, no se debe considerar estos bofedales como hábitats naturales críticos para estas especies dado que tiene distribuciones amplias en los bofedales de los Andes de Bolivia y los Andes de Perú, Chile y Argentina.

En relación a la fauna identificada, el proyecto afectará al hábitat acuático de varias especies que se encuentran con categoría de amenaza como: el carachi (*Orestias agassii*) Vulnerable, el pato de las torrenteras (*Merganetta armata*) en Menor Riesgo, el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*) como Vulnerable y la gallareta gigante (*Fulica gigantea*) también como Vulnerable. Entre los anfibios se ha identificado a *Telmatobius marmoratus* como En Peligro y *Pleuroderma marmoratum* como Preocupación menor, de acuerdo a la última propuesta de categorización de especies amenazadas de anfibios en Bolivia.

6.6.2 Análisis Social

En el área de las presas no hay asentamiento de comunidades debido a las condiciones climatológicas, sin embargo, la población aprovecha las pasturas naturales existentes en el área aledaña a la presa. La actividad principal es la ganadería extensiva de camélidos que se realiza en la serranía alta.

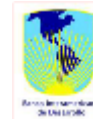
La población tiene una economía de subsistencia, el nivel de pobreza se califica como moderada con tendencia a mejorar, como consecuencia de las políticas sociales en vigencia.

Debido a que el área de inundación será más extensa y se afectará el bofedal, se producirá impacto reduciendo el área de pastoreo. En el área el tipo de propiedad es individual y la tenencia poseedor, solo en el caso de Suriquiña los propietarios son titulares.

También se genera un mayor nivel de conflicto con las poblaciones circundantes, debido a que se han identificado afectaciones a propiedad comunal e individual como efecto de ocupación de obras y la ampliación de la zona de inundación, especialmente en el embalse Taypichaca por la topografía plana en el extremo norte de la zona y la existencia de viviendas rústicas en dicho sector de posesión comunal.

La población se dedica a la ganadería extensiva por la existencia de pasturas naturales, esta actividad económica principal es el sustento de las familias por lo que el impacto es significativo y permanente, ya que no podrán continuar con esta actividad.

La afectación al suelo corresponde a bofedales existentes en la parte superior de la actual laguna y con uso de pastoreo en orillas de las lagunas, sin embargo, como se mencionó anteriormente, los niveles de inundación son los mínimos requeridos para cumplir el objetivo de abastecimiento de agua para la ciudad de El Alto y a la vez cumplir con las demandas de abastecimiento de agua de riego de las comunidades regantes.



6.7 ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO⁶

En el estudio de Prointec citado al pie, se indican los diferentes procesos que pueden ser aplicados para reducir los contenidos de sustancias indeseables a valores establecidos por las normas de calidad vigentes, y su elección. Menciona la existencia de dos niveles de tratamiento:

- ✓ Tratamiento preliminar para evitar problemas de funcionamiento, como: Cribado (Remoción de desechos grandes que pueden obstruir o dañar los equipos de la planta), Pretratamiento químico (Remoción eventual de algas y otros elementos acuáticos que causan sabor, olor y color), Presedimentación (Remoción de grava, arena, limo y otros materiales sedimentables) y Aforo (Medida del agua cruda por tratar)
- ✓ Tratamiento principal en los que se eliminan sólidos en suspensión, microorganismos patógenos y las características indeseables olor, sabor, color, etc., como: Aireación (Remoción de olores y gases disueltos; adición de oxígeno para mejorar sabor), Coagulación floculación (Conversión de sólidos no sedimentables en sólidos sedimentables), Sedimentación (Remoción de sólidos sedimentables), Ablandamiento (Remoción de dureza), Filtración (Remoción de sólidos finos, flóculos en suspensión y la mayoría de los microorganismos), Adsorción (Remoción de sustancias orgánicas y color), Estabilización (Prevención de incrustaciones y corrosión), Fluoración (Prevención de caries dental), Desinfección (Exterminio de organismos patógenos)

Para establecer la capacidad de la planta de tratamiento, IC RIMAC SRL, trabajo un balance de la oferta y la demanda a través de 4 diferentes escenarios para el año horizonte de proyecto 2040, de los cuales el Escenario 1 es el seleccionado, considerando que para abastecer con agua potable a la ciudad de El Alto, Achachicala, la ladera oeste y la ladera este hasta el 2040 solo es necesario implementar los proyectos: proyecto Jacha Jahuira–Linku Jahuira y el proyecto presa Jankho Khota, ya que hasta el año 2015 se pondrá en operación el sistema Chuquiaguillo, y que el déficit a partir del año 2041 debe ser cubierto con el proyecto Kaluyo.

Es escenario propuesto se describe como sigue:

Tabla 6.7-1 Escenario de producción para el año horizonte 2040

Proyecto	Producción	Escenario
JachaJahuira	325	2027
Linku (Khullu Cachi)	650	2027
Presa Kaluyo	370	2041
Presa JankhoKhota	168	2040
Obra de tomaChoqueyapu	111	2015
Chuquiaguillo	292	2015

Fuente: Prointec

⁶Primer_Informe_v04, Prointec, 2014

Por ello, se ha establecido la capacidad de la Planta de tratamiento El Alto 2 (San Roque) en 975 l/s, utilizando las producciones de Jacha Jahuira y Linku (Khullu Cachi), IC RIMAC SRL propone como alternativa de tratamiento para la Planta El Alto 2 (San Roque) una de filtración directa de tipo hidráulico, basado en la excelente calidad del agua de las fuentes, la experiencia se tiene con aguas similares que trata la planta actual de Alto Lima y el deterioro de la calidad del agua para la época de lluvias. Considerando además que en época de estiaje y más aún cuando se tengan los embalses y las aducciones por tubería, no se requiera de otra cosa más que la desinfección de las aguas, antes de su distribución.

Menciona la posibilidad de utilizar filtros lentos, considerando que la calidad incluso en la época de lluvias no presenta grandes picos en turbiedad, aunque desestima las mismas por los mayores requerimientos de terreno.

Por lo anterior la nueva planta de tratamiento elegida y ubicada en la zona de San Roque, denominada Planta de Tratamiento de Agua Potable San Roque o Planta El Alto 2, tratará aguas con dos módulos de 500 l/s cada uno, mediante planta de tratamiento convencional, constituida por mezcla rápida, coagulación, floculación, y filtración. En el siguiente esquema se presenta la alternativa seleccionada:

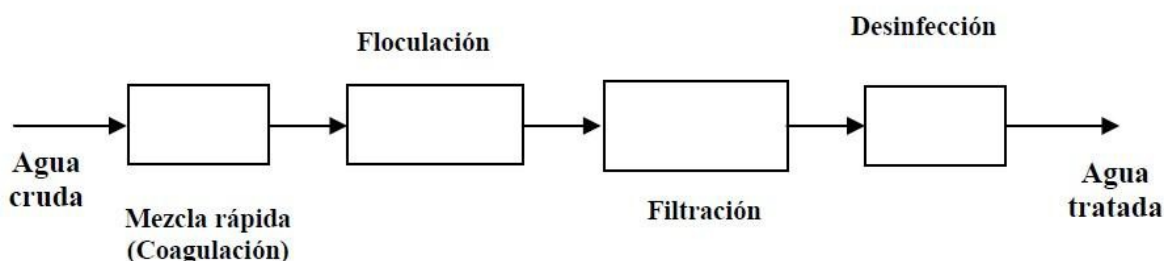


Figura 6.7-1 Esquema de tratamiento de la alternativa seleccionada

Fuente: Prointec

El resultado de análisis de laboratorio de agua, muestra que ninguno de los parámetros físico químico está fuera de lo que establece la NB512 para el agua potable.

Sin embargo, considerando la posibilidad que durante la operación en época de lluvias, el agua pueda contaminarse y subir la turbiedad por encima de lo estipulado en la NB512, IC RIMAC ha utilizado información de la calidad de las aguas a la salida del embalse de Tunj, en el que, para el período de 1996 a 1999 se ha reportado que el 90% del tiempo la turbiedad es menor a 10 UNT, de hecho más del 60% del tiempo reporta agua menores a 5 NTU. En ningún caso la turbiedad ha excedido las 30 UNT.

El análisis anterior indica que las aguas crudas de la Planta de tratamiento El Alto 2 (San Roque) son de baja alcalinidad y baja turbiedad, por lo que su tratamiento se dificulta en plantas convencionales pues se requiere modificar la alcalinidad con la adición de cal, luego añadir sulfato de aluminio, flocular y filtrar antes de la desinfección, lo que encarece los costos de operación y mantenimiento.

Para ello, antes de tener la adición del coagulante, se debe suplementar al agua con una



lechada de cal, esto hará que la alcalinidad y pH suban y se pueda realizar el tratamiento posterior.

La planta propuesta trata aguas de similar composición a las de Tuni y Condoriri y sus aguas se tratan en la planta de Alto Lima. Comparativamente la calidad de las aguas es la misma y por tanto es posible asumir las mismas condiciones de tratabilidad.

6.8 ANÁLISIS AMBIENTAL POR TIPO DE TRATAMIENTO AGUA POTABLE

Como se observa, las alternativas de tratamiento de agua potable, no presentan elementos que cambien el análisis de identificación de impactos ambientales presentado en la sección 5 del presente EEIAS.

Sin embargo, desde el punto de vista social, se tuvo dificultades en la ubicación final de la PTAP, debido a la negativa de los propietarios de los terrenos, quedando el Gobierno Autónomo Municipal de El Alto a cargo del proceso de expropiación por utilidad pública necesario para viabilizar la construcción de la PTAP.

6.9 ALTERNATIVAS PLANTEADAS PARA LA ADUCCIÓN

6.9.1 Diámetro de tubería

Siguiendo los criterios expuestos en el apartado anterior se han definido una serie de trazados de la conducción de aducción y se ha realizado un diseño de la misma.

Desde el punto de vista de las fuentes de suministro se plantean dos alternativas: suministro desde ambos embalses, Khotia Khota y Taypichaca, y suministro único desde el embalse de Taypichaca.

En el caso de suministro desde ambos embalses se plantean dos conducciones de captación diferentes, una que parte del embalse de Khotia Khota y otra que parte del embalse de Taypichaca. En dos de las alternativas se plantea que las conducciones de captación confluyan en un punto situado en Linku Punku y, a partir de éste, se unan en una única conducción hasta la PTAP de San Roque. En otra alternativa se plantea la confluencia de las captaciones aguas abajo de la presa de Taypichaca y, a partir de ésta, se dispone una única conducción hasta la PTAP de San Roque.

En el caso de suministro único desde el embalse de Taypichaca, se adoptaría una única conducción que partiría del embalse de Taypichaca y llegaría hasta la PTAP de San Roque (Milluni Bajo).

Por último, se plantea una captación desde Khotia Khota hasta el embalse de Taypichaca y un suministro único desde Taypichaca a la PTAP de San Roque (Milluni Bajo).

Teniendo en cuenta que para cualquier hipótesis de funcionamiento las velocidades en las conducciones deben estar comprendidas entre 0,5 y 2,5 m/s se adoptan los siguientes diámetros como los óptimos para cada tramo de conducción estudiado:



Tabla 6.9-1 Diámetros por tramo analizado

TRAMO	DIÁMETRO (mm)
Khotia Khota – Linku Punku	500
Taypichaca – Linku Punku	700
Linku Punku - PTAP	800
Taypichaca - PTAP	800

De esta forma se consigue que las velocidades en el escenario presente no sean demasiado reducidas ni demasiado elevadas en el escenario futuro y las pérdidas de carga que se producen resultan admisibles.

En el caso de los tramos de Linku Punku – PTAP, Taypichaca – PTAP, Aguas Abajo Taypichaca - PTAP, el funcionamiento sería correcto tanto para el diámetro de 800 mm como para 900 mm. No obstante, se ha elegido como diámetro óptimo 800 mm por considerar que velocidades con diámetro 900 mm son algo bajas y ser más económica esta primera opción, aunque hidráulicamente, para 900 mm la carga de agua con la que se llegaría a la PTAP sería 50 m.c.a. superior. En el caso de situar finalmente la PTAP a una cota más elevada, se podría aumentar el diámetro de la conducción a 900 mm manteniendo un buen funcionamiento en la conducción.

6.9.2 Alternativas planteadas para el trazado de las conducciones

No se plantea una única captación desde el embalse de Khotia Khota dado que éste no puede proporcionar un caudal suficiente para cubrir la demanda de la población objetivo.

6.9.2.1 Alternativa A

Con el objetivo de garantizar el suministro de agua, se captará agua tanto de Khotia Khota como de Taypichaca. Para ello se plantea el trazado de dos conducciones, una que parte del embalse de Khotia Khota y otra que parte del embalse de Taypichaca, y que confluyen en una cámara de rotura situada en Linku Punku. Desde esta cámara parte una única conducción que transporta el agua hasta la PTAP de San Roque. En la siguiente figura se presenta un esquema de esta alternativa.

El funcionamiento de la conducción será por gravedad, puesto que la carga disponible es suficiente para que todo el caudal llegue por gravedad a la PTAP, aproximadamente a la cota 4.159,81 m.s.n.m.

La ventaja que presenta esta alternativa es la mayor garantía de suministro de agua, ya que se capta el agua de dos embalses independientes. Como inconveniente cabe destacar que, al situarse la presa de Taypichaca 150 m por debajo de la presa de Khotia Khota, no se aprovecha la altura de energía disponible en esta última, ya que se conectan las conducciones que parten de ambas presas en una cámara de rotura, rompiéndose la carga en ésta, lo que supone tener que situar la PTAP a una cota inferior y aumentar la longitud total de conducciones.

6.9.2.2 Alternativa B

Para evitar el inconveniente de la pérdida de energía mencionada en el anterior apartado, se plantea eliminar la cámara de rotura situada en Linku Punku, siguiendo el mismo trazado que para la Alternativa A.

Al mantenerse el trazado de la Alternativa A, se mantienen sus características.

Con esta alternativa, se mantendría la garantía el suministro de agua, y no se produciría la pérdida de energía tal y como sucedía en la anterior alternativa, lo que supondría una mejora en el emplazamiento de la PTAP a la hora de abastecer a la población objetivo.

No obstante, tras realizar la simulación del comportamiento hidráulico de esta alternativa, se observa un problema de de funcionamiento en el nudo de conexión delos tramos que parten de las presas.

6.9.2.3 Alternativa C

Para evitar los problemas de funcionamiento hidráulico de la Alternativa B y la pérdida de energía de la Alternativa A, se plantea captar toda el agua bruta necesaria exclusivamente de la presa de Taypichaca, de manera que se dispondría una única conducción que partiría de la presa de Taypichaca y finalizaría en la PTAP.

6.9.2.4 Alternativa D

Para intentar ganar altura de energía a la entrada de la PTAP sin reducir la garantía de suministro y afectar en menor medida al bofedal existente en Linku Punku, se plantea desplazar la rotura de carga justo aguas abajo de la presa de Taypichaca. El esquemahidráulico es similar al de la alternativa A, una captación desde la presa de Khotia Khota y otra desde la presa de Taypichaca, que confluyen en una arqueta de rotura situada aguas abajo de la presa de Taypichaca. Desde esta arqueta de rotura, sale una única conducción hasta la PTAP de San Roque. El trazado de esta última conducción coincide con el de la alternativa C.1.

6.9.2.5 Alternativa E

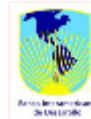
Por último, para intentar una mayor ganancia de altura de energía a la entrada de la PTAP se plantea realizar un trasvase de agua desde Khotia Khota a Taypichaca, siendo el caudal trasvasado el correspondiente al suministro adoptado para el embalse de Khotia Khota, y suministrar todo el caudal desde la presa de Taypichaca.

6.10 ANÁLISIS AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS DE TRAZADO DE ADUCCIÓN

6.10.1 Análisis Ambiental

Según las alternativas de trazado planteadas por el estudio TESA, todas se ubican áreas de pajonales altoandinos de puna húmeda, pajonales altoandinos sobre suelos pedregosos y vegetación acuática altoandina, que son utilizadas como áreas de pastoreo extensivo.

Independientemente de las alternativas planteadas, cabe mencionar que se tuvo una alternativa de trazo que requería un cruce de tubería por el bofedal de Linku Punku que presenta un excelente estado de conservación (Meneses, 2013), dicha alternativa fue desechada durante el proceso de diseño.



Asimismo, se consideraron opciones de construcción de túneles en el tramo Khotia Khota – Taypichaca, lo que generaría mayor volumen de material excedente con la necesidad de identificar un buzón de almacenamiento de dicho material, dichos túneles también fueron desechados durante el proceso de diseño.

6.10.2 Análisis Social

Las obras de aducción por tratarse de tubería enterrada, a su paso no inhabilita el área, por lo que la duración del impacto será temporal durante la ejecución. Las áreas que atraviesa la aducción son laderas con vegetación arbustiva, ocasionalmente utilizadas para pastoreo extensivo, no se han identificado afectaciones a viviendas o mejoras agrícolas, en general los terrenos son propiedad colectiva.

En los lugares de ubicación de cámaras de inspección y de válvulas, las zonas de pastoreo cambiarán su uso actual debido a la instalación de dichas obras, se prevé que la actividad pecuaria sea restringida en estas zonas sin embargo las áreas ocupadas son mínimas.

6.11 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS AGUA POTABLE 13 COMUNIDADES

6.11.1 Identificación de fuentes de agua

En la zona del proyecto existen reservorios naturales de aguas subterráneas, que tienen el suficiente caudal de agua potable para la dotación a las comunidades que considera el estudio, tal como indica el párrafo del punto 2.2.1 – Geología regional, de la Memoria Descriptiva, Págs. 157 y 158, del Estudio de Identificación para el Mejoramiento del Abastecimiento de Agua Potable Ciudad El Alto elaborado por la consultora IC RIMAC S.R.L.

En la región existe la conexión y extensión que permite la recarga de acuíferos, tal como indica el Estudio de Identificación para el Mejoramiento del Abastecimiento de Agua Potable Ciudad El Alto - Memoria Descriptiva en la Pág.160, donde indica que: “Dos modelos geomórficos diferencian la región, el primer modelo resulta de la combinación de un paisaje montañoso que contribuye en la creación de taludes de derrumbes, abanicos aluviales, circos glaciales y valles mesotermales con lagunas colgadas y lagos que regulan las escorrentías de cada cuenca, aguas debajo de los reservorios se presentan los contactos con las morrenas laterales y terminales con la formación de Bofedales y vasos de acumulación de sedimentos aluviales y coluvioaluviales sobre saturados”.

Se requiere de caudales pequeños para la explotación de pozos profundos y poco profundos, el caudal total calculado en el Proyecto Mi Agua II es de 9,792 l/s, por lo tanto, se puede superar las previsiones y limitaciones que indica el Estudio de Identificación para el Mejoramiento del Abastecimiento de Agua Potable Ciudad El Alto - Memoria Descriptiva en la Pág. 160, que dice: “En esta unidad se desarrollan mantos acuíferos de corrientes de agua subterránea cuya transmisibilidad no es elevada, y permite puntos de explotación de aguas subterráneas que son los pozos profundos a poco profundos y cuyos caudales no son muy elevados.”

Por lo tanto, considerando que el caudal total calculado en el Proyecto Mi Agua II es de 9,792 l/s, existe el suficiente caudal para ser explotado, tanto en la perforación de pozos como en las aguas superficiales de los ríos y quebradas.



6.11.2 Descripción de alternativas

Se analizó las siguientes alternativas:

- a) Continuar los criterios del Proyecto Mi Agua 2
 - ✓ Diseño de una red abierta de aducción
 - ✓ Diseño de una red cerrada de aducción
- b) Evaluar una red de distribución en base a una línea de pozos.
- c) Preparación de proyectos de agua potable con perforación de pozos para cada comunidad

Con la revisión de los antecedentes de los sistemas de agua potable existentes, la información disponible, más las inspecciones, visitas y mediciones en campo, después de su análisis se concluyó que:

- ✓ Una red de distribución en base a una línea de pozos, si bien es factible sus costos de operación mantenimiento son elevados.
- ✓ Actualmente cada comunidad tiene pozos perforados pero no funcionan por falta de recursos para mantenimiento.
- ✓ En resumen, es necesario un sistema de fácil operación y mantenimiento y bajo costo

Alternativa Proyecto Mi Agua 2

El MMAyA entregó los documentos del Proyecto Mi Agua II, con el diseño del emplazamiento de la tubería de aducción con sus accesorios, los caudales y la población servida.

Inicialmente al establecer el emplazamiento de la tubería de aducción con las coordenadas del Proyecto Mi Agua II, la toma se encontraba sobre el río Jacha Jahuira (aguas debajo de la Presa Khara Khota) y el final sobre las pampas de la comunidad Pariri. Al corregir el emplazamiento de la tubería de aducción, la toma está sobre el río Jhanko Khala y el final en el cerro Calvario de la comunidad Catacora. Con esta corrección coinciden todos los datos del Proyecto, especialmente las cotas del perfil longitudinal de la tubería de aducción.



Figura 6.11-1 Corrección de los datos del Proyecto Mi Agua 2

En el cerro calvario de la comunidad Catacora está previsto construir dos salidas de tubería de aducción.

A partir de la comunidad Catacora, se tiene previsto llevar tuberías de aducción desde el punto final del Proyecto Mi Agua II a las comunidades.

El criterio de llevar tuberías de aducción desde el punto final del Proyecto Mi Agua II a cada una de las 13 comunidades que serán asistidas con Proyecto, es de conocimiento general en la zona del proyecto.

Alternativa de una red de distribución en base a una línea de pozos.

En las inspecciones a las comunidades del proyecto se ha observado lo siguiente:

Es normal la dotación de agua potable mediante pozos profundos, tal como indica el punto 2.1.2.2.8.1 - Agua Potable, de la Memoria Descriptiva, Pág. 125, del Estudio de Identificación para el Mejoramiento del Abastecimiento de Agua Potable Ciudad El Alto elaborado por la consultora IC RIMAC S.R.L., donde se menciona que “en el caso de Batallas la atención del servicio de agua potable es independiente en cada una de las comunidades y se la realiza por medio de Comités de Aguas que se encargan del mantenimiento y administración de los sistemas. Según datos del INE, en el Municipio el acceso al servicio de agua potable es del 35% con el servicio; de ellos el 5% tienen acceso con instalaciones de agua potable en la propia vivienda y tienen acceso por cañería pero con la instalación en el patio un 29%; el resto de las familias recurre a la utilización de pozos o acequias para proveerse del líquido elemento.

Las distintas formas de acceder al servicio de agua potable son: mediante cañería y mediante pileta pública, agua proveniente de acequias o ríos; finalmente las comunidades donde no existe agua potable los comunarios se abastecen utilizando pozos semiprofundos.

En la región existen reservorios naturales de aguas subterráneas, que tienen el suficiente caudal de agua potable para la dotación a las comunidades que considera el estudio, tal como un párrafo del pto. 2.2.1 – Geología regional, de la Memoria Descriptiva, Págs. 157 y 158, del Estudio de Identificación para el Mejoramiento del Abastecimiento de Agua Potable Ciudad El Alto elaborado por la consultora IC RIMAC S.R.L., que menciona: “Una segunda región es la peniplanicie ondulada (B) rellena de sedimentos cuaternarios y terciarios en medio de remanentes de rocas devónicas y cretácicas.

Los afloramientos rocosos son granodioritas y granitos en el entorno de stocks volcánicos como el Huayna Potosí y otros, además se observa rocas sedimentarias y algo metamórficas identificadas como pizarras, lutitas, areniscas y esquistos, que contribuyen en la formación de reservorios naturales de aguas superficiales, subálveas y subterráneas, creando verdaderos ecosistemas en equilibrio con la naturaleza de altura.

En la región existe la conexión y extensión que permite la recarga de acuíferos, tal como indica el Estudio de Identificación para el Mejoramiento del Abastecimiento de Agua Potable Ciudad El Alto - Memoria Descriptiva en la Pág. 160, donde indica que: “Dos modelos geomórficos diferencian la región, el primer modelo resulta de la combinación de un paisaje montañoso que contribuye en la creación de taludes de derrumbes, abanicos aluviales, circos glaciales y valles mesotermales con lagunas colgadas y lagos que regulan las escorrentías de cada cuenca, aguas debajo de los reservorios se presentan los contactos con las morrenas laterales y terminales con la formación de Bofedales y vasos de acumulación de sedimentos aluviales y coluvioaluviales sobre saturados”

Se requiere de caudales pequeños para la explotación de pozos profundos y poco profundos, el caudal total calculado en el Proyecto Mi Agua II es de 9,792 l/s, por lo tanto, se puede superar las previsiones y limitaciones que indica el Estudio de Identificación para el Mejoramiento del Abastecimiento de Agua Potable Ciudad El Alto - Memoria Descriptiva en la Pág. 160, que dice: “En esta unidad se desarrollan mantos acuíferos de corrientes de agua subterránea cuya transmisibilidad no es elevada, y permite puntos de explotación de aguas subterráneas que son los pozos profundos a poco profundos y cuyos caudales no son muy elevados.”

6.12 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y ELECCIÓN

Del análisis de alternativas se llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ Una red de distribución en base a una línea de pozos, si bien es factible sus costos de operación mantenimiento son elevados.
- ✓ Respecto a proyectos de agua potable con perforación de pozos, cada comunidad tiene actualmente pozos perforados que no funcionan por falta de recursos para mantenimiento.
- ✓ En resumen es necesario un sistema que sea de fácil operación y mantenimiento y de bajo costo, conectando la aducción con el Proyecto Mi Agua 2.

Desde un punto de vista ambiental, es conveniente utilizar fuentes superficiales de agua ya que fuentes subterráneas requieren un cuidado y mantenimiento constantes para evitar posibles eventos de contaminación que son muy difíciles de revertir.



6.13 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS - COMPONENTE RIEGO

Durante el proceso de elaboración del Estudio de Identificación y del Estudio TESA, no se plantearon alternativas en relación a los sistemas de riego a ser implementados, siguiendo desde un principio las condiciones planteadas por las Asociaciones de Regantes establecidas en el área de proyecto.

A partir de esta situación, se planteó un diseño conceptual de los sistemas de riego, que se basa principalmente en asegurar un caudal por comunidad que cubra las áreas solicitadas por los regantes, se asegure un caudal ecológico para mantenimiento de los bofedales y se cumpla con la demanda de agua potable para la ciudad de El Alto.

Desde el punto de vista de ingeniería de riego, se planteó el cambio de los canales de riego existentes por tuberías, siguiendo el trazo actual de dichos canales. Por otro lado se plantean sistemas de riego por aspersión de acuerdo a las solicitudes de las Asociaciones de regantes.

Desde el punto de vista ambiental, se considera fundamental el monitorear el caudal ecológico establecido por Prointec, para minimizar el impacto de los bofedales identificados aguas abajo de los cuerpos de agua regulados por las presas proyectadas.