



# "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

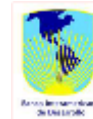


## **SECCION 2**

### **DESCRIPCION DEL PROYECTO**



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 2 INFORMACION DE PROYECTO

### CONTENIDO

<b>2.</b>	<b>INFORMACION DE PROYECTO</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>PRESENTACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b>	<b>4</b>
2.2.1	Nombre oficial del proyecto	4
2.2.2	Tamaño del proyecto	4
2.2.3	Objetivos y justificación del proyecto	4
2.2.4	Indicadores económicos del proyecto	8
2.2.5	Costo de inversión del proyecto	10
2.2.6	Costos ambientales	10
2.2.7	Costos de operación y mantenimiento	11
2.2.8	Vida útil del proyecto	12
2.2.9	Ubicación del proyecto	13
2.2.10	Datos de ubicación (dirección, teléfonos, apartado postal, correo electrónico, dirección para notificaciones).	20
<b>2.3</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>21</b>
2.3.1	Presa de Taypichaca	21
2.3.2	Presa de Khotia Khota	24
2.3.3	Estudio de rompimiento catastrófico de presa	25
2.3.4	Estructuras conexas de las presas	26
2.3.5	Descripción de la aducción	28
2.3.6	Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)	32
2.3.7	Agua potable 13 comunidades rurales	43
2.3.8	Proyecto de riego cuenca del río Jacha Jahuirá	51
2.3.9	Proyecto de riego cuenca del río Linku (Cullu Cachi)	55
<b>2.4</b>	<b>ACTIVIDADES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO</b>	<b>59</b>
2.4.1	Aducción e Interconexión	59
2.4.2	Planta de tratamiento	61
2.4.3	Presa Taypichaca	68
2.4.4	Presa Khotia Khota	70
2.4.5	Agua potable 13 comunidades	72
2.4.6	Riego	73
2.4.7	Actividades asociadas al proyecto (Agua Potable y Riego)	73
2.4.8	Requerimientos de desmontes, cortes y rellenos, nivelaciones	77
2.4.9	Descripción de bancos de préstamo y métodos de explotación	79
2.4.10	Maquinaria y equipos que se utilizarán en la etapa de construcción	83
2.4.11	Manejo de aguas pluviales	86
2.4.12	Fuente y demanda de agua para consumo de los trabajadores.	86
2.4.13	Fuente y demanda de energía a utilizar en la etapa de construcción	87
2.4.14	Cronograma de trabajo, incluyendo cada una de las actividades a desarrollarse	87



## PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

---

2.4.15	Cantidad y calificación de la mano de obra a utilizar _____	94
2.4.16	Descripción del manejo y disposición final de los residuos _____	97
<b>2.5</b>	<b>ACTIVIDADES EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS Y EQUIPOS DEL PROYECTO _____</b>	<b>101</b>
2.5.1	Flujograma de las actividades de operación y mantenimiento de todas las obras y equipos _____	101
2.5.2	Operación de embalse, conducción de agua, plan de uso y control del embalse _____	103
2.5.3	Actividades de mantenimiento de las obras hidráulicas, sistema de tratamiento, canal de descarga y sus responsables _____	104
2.5.4	Demanda de energía para la operación de los componentes del proyecto. _____	115
2.5.5	Descripción del manejo y disposición final de los residuos, control de emisiones _____	115
<b>2.6</b>	<b>ACTIVIDADES EN LA ETAPA DE CIERRE DEL PROYECTO _____</b>	<b>116</b>

# 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

## 2. INFORMACION DE PROYECTO

### 2.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Información General del Proponente:

- ✓ Estado Plurinacional de Bolivia

Nombre del proponente/dueño del proyecto.

- ✓ Ministerio de Medio Ambiente y Agua

Datos de ubicación (dirección oficial, teléfonos, apartado postal, correo electrónico).

- ✓ Calle 20 de octubre esq. Capitán Castrillo, Edificio Nazareth Nro. 402

Nombre del representante legal del proyecto/proponente y/o del dueño de la empresa.

- ✓ Alexandra Moreira Lopez – Ministra de Medio Ambiente y Agua
- ✓ Nombramiento del Ministro de Medio Ambiente y Agua, Decreto presidencial N° 2249.

Responsables del Proyecto (dirección oficial, teléfonos, apartado postal, correo electrónico).

- ✓ Ministerio de Medio Ambiente y Agua
- ✓ Calle 20 de octubre esq. Capitán Castrillo, Nro. 434
- ✓ Teléfono 2115571

Canales de contacto para información actualizada, preguntas, manifestación de inquietudes.

- ✓ Ing. Ivan M. Mendoza A. – Coordinador PPCR– MMAyA
- ✓ Teléfono 2124364



## 2.2 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO<sup>1</sup>

### 2.2.1 Nombre oficial del proyecto

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

### 2.2.2 Tamaño del proyecto

#### Componente agua potable:

1. Presa Khotia Khota,
2. Ampliación de presa Taypichaca,
3. Sistema de aducción Khotia Khota-Linku Punku-PTAP El Alto
4. Planta de tratamiento de agua potable PTAP El Alto
5. Estanques de almacenamiento del agua potabilizada
6. Interconexión con la red de distribución (red El Alto, tres puntos)
7. Proyectos de agua potable en el área rural de la zona de influencia del proyecto (13 comunidades)

#### Componente riego:

1. Proyecto de riego cuenca del río Jacha Jahuirá
2. Proyecto de riego cuenca del río Linku

### 2.2.3 Objetivos y justificación del proyecto

#### 2.2.3.1 Objetivos del proyecto

El Proyecto Multipropósito de Riego y Agua Potable para los Municipios de Batallas, Pucarani y El Alto, tiene como objetivo general el de incrementar la capacidad de adaptación al cambio climático del sistema de abastecimiento de agua de la zona metropolitana del Alto contribuyendo así al mejoramiento del nivel de vida no solo de sus pobladores sino también de los habitantes de las cuencas de aporte, Jacha Jahuirá y Khullu Cachi.

---

<sup>1</sup> El presente acápite corresponde a un resumen de la información proporcionada por la Empresa Prointec en relación al Estudio Técnico, Económico, Ambiental y Social que viene ejecutando, bajo supervisión del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, con cierre al 20 de octubre de 2014. Se indica en cada punto principal el documento de origen de la información.

### 2.2.3.2 Objetivos específicos de la consultoría

Los objetivos específicos son:

- i. Garantizar la continuidad y la calidad del sistema de abastecimiento de agua en la zona metropolitana y municipios de Batallas y Pucarani,
- ii. Aumentar la cobertura y continuidad de los servicios de agua potable,
- iii. Generar experiencias y lecciones para la integración del enfoque de cambio climático en la planificación, diseño e implementación de proyectos de agua en zonas de alta montaña,
- iv. Iniciar la preparación e implementación de un plan piloto para la gestión integrada de cuencas que sea multipropósito, participativo, sostenible, resiliente y que considere el enfoque de género,
- v. Establecer las bases para contar con un sistema de abastecimiento de agua resiliente al clima para el área metropolitana del Alto,
- vi. Reducir la vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas productivos de riego localizados en el área del proyecto, a través del mejoramiento de las eficiencias de distribución y del uso del recurso hídrico.

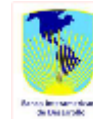
Específicamente, el proyecto financiara infraestructura de captación, regulación, tratamiento, almacenamiento y transporte de agua para consumo humano como también infraestructura de riego y elementos para para la introducción de riego tecnificado dentro de un enfoque de manejo integrado de cuenca con una visión estratégica de adaptación al cambio climático.

### 2.2.3.3 Objetivo Componente riego

El objetivo del componente de riego es: el aprovechamiento adecuado de los recursos hídricos disponibles y operados por la infraestructura existente de más de 20 años de funcionamiento en el caso de la “Asociación de Riegos Suriquiña y Túpac Katari” y de más de 8 años en el caso de la “Asociación de riegos y servicios Laguna Taypichaca”.

Por tanto, el objetivo específico principal es el optimizar la cantidad de agua para riego para lo cual se puntualizan los siguientes hitos:

- ✓ Optimizar el volumen de agua disponible para riego del área de influencia del proyecto, cuya tendencia está dirigida a la satisfacción plena de la demanda hídrica de los cultivos propuestos.
- ✓ Mejorar, incrementar y diversificar los niveles de productividad y producción agrícola
- ✓ Fortalecer las capacidades de autogestión sostenida entre los usuarios para el manejo eficiente de los sistemas de riego.
- ✓ Contribuir a la recuperación de los niveles de calidad y de los volúmenes de producción de la región, por lo tanto, mejorar y diversificar la producción agrícola, a través del incremento de los rendimientos de los cultivos como consecuencia de la disponibilidad del agua de riego, satisfaciendo la demanda del consumo familiar y generando mayores excedentes para la comercialización.



#### 2.2.3.4 Componente Manejo Integral de Cuencas

El objetivo general del MIC es proteger, conservar y aprovechar los recursos naturales de las cuencas, a fin de obtener un aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos, que permita mitigar los efectos del cambio climático para beneficio de los pobladores de las cuencas y áreas adyacentes, permitiéndoles habitar de una manera digna en armonía con el medio ambiente.

Los hitos específicos son:

- ✓ Desarrollar prácticas de manejo y conservación de suelos orientados a incrementar los rendimientos agrícolas por unidad de superficie, minimizando el deterioro ambiental y contribuyendo a mejorar las condiciones de habitabilidad de la familia campesina.
- ✓ Revertir los procesos de degradación de la pradera nativa y bofedales, principalmente en zonas de pastoreo, a través del manejo adecuado de los mismos.
- ✓ Reducir los procesos erosivos en laderas y cárcavas y consecuentemente disminuir el arrastre de sedimentos con deposición en zonas donde se tiene menor gradiente mediante el establecimiento de medidas mecánicas y biológicas con el asentamiento de plantaciones forestales con especies existentes en la zona.
- ✓ Introducir y adecuar técnicas que permitan despertar el interés y buscar conciencia de las familias campesinas, en el manejo sostenible de los recursos naturales, en el marco del manejo integral de cuencas, logrando que el agricultor y habitante de las cuencas sean co-actores de los trabajos de conservación - protección de suelos y manejo de ganado y pradera nativa permitiendo además acciones para un manejo integral de las cuencas de forma sostenible.
- ✓ Mejorar las condiciones de vida, bienestar y salud de los pobladores de las diferentes comunidades que pertenecen a la Central Agraria Suriquiña, mediante la construcción de una obra de toma, línea de aducción, tanque de almacenamiento y distribución por tubería que permita asegurar la dotación de agua presente y futura de la población y así disminuir los riesgos de enfermedades gastrointestinales e infecto contagiosas que se pueden propagar por la escasez de este elemento vital.

#### 2.2.3.5 Objetivo Componente agua potable

Los objetivos específicos de las presas son el almacenamiento, regulación y derivación de los recursos hídricos disponibles para garantizar el abastecimiento a los sistemas de la ciudad de El Alto.

#### 2.2.3.6 Justificación de los componentes del proyecto<sup>2</sup>

Tanto el Estudio de Identificación como el Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental del Proyecto Multipropósito concluyen que, “La ciudad de El Alto como las

<sup>2</sup> Primer Informe v04 Prointec (2014)

áreas donde se encuentran las fuentes de agua que potencialmente pueden abastecer la creciente demanda insatisfecha de agua, presentan el reto de reforzar sus capacidades de adaptación ante los posibles impactos negativos del cambio climático en relación al recurso hídrico. En este sentido, se ha identificado de manera preliminar que la población de la ciudad de El Alto puede ser altamente vulnerable al desabastecimiento de agua potable, no solamente por el crecimiento demográfico (que incluye la inmigración), sino también por la afectación que puede generar la variabilidad en los regímenes de precipitación y el incremento de la temperatura media sobre las fuentes de agua y su curso regular. Asimismo, se ha identificado que en las microcuencas con potencial de abastecimiento de agua, existen ecosistemas vulnerables a los efectos del cambio climático, como los bofedales, los mismos que además cumplen una función ecosistémica de retención o regulación de agua y mantenimiento de flujos permanentes, que son necesarios conservar”.

Ante este escenario de desabastecimiento de agua potable, incremento poblacional por migración campo-ciudad y cambios climáticos, se debe enfatizar la necesidad de implementar nuevos sistemas de captación y distribución de agua, así como el mejoramiento de los sistemas existentes. Se deberá mejorar los sistemas de riego existentes en las cuencas de aporte y la dotación de agua potable a las comunidades de las cuencas de aporte. Para realizar un uso sostenible de los recursos naturales se deberá proponer la implementación del plan de manejo integral de las cuencas”.

Si analizamos el área de ubicación de los recursos hídricos, vemos que la cordillera oriental, es la fuente principal de este recurso, misma que con su ubicación y altura geográfica nos permite su aprovechamiento mediante el método más económico que es el almacenamiento por medio de presas, transporte, tratamiento y distribución por gravedad, lo que hace que se pueda dotar de este recurso a la población, con el menor costo de producción.

La zona de recursos para este fin se encuentra desde la zona del Ancohuma hasta el Jipata que hecha sus agua a la cuenca de Linku. La zona desde Tuni hasta el Huayna Potosí ya está siendo utilizada.

Para este fin se han analizado en especial, las cuencas de los ríos Jacha Jahuira y Linku.

Sin embargo, en la actualidad estas cuencas están siendo utilizadas por 4 Asociaciones de Regantes, 01-Tupac Katari, 02-Khara Khota Suriquiña, 03-Taypichaca Suriquiña y 04-Palcoco.

Se han construido 2 presas en Khara Khota (Río Jacha Jahuira) y Taypichaca (Río Linku), pero analizando su comportamiento se ha podido observar la posibilidad de ampliación de la capacidad de embalse, siendo el planteamiento construir una nueva presa en Khotia Khota (Laguna superior a la laguna Khara Khota) y ampliar la capacidad de la presa de Taypichaca, objeto de este estudio.

Mediante estas obras se pretende cumplir con lo indicado en los Términos de Referencia<sup>3</sup> del TESA que indican “*Este es un proyecto múltiple e integral que además de llevar agua*

---

<sup>3</sup> Términos de Referencia, Pto. 1 Objetivo de desarrollo del proyecto multipropósito de inversión, Pág. 4. “Consultoría para el Estudio Integral Técnico Económico Social y Ambiental (TESA) para el Proyecto Multipropósito de Recursos Hídricos para La Paz y El Alto (ATN/SX-13423-BO)”.



*para el abastecimiento del consumo humano en las ciudades de El Alto y La Paz, pretende también apoyar al desarrollo sostenible y al abastecimiento de agua para riego y consumo humano en las cuencas de aporte y su área de influencia directa, tomando en cuenta también los posibles efectos adversos del cambio climático a través de la implementación de medidas de adaptación.”*

Como consecuencia directa del proyecto se generaran de mayores fuentes de trabajo en la agricultura en el área del proyecto, se optimizará del manejo del agua de riego y se dotará con agua potable a la ciudad de El Alto.

#### **2.2.4 Indicadores económicos del proyecto<sup>4</sup>**

Desde el punto de vista técnico, la realización del proyecto se puede considerar factible, dadas las actuales condiciones de conocimiento tecnológico para la construcción de las infraestructuras. Se emplearían tecnologías conocidas, existiendo disponibilidad de empresas de construcción, servicios y materiales: proveedores de tubería de FFD y PRFV, fábricas de cemento y fuentes de áridos instalados en el sector con capacidad mucho mayor a la requerida y a distancias consideradas cortas. Se puede decir, por tanto, que se cuenta con todos los elementos para poder construir las obras en los plazos establecidos.

En cuanto a la cantidad de agua, la producción media de las cuencas puede proporcionar agua suficiente para suministrar agua para riego para los municipios de Batallas y Pucarani de la provincia los Andes y municipio de Huarina de la provincia Omasuyos y abastecer de agua potable a la ciudad de El Alto, en cantidad que satisfaga los objetivos previstos. La incidencia de este hecho es, en todo caso, sumamente positiva para el complejo urbano y para el entorno rural de la zona.

Desde un punto de vista social, se cuenta con un escenario de incidencia positiva a la ejecución del proyecto en algunas de las asociaciones (Tupac Katari y Palcoco), y algo más complejo en las asociaciones Taypichaca-Suriquiña y Khara Khota-Suriquiña donde presenta algunas dificultades. Con arreglo a esta situación, para viabilizar socialmente el proyecto, se recurrirá la intervención de los actores estatales, en una negociación que posibilite la realización del proyecto generando una respuesta positiva que redunde en la acogida de los componentes proyectados.

Desde el punto de vista ambiental, no se considera que la incidencia sea negativa, toda vez que la influencia del factor socioeconómico como generador de impactos positivos a partir de los proyectos de riego de las cuencas Jacha Jahuira y Linku, y el Manejo Integral de Cuencas (MIC), sin que exista una merma en los aspectos físicos y bióticos.

Por tanto, dentro de los factores considerados, es el factor sociocultural es el que define y definirá el proyecto, requiriendo de una negociación pausada y prolongada que requerirá esfuerzos extraordinarios por parte de las instituciones.

Desde un punto de vista financiero y económico, dado el carácter global y multipropósito del proyecto que se plantea, se considera que la incidencia es claramente positiva por lo que supone de inversión en la zona, creación de puestos de trabajo y vehículo de desarrollo económico de la zona.

<sup>4</sup> Primer Informe v04 Prointec (2014)

En el proyecto se logra un interesante rendimiento de la inversión. Si se considera, además, la relación beneficio-costos, el retorno ofrecido en relación a la magnitud de las inversiones y los ingresos arrojan niveles de rentabilidad que pueden considerarse adecuados, dado el carácter multipropósito del proyecto.

Por último, la no realización de este proyecto constituiría, fuera de toda duda, una incidencia negativa sobre el área, privando de agua potable a la población de El Alto, incluyendo las infraestructuras de conducción potabilización, y de un sistema de riego eficaz a las comunidades de la zona.

**Tabla 2.2-1. Análisis de la incidencia del proyecto**

ANÁLISIS COMPARATIVO		
ANÁLISIS DESDE EL:	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
PUNTO DE VISTA TÉCNICO	Aprovechamiento de los recursos hídricos en un 40 %, con la utilización de la tecnología ancestral de bajo rendimiento.	Aplicación de las investigaciones científicas e inserción de nuevas tecnologías y materiales. Aprovechamiento de los recursos hídricos en un 90 %
PUNTO DE VISTA ECONÓMICO	Deficiente utilización de los recursos hídricos de la zona montañosa Andina, gasto mayor para el estado al abastecer a El Alto de pozos profundos	Ahorro en los costos de adquisición del recurso agua, eficiencia en los procesos productivos en base al agua y mejora del nivel de vida urbano y rural.
PUNTO DE VISTA AMBIENTAL	Falta de investigación en la variedad de los tipos de flora y fauna, lo cual no permite una evidenciación para control y manejo de estos recursos. La falta de un manejo integral de cuencas no permite conservar adecuadamente el agua ni emplearla apropiadamente en el riego.	Mayor control en la conservación de los recursos de la flora y la fauna en el área del proyecto, gracias a la evidenciación de los recursos originarios de la zona y a la promoción de un Manejo Integral de las Cuencas
PUNTO DE VISTA SOCIAL	No se toma en cuenta las necesidades y percepciones de la población respecto al uso del agua. Es necesario aplicar tecnología apropiada para el manejo de recursos naturales y manejo del agua.	Planificación de transferencia tecnológica mediante conferencias y asambleas de instrucción con la aplicación de nuevos conocimientos en las ramas agropecuarias, interacción en los procesos productivos y mejora en los métodos de producción,
ÁMBITO LOCAL	Se ha evidenciado marcadas diferencias y miramientos en los municipios de Pucarani y Batallas en cuanto a la distribución de caudales y beneficios del proyecto para uno y otro municipio.	Es necesario sensibilizar respecto a la distribución de los caudales a nivel de autoridades municipales, comunales y asociaciones de regantes.

ANÁLISIS COMPARATIVO		
ANÁLISIS DESDE EL:	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
ÁMBITO NACIONAL	Mayor gasto para el estado, en el abastecimiento de agua potable de la ciudad de El Alto, por medio de pozos profundos. Las fuentes superficiales de conducción y distribución por gravedad son más económicas.	Mejora del nivel de vida de la población urbana y rural, con una utilización planificada de los recursos hídricos.

Es muy importante la realización del Estudio y su posterior implementación para el beneficio de las Asociaciones de riego, comunidades rurales y la ciudad de El Alto.

### 2.2.5 Costo de inversión del proyecto<sup>5</sup>

A continuación se presenta el detalle de los costos de inversión presentados a nivel TESA, según cada componente del Proyecto:

**Tabla 2.2-2. Costos de Inversión del Proyecto**

Nº	Descripción	Costo en Dólares	Costo en Bolivianos
1	Construcción presa Khotia Khota	796.892,99	5.546.375,21
2	Ampliación presa Taypichaca	1.945.345,34	13.539.603,57
3	Aducción de agua potable para El Alto	42.306.498,35	294.453.228,52
4	Planta de tratamiento de agua potable	8.990.379,19	62.573.039,16
5	Interconexión	10.821.794,82	75.319.691,95
6	Agua Potable para 13 comunidades	1.229.377,35	8.556.466,36
7	Proyecto: regadíos (Tupac Katari, Khara Khota – Suriquiña, Taypichaca - Suriquiña y Palcoco) + Canal P1	37.100.000,00	258.216.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>103.190.288</b>	<b>718.204.404,76</b>

Fuente: Diseño Finales, Prointec. Junio 30 de 2014

### 2.2.6 Costos ambientales

A continuación se presenta el detalle de los costos de mitigación ambiental y social presentados por CPM como parte del EEIAS, según cada plan de gestión ambiental y social del Proyecto:

<sup>5</sup> Diseños finales entregados, Prointec (2014)



**Tabla 2.2-3. Costos Ambientales y Sociales del Proyecto**

Programa	Costo (\$US)
Revegetación	304.775,00
Restauración de bofedales	685.808,00
Protección de fauna	115.000,00
Asistencia técnica y acompañamiento de riego	60.775,00
Capacitación y educación ambiental	49.597,70
Relacionamiento comunitario	15.804,60
Gestión y compensación social	1.411.778,22
Programa de emprendimientos para mujeres	873.373,57
<b>Total</b>	<b>3.516.912,09</b>

Seguimiento y control	Costo (\$US)
Seguimiento ambiental y social	117.800,00
Monitoreo de calidad ambiental	26.800,00
Monitoreo de humedales y bofedales	35.580,00
Monitoreo de condiciones productivas	14.100,00
Total	194.280,00

Fuente: EEIAS Sección 7 (CPM, 2014)

### 2.2.7 Costos de operación y mantenimiento

**Tabla 2.2-4. Costos de Operación y Mantenimiento**

Nº	Descripción	Costo en Dólares/mes
----	-------------	----------------------

## PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

1	O y M presa Khotia Khota	7.900,00
2	O y M presa Taypichaca	7.254,40
3	Aducción de agua potable para El Alto	4.575,08
4	Planta de tratamiento de agua potable	18.432,41
5	Interconexión	1.235,83
6	Agua Potable para 13 comunidades	2.744,11
7	Proyecto: regadíos (Tupac Katari, Khara Khota – Suriquiña, Taypichaca - Suriquiña y Palcoco) + Canal P1	

Fuente: Diseños Finales PROINTEC, Junio 30 de 2014

### 2.2.8 Vida útil del proyecto

- ✓ 30 años<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Tomo I- Mem. descriptiva\_abril 3, Estudio de Identificación, IC-Rimac (2013)

## 2.2.9 Ubicación del proyecto<sup>7</sup>

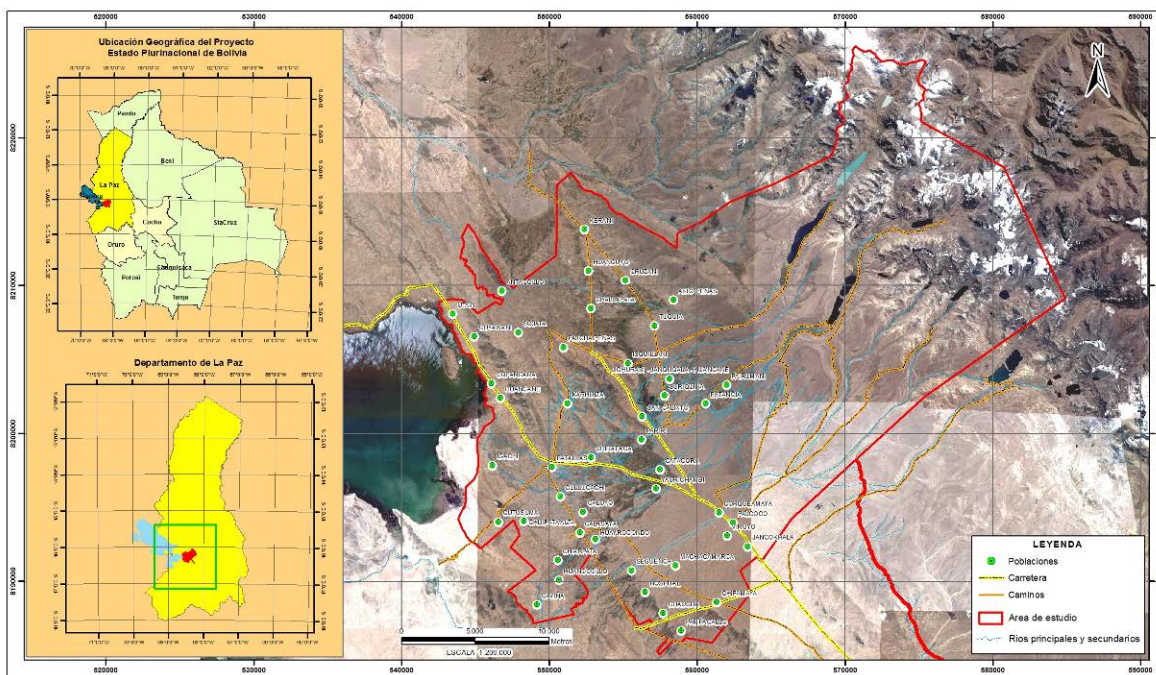
### 2.2.9.1 Macro Localización (Departamento, Municipio)

El PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO, se encuentra en el Departamento de La Paz, entre las provincias Los Andes, Omasuyos y Murillo del Departamento de La Paz, en los municipios de Batallas, Huarina, Pucarani, El Alto.

### 2.2.9.2 Micro Localización (Ubicación dentro del Municipio)

El área de estudio comprende las cuencas de los ríos Jacha Jahuirá y Linku, las zonas de riego y comunidades localizadas aguas debajo de estas cuencas, y el área urbana-metropolitana del municipio de El Alto.

Está ubicado entre coordenadas geográficas UTM-WGS 84 (Norte 8,225,500 y 8,175,000) – (Este 585,000 y 545,000).



**Figura 2.2-1 Ubicación general del proyecto**

Fuente: Prointec, 2014. Elaboración: Propia, CPM, 2014

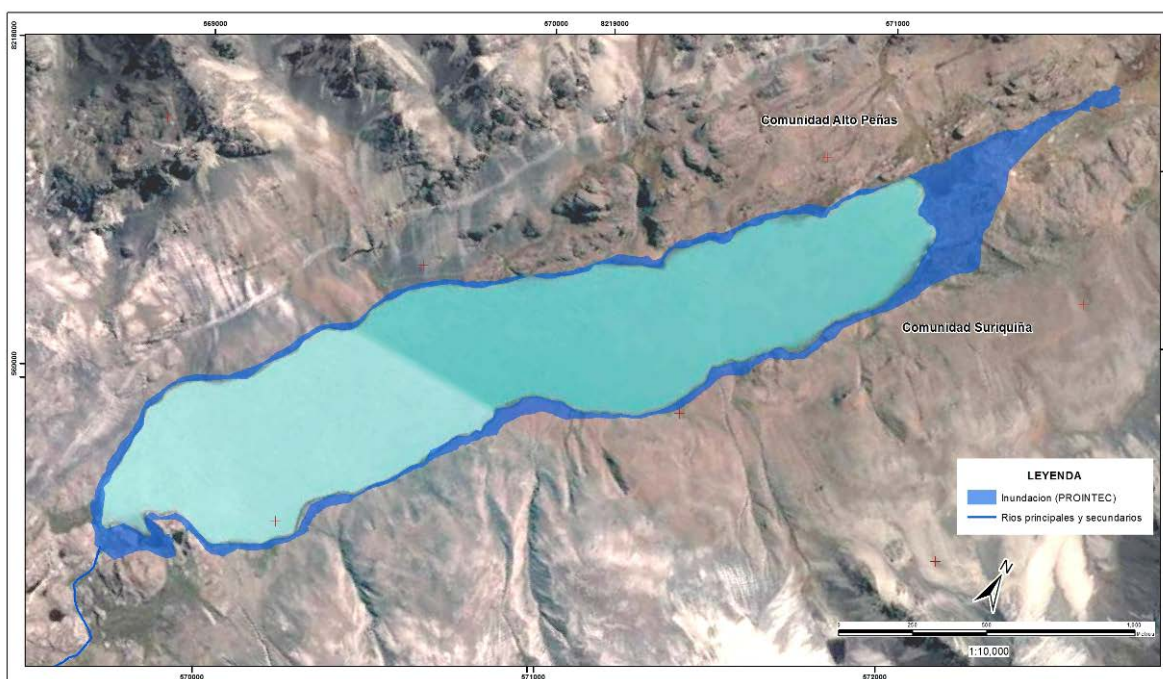
<sup>7</sup> Primer Informe v03 Prointec (2013)

### 2.2.9.3 Ubicación de la presa de Khotia Khota

El lago de Khotia se ubica en la cuenca del río Jacha Jahuira, aguas arriba de la presa de Khara Khota, dentro de la provincia Los Andes y el municipio de Batallas, en la jurisdicción de las comunidades de Alto Peñas y Suriquiña.

Está ubicada entre coordenadas geográficas UTM-WGS 84 (Norte 8,219,500 y 8,216,500) – (Este 571,500 y 569,000).

Esta cuenca corresponde a un valle de origen glacial, elongado y con un cierre en su parte terminal inferior con afloramientos rocosos de edad Paleozoica y notablemente metamorfizados por su contacto en profundidad con las intrusiones plutónicas de granodiorita de la Cordillera Real. Por esta razón es que estas rocas presentan una alta dureza.



**Figura 2.2-2 Ubicación Presa Khotia Khota**

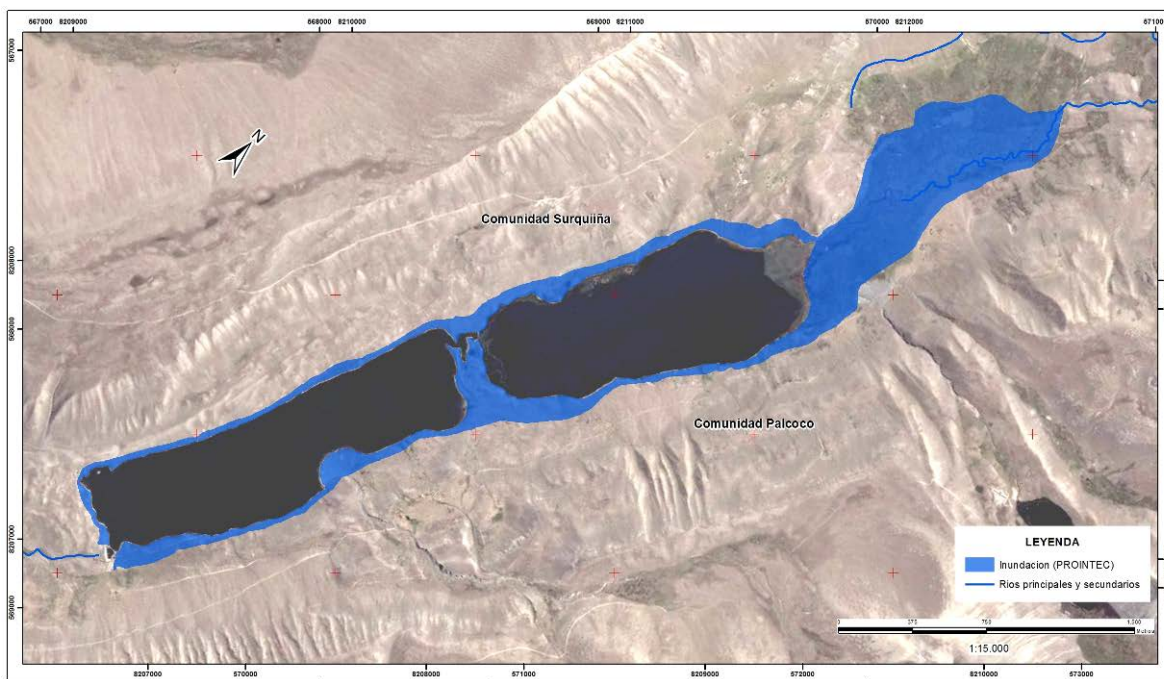
Fuente: Prointec, 2014. Elaboración: Propia, CPM, 2014

### 2.2.9.4 Ubicación de la presa de Taypichaca

La Presa de Taypichaca se ubica al sur de Khotia Khota, en la cuenca del río Linku, dentro de la provincia Los Andes y el municipio de Batallas y Pucarani, en la jurisdicción de las comunidades de Suriquiña y Palcoco.

Está ubicada entre coordenadas geográficas UTM-WGS 84 (Norte 8,211,000 y 8,207,000) – (Este 571,000 y 568,500).

La cuenca presenta un lago elongado de origen sub glacial rodeado por morrenas laterales y en su límite inferior por una morena frontal, en el extremo superior se presentan altos taludes donde afloran rocas de color oscuro, posiblemente pertenecientes a la Formación Uncía de edad silúrica y composición arcilítica con lutitas y pizarras.



**Figura 2.2-3 Ubicación presa Taypichaca**

Fuente: Prointec, 2014. Elaboración: Propia, CPM, 2014



### 2.2.9.5 Ubicación de las líneas de aducción

Las líneas de la aducción parten, desde Khotia Khota, con una cota de 4,485 (m.s.n.m) en un tramo de 14,54 (Km) y desde Taypichaca, con una cota de 4,335 (m.s.n.m) en un tramo de 4,84 (Km). Se interconectan luego del bofedal de Linku Punku, para después en una sola tubería conducir las aguas hasta la Planta de Tratamiento de Milluni Bajo en un tramo de 36,9 (Km).

La Aducción, está ubicada entre coordenadas geográficas UTM-WGS 84 (Norte 8,212,500 y 8,182,500) – (Este 580,000 y 562,500).

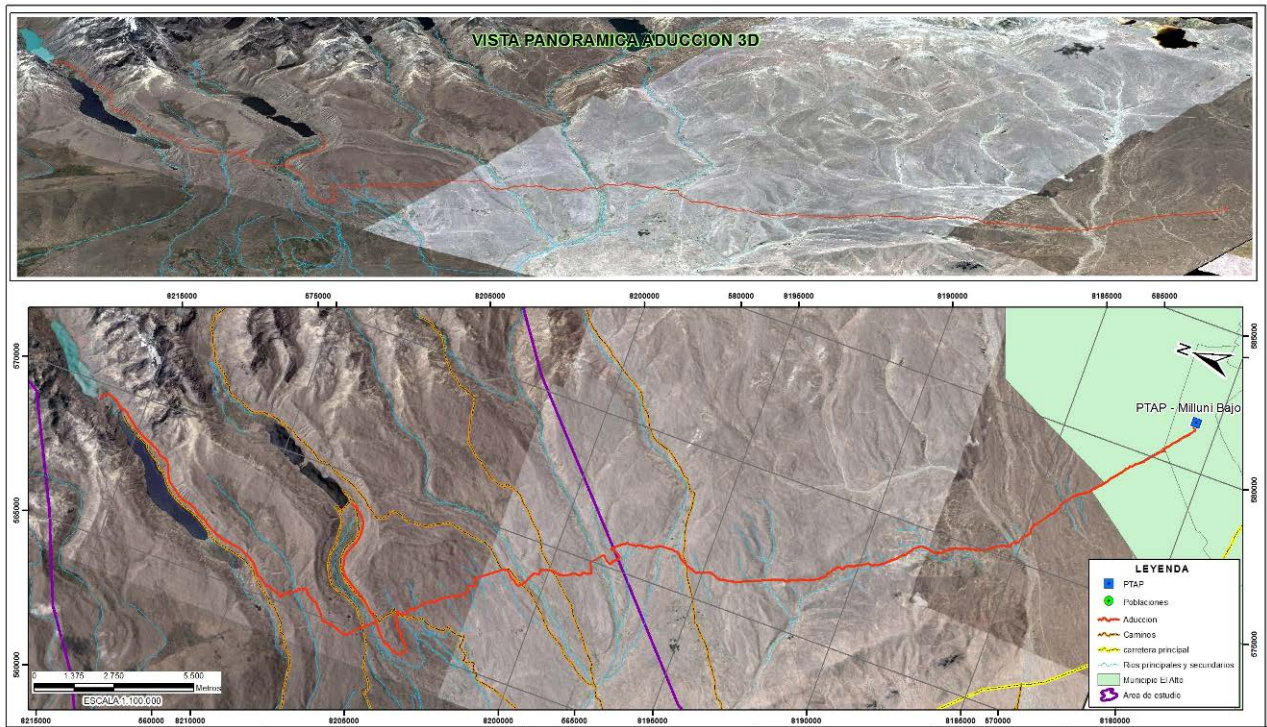


Figura 2.2-4 Ubicación de líneas de aducción y planta de tratamiento

Fuente: Prointec, 2014. Elaboración: Propia, CPM, 2014

### 2.2.9.6 Ubicación de la planta de tratamiento, estanques de almacenamiento y tuberías de interconexión

La Planta de Tratamiento de Ubica en la zona denominada Milluni Bajo. En la misma área estarían ubicados los Tanques de Almacenamiento que permitirán la distribución de agua potable a la ciudad de El Alto.

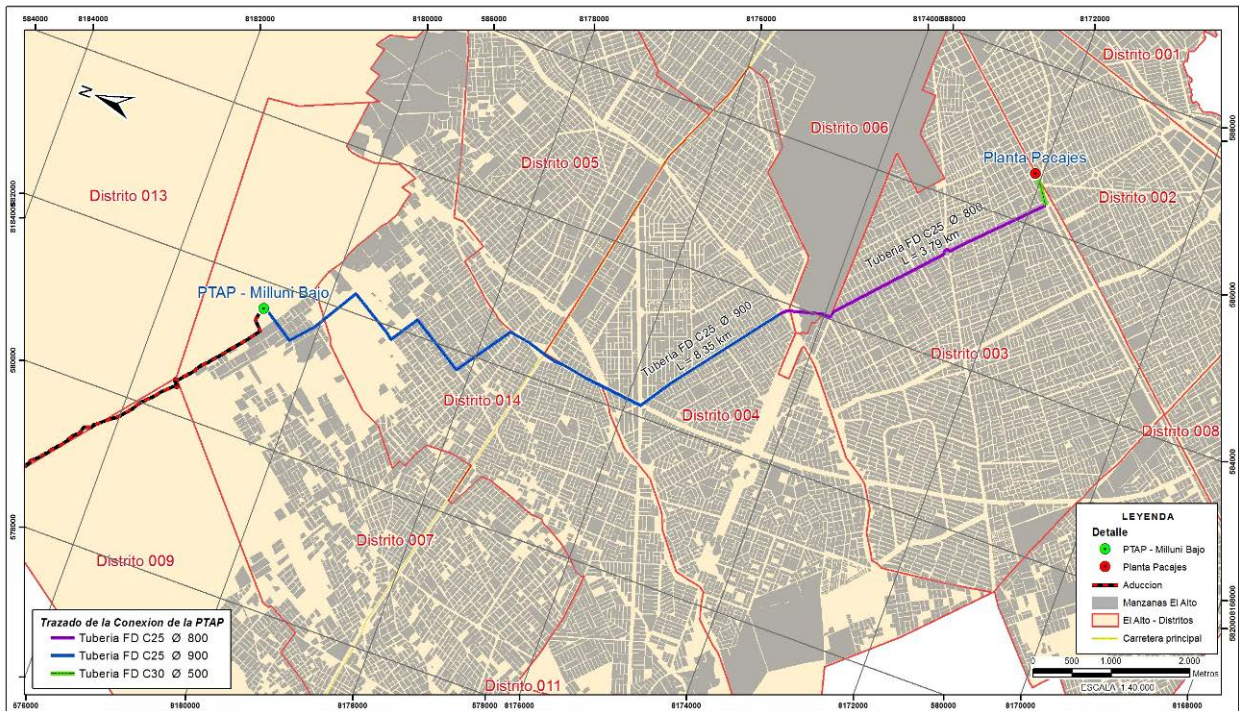
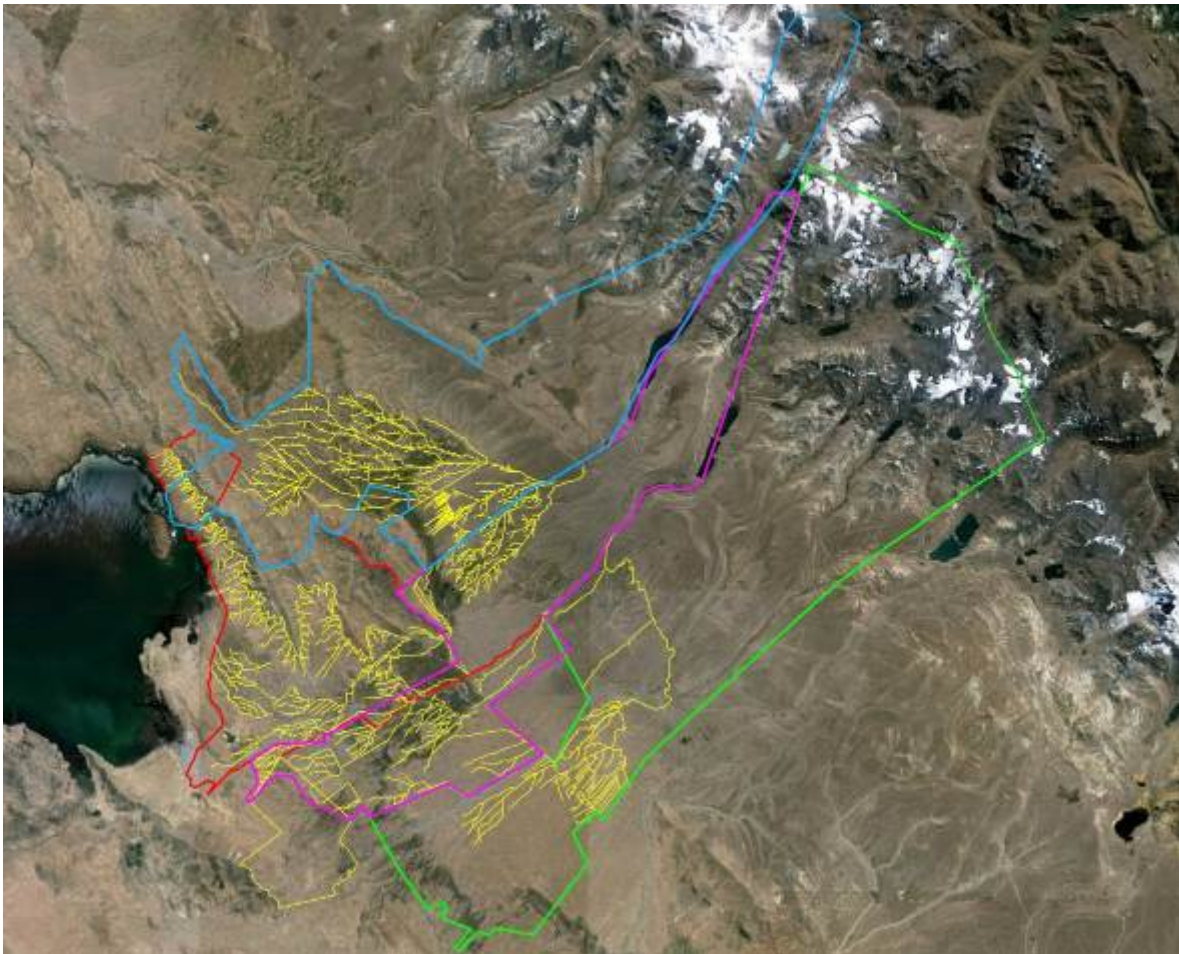


Figura 2.2-5 Ubicación de líneas de interconexión y planta de tratamiento

Fuente: Prointec, 2014. Elaboración: Propia, CPM, 2014

### 2.2.9.7 Ubicación de los proyectos de riego de la zona Jacha Jahuira, de la zona Taypichaca

Los proyectos de riego y agua potable para las comunidades, se ubican entre coordenadas geográficas UTM-WGS 84 (Norte 8,211,000 y 8,180,000) – (Este 570,000 y 545,000).

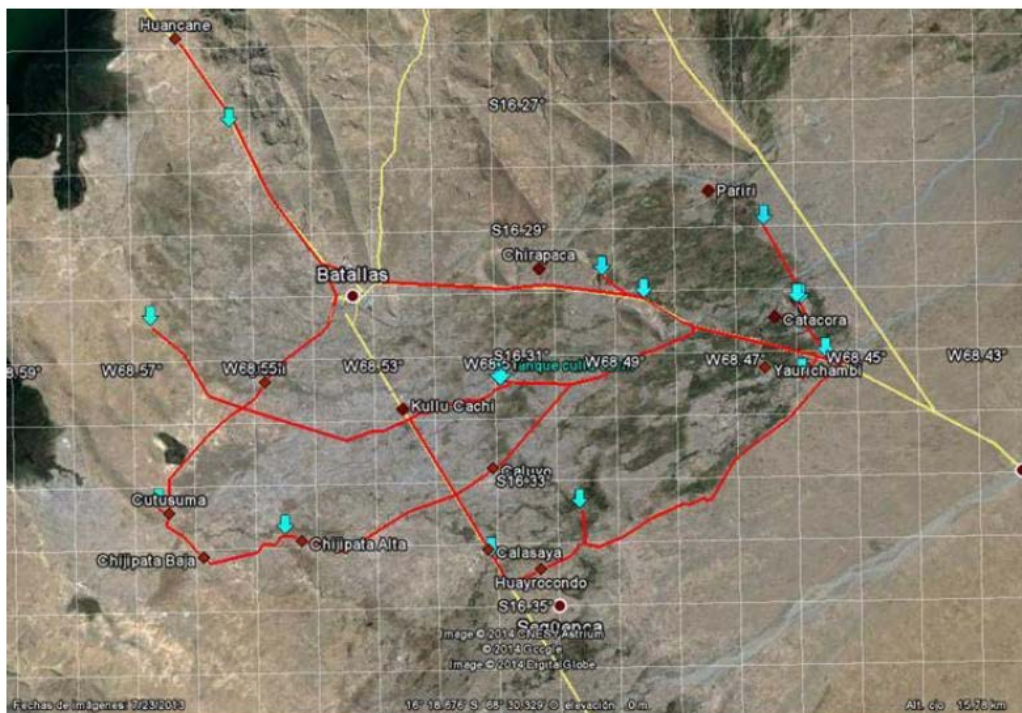


**Figura 2.2-6 Ubicación de los proyectos de riego de Jacha Jahuira, Taypichaca**

Fuente: Prointec (2013), CPM (2013)

### 2.2.9.8 Ubicación de Proyecto de agua potable para 13 Comunidades Rurales

El Proyecto de agua potable para 13 Comunidades, está ubicado entre las coordenadas geográficas UTM-WGS 84, Norte 8.207.350 y 8.192.900 - Este 562,950 y 546,800, 16°12'49" S y 16°20'39" S - 68°24'40" E y 68°33'43" E.



**Figura 2.2-7 Ubicación Geográfica del Proyecto de agua potable para 13 Comunidades**

Fuente: Prointec, 2014

Dentro esta área se encuentran las comunidades con las siguientes ubicaciones de sus puntos de conexión:

**Tabla 2.2-5 Ubicación de Proyecto agua potable para 13 comunidades**

Comunidad	Coordenadas UTM WGS 84 (19 K)	
	Este	Norte
Kullu Cachi	550,702	8,195,807
Caluyo	552,271	8,194,736
Calasaya	552,157	8,193,304

Comunidad	Coordenadas UTM WGS 84 (19 K)	
	Este	Norte
Huayrocondo	553,084	8,192,940
Chijipata Alta	548,866	8,193,519
Chijipata Baja	547,124	8,193,263
Cutusuma	546,525	8,194,048
Igachi	548,271	8,196,328
Huancané	546,805	8,202,426
Yaurichambi	557,12	8,196,417
Catacora	557,328	8,197,227
Chirapaca	553,232	8,198,221
Pariri	556,222	8,199,483

Fuente: MMayA, 2013, nota MMAYA/PPCR N° 416/2013 de 03.09.2013

### **2.2.10 Datos de ubicación (dirección, teléfonos, apartado postal, correo electrónico, dirección para notificaciones).**

- ✓ Ing. Marcial Berdeja Beltran – Coordinador de Proyectos de RRHH – MMayA
- ✓ Teléfono 2124364

## 2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO<sup>8</sup>

### 2.3.1 Presa de Taypichaca<sup>9</sup>

#### 2.3.1.1 Introducción

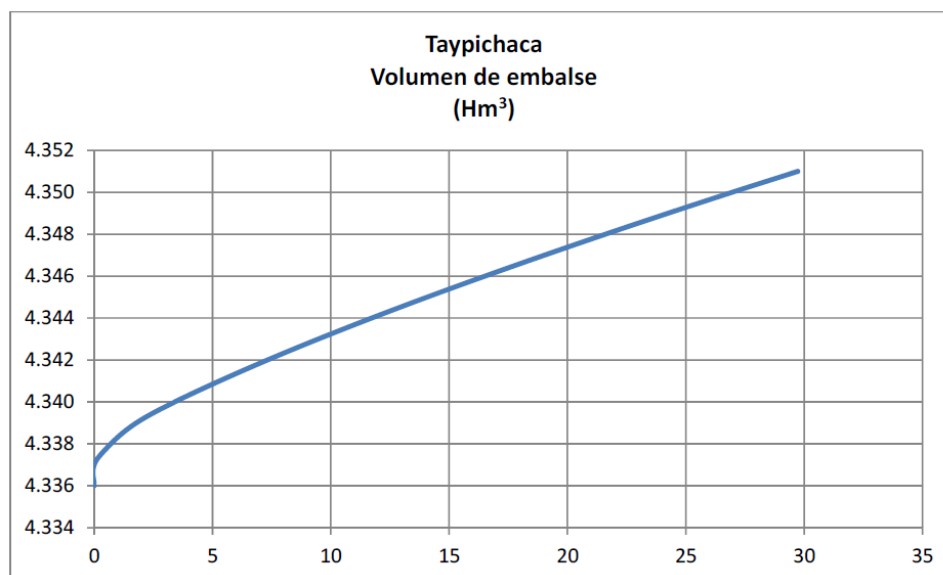
La actual presa de Taypichaca se construyó en 1990 y se sitúa en el desagüe de la laguna del mismo nombre. Se trata de una presa de tierras, homogénea, con protección de escollera en el paramento de aguas arriba y taludes aproximados 3H:1H aguas arriba y 2,5 H:1V aguas abajo.

#### 2.3.1.2 Características principales

Se plantea la elevación de la presa existente mediante el añadido de material sobre el espaldón de aguas abajo.

En el estudio de regulación realizado se ha estimado necesario un volumen de embalse de 28 Hm<sup>3</sup> para cumplir las necesidades futuras. La obtención este embalse precisa la elevación del nivel máximo normal hasta la cota 4350,5 que, con el consiguiente resguardo, supone una elevación de 9,5 sobre la presa actual.

La curva de capacidad del embalse es la siguiente:



La elevación del nivel de embalse requiere, además del dique principal, el cierre de un collado anexo situado en la margen derecha.

La presa se dimensiona para una avenida de proyecto de periodo de retorno de años y para una avenida extrema de 5.000 años.

<sup>8</sup> El detalle de análisis de alternativas se presenta en la Sección 6 del EEIAS

<sup>9</sup> MEMORIA\_PRESUPUESTOS\_PRESAS, Prointec (2014)

En relación a la sección adoptada, tanto para dique principal como para dique de collado, se mantiene la tipología de presa homogénea con taludes 3H:1H aguas arriba y 2,5 H:1V aguas abajo, con una berma intermedia en el espaldón de aguas abajo que se corresponde con la coronación de la actual presa, en el caso del dique principal.

Los dos diques se proyectan como terraplenes de “todo-uno” homogéneo, proveniente de las inmediaciones y compactados a densidades próximas al PM para asegurar una baja permeabilidad, resistencia suficiente y baja deformabilidad.

En las secciones centrales del dique principal se proyecta un dren de pie de evacuación de caudales filtrados bajo el espaldón de aguas abajo, en contacto con la formación natural.

Este dren de pie debe tener características de filtro con relación al terreno circundante, para impedir la migración de finos al dren, tanto los del propio todo uno del espaldón de aguas abajo como los que puedan ascender por capilaridad desde el cimiento.

En estas secciones centrales se dispone, por último, de un pequeño pedraplén de pie de presa, formado por gravas, que mejora las condiciones de estabilidad del espaldón y elimina riesgos de erosión de pie debidos a la salida de caudales de filtración.

El dique principal está formado por dos alineaciones rectas con una longitud total de 150 metros. La alineación principal es paralela al eje de la presa existente, desplazada 27 metros hacia aguas abajo, presentando un quiebro en el estribo derecho para alcanzar la cota de terreno necesaria.

Para el añadido de material sobre la presa actual y la unión con los nuevos rellenos, se acondicionará la superficie de talud existente mediante un saneo y retirada de material en una profundidad de un metro, perfilándose el talud mediante un escalonado con bermas de altura equivalente al espesor de una tongada (0,4 m). Se procederá a retirar también el material del pie del talud en un ancho de 5 metros.

Así mismo, se ha considerado el reperfilado del talud de aguas arriba de la presa actual y su protección con material de filtro y enrocado.

La cota de coronación es la 4353, y la cota del nivel del vertedero, correspondiente al nivel máximo normal es la 4350,5. La altura máxima de la presa sobre cimiento es de 23 metros.

El dique de collado está formado por una alineación recta de 210 metros de longitud, y la altura máxima sobre el cimiento es de 13,3 metros.

### **2.3.1.3 Vertedor y obra de toma**

El vertedor proyectado mantiene la misma tipología y se ubica en el mismo emplazamiento que el de la presa existente. La obra del vertedor actual será demolida y la superficie reperfilada con el fin de construir sobre ella el terraplén del cuerpo de presa.

Se trata de un vertedero lateral, con un canal colector de 3 metros de ancho y 10 metros de longitud, con labio de vertido a cota 4350,5, dimensionado para evacuación de un caudal de proyecto de 11,58 m<sup>3</sup>/s. El paso bajo coronación se resuelve mediante un cajón



de dimensiones útiles de 3x2, precedido aguas arriba de un tramo de transición de 5 m de longitud.

El trasdós de los muros en contacto con el terraplén de la presa se dotan de una inclinación 1H:4V con el fin de facilitar las labores de compactación en el contacto y evitar la formación de vías preferentes de filtraciones.

Una vez rebasada la coronación de la presa, la rápida se ejecuta con un canal de hormigón de sección rectangular de 3 metros de ancho, a media ladera, que finaliza en un cuenco amortiguador de energía, de 10 metros de longitud, tras el cual se dispone una protección de enrocado en el cauce.

La longitud total del vertedor es de 145,9 metros.

En cuanto a la obra de desagüe y toma, se ha optado por la demolición de la obra existente, con la consiguiente excavación sobre el talud de la presa actual, y la construcción de un conducto de acero de 1.000 mm de diámetro embebido en un dado de hormigón armado de 1,6 metros de lado.

Se ha descartado la posibilidad de aprovechar el conducto existente de sección cuadrada, de 1x1 metros, mediante su revestimiento interior con un conducto de acero de 900 mm de diámetro, hormigonando el espacio entre ambos, por las dificultades que se prevén en su ejecución, causadas por las posibles deformaciones o desalineaciones del conducto actual, así como por la imposibilidad de conocer el estado real de la estructura existente, y prever su competencia frente a la elevación de cargas a las que estará sujeto.

También se ha descartado la hinca de un nuevo conducto, cercano al existente, por las pocas garantías que ofrece este procedimiento en relación con la posibilidad de filtraciones a lo largo del trasdós del tubo hincado, así como por su elevado coste económico.

El conducto tendrá doble cierre. Aguas arriba estará controlado en su embocadura por una compuerta de paramento que se accionará desde una plataforma situada en el embalse y a la que se accederá mediante una pasarela que partirá desde el coronamiento de la presa.

Una vez atravesado el cuerpo de presa, el conducto contará con una válvula de control de tipo mariposa, DN 1000, alojada en una cámara por la que se derivarán caudales para riego y para mantenimiento del caudal del río. Anterior a esta válvula se dispondrá una derivación de DN 700 mm, destinada a abastecimiento de agua potable en la ciudad de El Alto. Esta conducción también contará con la correspondiente valvulería de control.



## 2.3.2 Presa de Khotia Khota<sup>10</sup>

### 2.3.2.1 Introducción

La presa de Khotia Khota embalsa aguas del río Jacha Jahuirá, aguas arriba de la presa de Khara Khota. Se localiza sobre un estrechamiento formado por rocas pizarrosas metamórficas en el extremo de aguas abajo del lago Khotia.

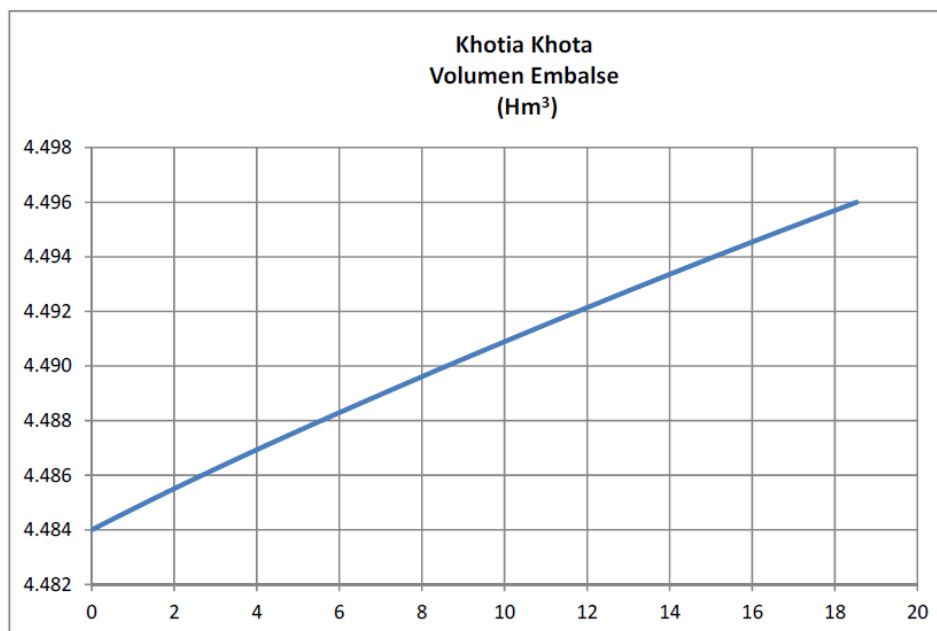
### 2.3.2.2 Características principales

La presa tiene una tipología de presa de gravedad de hormigón convencional vibrado. Es de planta recta con una altura máxima sobre cimiento de 8,2 metros y longitud de coronamiento de 95,8 metros.

Está constituida por siete bloques, siendo los cinco centrales de 15 metros de longitud y de 8,6 y 12,2 metros los situados en los estribos de margen derecha y margen izquierda, respectivamente. La impermeabilización de las juntas entre bloques se consigue mediante dos tapajuntas de caucho de 50 mm de anchura próximos al paramento de aguas arriba.

La sección transversal presenta un talud vertical aguas arriba y 0,8 H.1V aguas abajo. El macizo de coronamiento se proyecta de 2 metros de ancho con sendos voladizos a los lados de 0,35 metros hacia aguas arriba, y de 1,05 m hacia aguas abajo, por lo que el ancho total del vial sobre la presa es de 3,4 metros. La cota de coronamiento es la 4491,5. La presa se construirá con hormigón en masa de resistencia característica de 20 Nw/mm<sup>2</sup>.

La curva de capacidad del embalse es la siguiente:



<sup>10</sup> MEMORIA\_PRESUPUESTOS\_PRESAS, Prointec (2014)

El fondo de la excavación se ha proyectado con una contrapendiente del 5%, favorable para la transmisión del esfuerzo cortante sin que se produzcan deslizamientos en el contacto presa - cimiento.

### **2.3.2.3 Vertedor y obra de toma**

El vertedor se localiza en la parte central de la presa, en el bloque nº3 sobre el actual cauce, y tiene un único vano de 8 metros de longitud. La cota del labio del vertedor es la 4490, correspondiente a máximo nivel normal de la presa, siendo el volumen de embalse a esta cota de 8,6 Hm<sup>3</sup>. El vertedor se dimensiona para un caudal de proyecto de 6,90 m<sup>3</sup>/s.

El canal de descarga sobre el paramento de la presa queda limitado por dos muros cajero de 0,75 m de altura que confinan la superficie de vertido. Al pie de la presa se ha proyectado un cuenco de amortiguación para disipación de la energía residual.

Las obras de toma y desagües se localizan en el bloque nº 2, contiguo al aliviadero. Se disponen tres conducciones independientes que atraviesan el cuerpo de presa embebidas en el hormigón, con los siguientes diámetros:

- ✓ DN 500 mm, para abastecimiento de agua potable a la ciudad de El Alto.
- ✓ DN 500 mm, para riego y evacuación hacia el embalse de Khara Khota, desaguando directamente al cauce, aguas abajo del cuenco de amortiguación de la presa.
- ✓ DN 300 mm, para riego de aynocas situadas en las cotas altas para las comunidades organizadas alrededor de las Asociaciones de Regantes de Suriquiña y Tupac Katari

Cada una de las conducciones cuenta con un doble cierre: una compuerta de paramento aguas arriba, y una válvula de mariposa aguas abajo.

Las válvulas de aguas abajo, así como los sistemas de aducción de aire, se sitúan en el interior de una caseta al pie del paramento. En ella se dispone un polipasto para facilitar las labores de montaje y reparación de los equipos.

En la embocadura, en el pie del paramento de aguas arriba, se dispondrá un dispositivo de toma protegido por una rejilla que impida la entrada a los conductos de materiales sólidos. Este dispositivo será común para las tres conducciones.

Las compuertas de paramento serán accionadas manualmente desde coronación, mediante un mecanismo de vástago que permita el izaje de las mismas.

### **2.3.3 Estudio de rompimiento catastrófico de presa**

Se presenta el indicado estudio en la Sección 5 del presente EIAS, en el acápite referido al análisis de riesgos.

### 2.3.4 Estructuras conexas de las presas<sup>11</sup>

Las principales estructuras conexas a disponer en las presas se indican a continuación.

#### **Aliviadero:**

Es la estructura que permite evacuar de forma controlada el agua sobrante o el agua de avenidas que no cabe en el volumen de almacenamiento disponible.

#### **Tomas y desagües:**

Su función es la regulación o evacuación de caudales con distintas finalidades: ecológica, abastecimiento, riegos, etc.

#### **Paso sobre el aliviadero:**

En el caso de que el aliviadero se sitúe sobre el cuerpo de presa o adyacente a éste, es conveniente dotarlo de un paso sobre él que facilite el tránsito peatonal sobre la estructura, comunicando ambos estribos de la presa.

Además de estas instalaciones, será necesario la creación o adecuación de accesos a las instalaciones de las presas.

A continuación se detallan las estructuras conexas a situar en ambas presas.

#### **2.3.4.1 Presa de Khotia Khota**

En esta tipología es habitual ubicar el aliviadero sobre el propio cuerpo de la presa, con la rápida sobre el paramento y el elemento de disipación de energía al pie del mismo. La longitud del vertedero será suficiente para permitir la evacuación de los caudales producidos por la avenida de diseño con una sobreelevación adecuada, sin producir rebosamientos y manteniendo unos resguardos aceptables.

Se prevé ubicar la estructura de control centrada sobre uno de los bloques de la presa, con un solo vano y con vertedero libre.

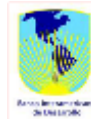
Sobre el paramento el flujo se mantendrá limitado por dos muros cajeros de hormigón, calculados con altura suficiente para evitar desbordamientos sobre el talud de aguas abajo.

La estructura de amortiguación se prevé ubicarla al pié del paramento, valorándose la posibilidad de disponer un trampolín de lanzamiento o un cuenco amortiguador. En este último caso, los muros cajeros sobre el talud se prolongarán como muros del cuenco de amortiguación. En caso de ser necesario, se protegerá el cauce de los efectos erosivos de los caudales evacuados mediante gaviones, protecciones de escollera o similar.

En relación a las tomas y desagües, estas deben responder a las siguientes necesidades:

- ✓ Evacuación de un caudal de 325 l/s para abastecimiento de agua potable a la ciudad de El Alto.

<sup>11</sup> Primer\_Informe\_v04, Prointec, 2014



- ✓ Evacuación de un caudal de 500 l/s para riego y evacuación hacia el embalse de Khara Khota.
- ✓ Evacuación de un caudal de 200 l/s para riego de aynocas situadas en las cotas altas para las comunidades organizadas alrededor de las Asociaciones de Regantes de Suriquiña y Túpac Katari

Para ello, se dispondrán tres conducciones independientes que atravesarán el cuerpo de presa embebidas en el hormigón, con los siguientes diámetros:

- ✓ DN 500 mm, para abastecimiento de agua potable a la ciudad de El Alto.
- ✓ DN 600 mm, para riego y evacuación hacia el embalse de Khara Khota, desaguando directamente al cauce, aguas abajo del cuenco de amortiguación de la presa.
- ✓ DN 300 mm, para riego de aynocas situadas en las cotas altas para las comunidades organizadas alrededor de las Asociaciones de Regantes de Suriquiña y Tupac Katari. Esta obra de toma está conectada a un dissipador de impacto y un distribuidor que permitirá derivar los caudales largados para riego, medirlos y dividirlos en caudales iguales para Suriquiña y Tupac Katari, conduciéndolos por tubería hacia las áreas de riego.

Se prevé que las conducciones se alojen en el bloque del aliviadero y que cuenten con doble cierre cada una de ellas: una compuerta de paramento aguas arriba, y una válvula de mariposa aguas abajo.

Las válvulas de aguas abajo se situarán en el interior de una caseta al pie del paramento. En ella se dispondrá un puente grúa o polipasto para facilitar las labores de montaje y reparación de los equipos.

En la embocadura, en el pie de aguas arriba, se dispondrá un dispositivo de toma protegido por una rejilla que impida la entrada a los conductos de materiales sólidos. Este dispositivo será común para las tres conducciones.

Las compuertas serán accionadas desde coronación, mediante un mecanismo de vástago que permita el izaje de las mismas.

La estructura de paso sobre el vertedor se prevé mediante una pasarela que salve la longitud de vertido sobre la estructura de control de caudales, mediante vigas prefabricadas, o losa hormigonada "in situ".

#### **2.3.4.2 Presa de Taypichaca**

Se prevé el recrecimiento de la presa de Taypichaca (homogénea de materiales sueltos) mediante el adosado de material sobre uno de sus espaldones. Si bien suele resultar más sencillo realizar el recrecimiento sobre el espaldón de aguas abajo, en Taypichaca se valorará la opción de realizarlo sobre el de aguas arriba, ya que, a priori, parece que podría suponer un ahorro de material, y se podría contar con los restos de la antigua presa para ataguiar las obras.

La actual presa cuenta con un aliviadero lateral en el estribo izquierdo, el cual deberá ser demolido y sustituido por otro de similares características en el mismo estribo y a cota

superior. El paso del aliviadero bajo coronación se puede resolver mediante elementos prefabricados, tales como cajones o vigas, o mediante elementos hormigonados in situ.

Para la ejecución de la obra de toma se analizará la posibilidad de aprovechar el conducto existente que atraviesa el cuerpo de presa, dándole continuidad a través del espaldón ampliado. En la actualidad se dispone de un conducto de hormigón, de sección cuadrada, de 1x1 metros de sección libre, sobre el que se propondrán las actuaciones precisas para resistir el incremento de solicitaciones al que se verá sometido. A falta de un estudio más detallado correspondiente a etapas posteriores del proyecto, se prevé la posibilidad de realización de una nueva sección interior circular de diámetro 900 mm, y el hormigonado del espacio entre ambas. En el tramo de nueva construcción, en el espaldón recrecido, se puede establecer un diámetro de 1.000 mm.

El conducto tendrá doble cierre. Aguas arriba estará controlado en su embocadura por una compuerta de paramento que se accionará desde una plataforma situada en el embalse y a la que se accederá mediante una pasarela que partirá desde la coronación de la presa, manteniendo un esquema similar al del dispositivo actual.

Una vez atravesado el cuerpo de presa, el conducto contará con una válvula de control de tipo mariposa, DN 1000, alojada en un arquetón o caseta por la que se derivarán caudales para riego y para mantenimiento del caudal del río. Anterior a esta válvula se dispondrá una derivación de DN 700 mm, destinada a abastecimiento de agua potable en la ciudad de El Alto con un caudal de 650 l/s. Esta conducción también contará con la correspondiente valvulería de control.

Para posibilitar la tranquilización de los caudales de riego y restitución al río, aguas abajo de la válvula de control se dispondrá una arqueta de dissipación de impacto con un distribuidor doble, y dos aforadores RBC que permiten derivar los caudales para riego y hacia el río (Linku) Khullu Cachi.

### **2.3.5 Descripción de la aducción<sup>12</sup>**

Para la conducción del agua cruda almacenada en los embalses de Khotia Khota y Taypichaca hasta la PTAP de Milluni Bajo, se plantea un sistema de conducciones en presión, que recogerá, a través de sendas tomas, el agua de las dos presas, conduciéndola por gravedad hasta una cámara de rotura situada en el entorno del humedal de Linku Punku, donde se combinarán ambos flujos.

Posteriormente, el caudal total previsto circulará, de nuevo por gravedad, por una única conducción, de gran longitud, que transportará el fluido hasta su destino, en este caso, la PTAP de Milluni Bajo, donde se realizará el tratamiento, para la posterior regulación de la demanda de agua tratada, y su conexión con la red de distribución de la ciudad de El Alto.

El sistema constará por tanto tres ramales en el sistema de aducción, cuyas características geométricas principales, de cara al cálculo hidráulico, son las siguientes:

- ✓ Tramo Khotia Khota Linku Punku: a efectos de cálculo, se considerará que se toma el agua en el Nivel Mínimo de Explotación de la presa (hipótesis más

<sup>12</sup> 20140307\_Memoria\_Aduccion\_Interconexiones\_v00, Prointec (2014)

- desfavorable) a una elevación de 4.488,50 m.s.n.m, llegando a la cámara de Linku Punku, por su parte superior, a una elevación de 4.323,50 m.s.n.m
- ✓ Tramo Taypichaca - Linku Punku: de manera similar, se toma el agua, a presión atmosférica en una elevación de 4.337 m.s.n.m, y se entrega en la cámara a 4.323,50 m.s.n.m
  - ✓ Tramo Linku Punku - PTAP San Roque: en este caso, la toma se realiza en la citada cámara, a presión atmosférica, y a una elevación que coincide con el nivel mínimo del agua en el interior, a 4.321 m.s.n.m. la entrega, en la planta, se realiza, nuevamente a presión atmosférica, en una elevación de 4.195 m.s.n.m, que coincide con la entrada de la conducción por la parte superior de la cámara de llegada, un metro por encima del nivel máximo del agua en su interior.

Para la construcción del modelo geométrico de las conducciones, que posibilitará la realización del cálculo hidráulico, se precisa además de una topografía de la banda de la conducción, con un detalle tal que permita reflejar de manera fiel las pérdidas continuas, asociadas principalmente a la longitud, así como las pérdidas localizadas, generadas por elementos especiales como válvulas, y los cambios de dirección, verticales y horizontales, que impone la propia orografía de la citada banda.

A modo de resumen, el levantamiento topográfico arroja los siguientes datos (aparte de las citadas elevaciones de entrada y salida):

- ✓ Tramo Khotia Khota - Linku Punku: longitud de 14,54 km
- ✓ Tramo Taypichada - Linku Punku: longitud de 4,84 km
- ✓ Tramo Linku Punku - PTAP (Milluni Bajo): longitud de 36,90 km

Para la elección del trazado resultante, se han tenido en cuenta los siguientes criterios generales de buena práctica:

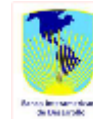
- ✓ Se minimizarán longitudes para optimizar inversión y cota llegada PTAP
- ✓ Se evitarán conducciones aéreas (afección ambiental)
- ✓ Se evitarán zonas de difícil acceso
- ✓ Se evitaran excavaciones de más de 5 metros
- ✓ Se evitarán puntos altos (depresiones en transitorios, acumulación aire)

### **2.3.5.1 Particularidades Tramo Khotia Khota – Linku Punku**

La traza de la conducción sigue bordeando el cerro hasta alcanzar una cota geométrica inferior a la carga de agua disponible, unos 1400 m al suroeste. Desde aquí, se siguen las curvas de nivel con una pendiente mínima mayor a la pérdida de carga existente, hasta alcanzar la traza del tramo de captación de Taypichaca, donde se sitúa la cámara de rotura.

Con esta opción se evita la construcción de los túneles, pero la longitud del tramo aumenta hasta 14.500 m.

La carga de agua a la llegada de la cámara de rotura es de 101 m.c.a., con lo que no existen problemas de funcionamiento por gravedad..



### 2.3.5.2 Particularidades Tramo Linku Punku - PTAP

Para optimizar los diámetros de la conducción, cumpliendo la limitación de la carga mínima necesaria para atravesar el cerro existente en el PK 29+500 sin la necesidad de realización de túnel, se considera un primer tramo de 900 mm y un segundo tramo de 800 mm. La longitud de estos tramos viene determinada por las pérdidas de carga existentes en cada uno de ellos, de manera que se consiga que la presión en el paso del collado sea superior a la limitación geométrica de éste. Sabiendo que las pérdidas en el tramo de 900 mm son de 2,05 m/km, y las del tramo de 800 mm son de 3,64 m/km, se define la longitud de los dos tramos que componen la conducción entre Linku Punku y la PTAP en 17,50 km con diámetro de 900 mm y una longitud de 19,60 km con diámetro de 800 mm.

Esta solución también evita el túnel hidráulico y optimiza mejor el funcionamiento del sistema, ya que se llega a la PTAP con una presión de 31 mca aproximadamente y se evita la necesidad de colocar un dispositivo reductor de presión.

Desde el punto de vista hidráulico, el cambio de diámetro en la conducción no supondría problema, únicamente existiría un cambio en las condiciones hidráulicas, aumentando la velocidad y las pérdidas de carga en el segundo tramo con respecto al primero

### 2.3.5.3 Definición constructiva del sistema de aducción

El sistema de aducción constará, como elemento principal, de las conducciones, ejecutadas mediante tubos de Fundición Dúctil, y piezas especiales para la resolución de cambios de dirección, tanto verticales como horizontales. Además, se tendrán otro tipo de elementos, que se clasifican atendiendo a su función, que puede dividirse, típicamente, en dos categorías:

#### Funcionamiento hidráulico/mecánico:

- ✓ Válvulas reguladoras de caudal
- ✓ Válvulas reductoras de presión
- ✓ Cámaras de rotura
- ✓ Tomas
- ✓ Anclajes (macizos)

#### Operación y mantenimiento

- ✓ Válvulas tipo ventosa o válvulas de cierre o válvulas de desagüe
- ✓ Válvulas de sobrevelocidad
- ✓ Cámaras de válvulas

A continuación, se describirán los distintos elementos, desde su aspecto constructivo, mecánico, y funcional.

### 2.3.5.4 Conducciones y piezas especiales

La conducción constará de tuberías, de distintas características, atendiendo a las condiciones de trabajo (fundamentalmente presión), como se verá, y de piezas especiales que permitirán ejecutar los cambios de dirección, tanto verticales como

horizontales, que se precisen para la adecuación de la directriz de la conducción al trazado propuesto.

### **Tuberías en Fundición Dúctil (FD)**

El material seleccionado, de modo general, para la ejecución de todos los sistemas de conducción del proyecto es la fundición dúctil, o fierro fundido dúctil. La elección de este material fue fruto de un análisis de alternativas en el que se plantearon diversas soluciones, como el PRFV y el acero soldado, que fueron finalmente descartadas, por cuestiones tanto técnicas, como económicas, y de suministro y garantía en Bolivia.

Las principales características de la FD pueden resumirse de la siguiente manera:

- ✓ Admiten elevadas presiones de trabajo
- ✓ Alta resistencia a impactos
- ✓ Dado su elevado peso, es necesaria maquinaria pesada para su montaje
- ✓ Facilidad de montaje: la unión es de tipo campana-enchufe
- ✓ Se trata de un material resistente a la corrosión

Una vez establecida la FD como material para la tubería, se procedió al cálculo hidráulico en régimen permanente y transitorio (por cierre de válvulas) para obtener tanto los diámetros óptimos de funcionamiento hidráulico, como la envolvente de presiones de trabajo que deberá soportar cada sección de la conducción, a lo largo de su vida útil. Es este dato, la presión de trabajo, el principal parámetro que dictará la tramificación según la que se “troceará” la tubería, asumiendo que cada uno de estos tramos tendrá características homogéneas en cuanto a presión de trabajo, y será objeto de una elección específica de tipo de tubo.

Establecido todo esto, se recurre a la norma internacional ISO 2531, en su versión más reciente de 2009, que establece el estándar internacional para el diseño de conducciones en FD. Esta norma establece el concepto de “Clase de presión”, que alude directamente a la presión de trabajo máxima que soportará la tubería, y de la que se desprenderán unas características geométricas, fundamentalmente el espesor, puesto que el diámetro vendrá fijado por consideraciones hidráulicas.

### **Piezas especiales**

Para la ejecución de cambios de dirección horizontal y vertical, se instalarán piezas especiales, suministradas por el fabricante, con estándar de calidad industrial, por tanto, y con características similares a las descritas para la tubería principal.

Estas piezas se suministran en distintos ángulos: 11,25° ; 22,5° ; 30° , 45° , 60° y 90°. Cada cambio específico de alineación se resolverá mediante la adición de estas piezas, y el ajuste de 2° que proporciona la junta campana-enchufe, y que puede ser ejecutado “in situ”, durante la puesta en obra.

#### **2.3.5.5 Zanja y relleno**

De importancia similar a la de la calidad de los materiales de la conducción, y de su puesta en obra, es la ejecución de una zanja con un material granular bien seleccionado, y compactado, para facilitar la deformación continua del material metálico



en las distintas condiciones de trabajo (tubería llena/vacía, paso de ejes sobre la superficie, etc).

Siguiendo la NB 639, se define la siguiente zanja tipo:

- ✓ Ancho zanja: el diámetro de la tubería más 0,50 m a cada lado, para tuberías de diámetro mayor o igual a 700 mm y el diámetro de la tubería más 0,30 m a cada lado, para tuberías de diámetro menor 700 mm.
- ✓ Taludes de la excavación: 1H/2V (Este talud se concretará en función de los resultados de los ensayos geotécnicos que se realicen)
- ✓ Recubrimiento mínimo de la tubería: 0,60 m, tal y como recomienda la Norma Boliviana NB 689: Instalaciones de Agua – Diseño para Sistemas de Agua Potable
- ✓ Espesor de la cama de apoyo bajo la tubería, realizada con material seleccionado: 0,10 m
- ✓ Altura de material seleccionado sobre la clave de la tubería: 0,30 m

### 2.3.6 Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)<sup>13</sup>

#### 2.3.6.1 Generalidades

El objetivo principal de este punto es definir procesos, obras e instalaciones necesarias que permitan la potabilización de las aguas procedentes de los embalses de Khotia Khota y Taypichaca, para que las distintas poblaciones ubicadas en el área de proyecto dispongan de agua apta para consumo humano.

Se ha completado la documentación referente a la calidad de agua a tratar en la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) mediante la realización de nuevos ensayos de laboratorio de los embalses de Khotia Khota y Taypichaca en diferentes épocas de año (seca y de lluvia), con el fin de disponer de la información más actualizada y real posible.

Teniendo en cuenta las vías de transición entre plataformas y los taludes intermedios considerados, la superficie total útil de la parcela de la PTAP es de 18.881 m<sup>2</sup>. En la superficie anterior no se han tenido en cuenta las superficies adicionales de desmonte y terraplén exteriores que serán necesarias en el emplazamiento definitivo del área de la planta con el terreno.

Teniendo en cuenta las superficies de desmonte y terraplén, así como el vial de acceso desde el vial principal existente, la superficie total ocupada por la planta es de 20.853,86 m<sup>2</sup>.

Si bien los análisis de laboratorio disponibles y los nuevamente realizadas durante el desarrollo del presente proyecto indican que la característica del agua a ser tratada es de una calidad excelente, con valores por debajo de los límites permisibles por la legislación (NB 512, Reglamento de la NB 689), a excepción de parámetros microbiológicos tales como coliformes totales y termorresistentes, siendo necesario únicamente un proceso de desinfección de las aguas para eliminación de los mencionados patógenos, condiciona la necesidad de instalar una planta de tratamiento.

<sup>13</sup> MEMORIA\_PTAP, Prointec (2014)

Una vez asumida la decisión de instalar una planta potabilizadora, se ha procedido a determinar los diferentes procesos de tratamiento que comprendería la futura planta, en base a los siguientes criterios:

- ✓ Adopción de medidas de seguridad ante el previsible empeoramiento de la calidad de las aguas en época de lluvia, debido al significativo aumento de la turbiedad en plantas potabilizadoras similares y cercanas, como la de Alto Lima, en las que se llegan a registrar valores de hasta 200 NTU en lugar de los habituales 4 NTU. Como medida de corrección a esta situación estaría la de dosis elevadas de reactivo coagulante.
- ✓ Adicionalmente en época seca se podrían producir fenómenos de crecimientos de algas en las fuentes de captación, razón por la que resultaría de interés contar con un sistema de tamizado en cabecera de planta, encargado de eliminar ese exceso de materia orgánica susceptible de ser oxidado por el cloro y producir compuestos organoclorados potencialmente cancerígenos (trihalometanos).
- ✓ Incertidumbre sobre la evolución de la calidad de las aguas una vez finalizadas las obras previstas en los embalses de cabecera y conducciones, lo cual podría modificar la calidad del agua cruda.
- ✓ Adecuación del proceso de tratamiento óptimo a la calidad del agua cruda, la casuística del país y la calidad exigible del agua tratada.

Por todo ello se proyecta la construcción de una PTAP para 1,0 m<sup>3</sup>/s dotada de un sistema de tratamiento complementario al de la imprescindible desinfección, caracterizado por la posibilidad de acondicionar el agua cruda según su caracterización, de forma que si resulta necesario se le pueda aplicar todos o alguno de los siguientes procesos de tratamiento:

- ✓ Tamizado (3 mm).
- ✓ Aireación (por cascada).
- ✓ Depósito de regulación.
- ✓ Físico-químico (coagulación-floculación).
- ✓ Filtración (por arena).

La justificación de los procesos de tratamiento mencionados viene dada por las siguientes:

### **Tamizado**

Se ha considerado necesaria la presencia en de este pretratamiento al objeto de retener elementos orgánicos en suspensión que pudieran llegar a la planta, y ocasionar un consumo innecesario de reactivos oxidante a la vez que formar compuestos tóxicos como trihalometanos.

### **Cascada de Aireación**

Aunque con las analíticas actualmente disponibles y los datos que muestran acerca de hierro, manganeso y oxígeno disuelto no resultan preocupantes y por tanto este sistema no resulta ser imperiosamente de necesaria instalación, se ha decidido incorporarlo en base a los siguientes argumentos:

- ✓ Cierta incertidumbre analítica ante la calidad del futuro influente de la planta.

Posibilidad de variaciones del mismo ante las futuras actuaciones previstas en los embalses de captación que pudieran cambiar la composición de sus aguas.

- ✓ Escaso costo de implantación del sistema de aireación por cascadas.
- ✓ Este sistema de aireación no posee equipamiento electromecánico, por lo que no conlleva costes de explotación.
- ✓ Este sistema permite poseer una alternativa de tratamiento ante hipotéticos futuros contaminantes. Mientras no resultase necesaria su aplicación, se le puede aplicar un by-pass.

### **Depósito de regulación**

Se ha decidido instalar un sistema de depósito de regulación del agua bruta de entrada y en cierta medida de decantación de parte de los sólidos que pueda recibir, que principalmente añade la ventaja de la versatilidad a la hora de explotar la planta potabilizadora, al contar con cierta regulación hidráulica.

### **Tratamiento Físico/Químico con agitación mecánica**

Para una óptima retención de flóculos en los filtros de arena resulta necesario contar previamente con un adecuado sistema de desestabilización (coagulación) y agregación de partículas coloidales (floculación). De esta forma se generan flóculos de mayor diámetro y consistencia, de forma que el proceso de lavado de los filtros queda optimizado y permite mayor duración de las carreras de lavado, reduciendo tiempo de inactividad de los mismos y costes energéticos por consumos de los sopladores y bombas de lavado.

Si bien tradicionalmente en la zona se han instalado sistemas de agitación de mezcla rápida y lenta mediante métodos hidráulicos (resalto hidráulico en canales y canaletas Parshall en el caso del coagulador y de deflectores en la floculación), se ha optado en este caso por agitación mecánica.

La altísima implantación mundial de sistemas de agitación mecánica en las plantas potabilizadoras de nueva construcción viene dada por su cada vez mayor relativo bajo coste de implantación, de consumo energético y mantenimiento, desplazando a los antiguos sistemas de agitación hidráulica implementados en plantas de pequeño y mediano tamaño de países en vía de desarrollo.

Las principales ventajas que se obtienen son un mayor control sobre el grado de agitación necesario para cada escenario concreto de tratamiento, optimizando el consumo de reactivos y reduciendo costes a la vez que se optimiza la calidad del efluente.

### **Filtración por arena**

El sistema de filtración consta de un lecho de grava soporte seguido de otro de arena silíceo de 2 mm de talla efectiva y 1,5 de coeficiente de uniformidad.

Para un óptimo lavado que permita mayor duración de las carreras de lavado, reduciendo tiempo de inactividad de los mismos y sus costes energéticos asociados por los

sopladores y bombas de lavado, se ha optado por un sistema dual de limpieza de aire con agua en tres fases, ampliamente implantado en las plantas potabilizadoras de nueva construcción. Dicha secuencia de lavado es la formada por una primera fase de lavado con aire, seguida de otra de una mezcla de aire y agua y por último otra de únicamente agua.

En la concepción general de la PTAP, se ha tenido muy en cuenta los condicionantes ambientales con el objetivo general de minimizar el impacto sobre el medio. Por ello, aspectos como la implantación, la arquitectura o la jardinería están proyectadas con el máximo respeto ambiental.

### **2.3.6.2 Caudales de dimensionamiento y características del agua bruta**

La PTAP se diseña para un caudal nominal de 0,5 m<sup>3</sup>/s, contemplando al mismo tiempo una futura ampliación de otros 0.5 m<sup>3</sup>/s.

Desde el punto de vista hidráulico, los cálculos realizados para el diseño de la planta se han basado en las siguientes suposiciones de proceso:

- ✓ Caudal para dimensionamiento de proceso actual (0,5 m<sup>3</sup>/s) y futuro (1,0 m<sup>3</sup>/s).

La planta se ha dividido en 2 líneas idénticas paralelas, de manera que cada una de ellas está preparada para tratar hasta 0,50 m<sup>3</sup>/s. Además, las diferentes fases de tratamiento se han diseñado de manera que a caudal máximo previsto son capaces de funcionar correctamente, y si hubieran de trabajar a menores caudales, en todo caso, el mayor tiempo de retención del agua en cada una de las diferentes fases de tratamiento mejoraría las condiciones del agua tratada.

La PTAP, tratará aguas de dos fuentes de abastecimiento:

- ✓ Agua del embalse de Khotia Khota.
- ✓ Agua del Embalse de Taypichaca.

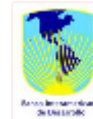
El agua mezcla final será la que se derivará hasta la PTAP.

Los resultados de análisis de las aguas de las fuentes de agua, se presentan a continuación, donde se detallan los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos actualizados, realizados en ambas fuentes de agua, haciendo una valoración sobre la calidad de cada uno de ellos.

Los valores utilizados como referencia para el diseño de la planta son los siguientes:

**Tabla 2.3-1 Resultados de análisis de agua**

	ANALÍTICA JULIO 2013		ANALÍTICA NOVIEMBRE 2013		ANALÍTICA ENERO 2014		Valor máximo aceptable Norma Boliviana 512
	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	
<b>Requisitos físicos y organolépticos</b>							
<b>Características</b>							
Color			5,00	7,00	5	12	15 UCV
Sabor y olor			Ninguno		Aceptable	Aceptable	----
Turbiedad	1,24	1,48	1,73	4,93	3,38	10,9	5 UNT
Sólidos totales disueltos	30	46	46	5	4	47	1000 mg/l
Sólidos en suspensión							
<b>Requisitos químicos</b>							
Dureza total	22	27	22	2	22,6	27	500,0 mg/l CaCO <sub>3</sub>
pH	6,98	7,14			7,29	7,17	6,5-9
<b>Compuestos</b>							
Aluminio			<0,04	<0,04	0,085	0,187	0,2 mg/l
Arsénico			<0,0010	<0,0010	0,00073	0,00144	0,1 mg/l
Amoniaco			0,11	0,11			0,5 mg/l
Antimonio			0,0035	<0,002	<0,0001	<0,00015	0,01 mg/l
Bario			<0,020	<0,020	<0,0003	0,0003	1 mg/l
Boro			0,072	0,089			0,3 mg/l
Cadmio			<0,00050	<0,0005	0,01	<0,00001	0,005 mg/l
Calcio	6,41	9,22	6,41	8,82	5,45	7,21	200,0 mg/l
Cianuro			< 0,0096	<	<	<2	0,1 mg/l
Cloro residual							1,0 mg/l
Cloruros	< 0,25	< 0,25	<0,25	<0,25	2,07	1,27	400,0 mg/l
Cobre			<0,05	<0,05	0,00062	0,0015	1,0 mg/l
Cromo total	< 0,05	< 0,05	<0,05	<0,05	0,0007	<0,00005	0,05 mg/l
Fluoruro	0,2	0,12	0,27	0,11	0,13	0,11	1,5 mg/l
Hierro total	< 0,05	< 0,05	<0,05	0,07	0,07	0,19	0,2 mg/l
Magnesio	1,46	0,97	1,46	1,46	2,18	2,19	50,0 mg/l
Manganeso	< 0,05	< 0,05	<0,05	<0,05	0,008	0,015	0,1 mg/l
Mercurio			<0,00020	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001 mg/l
Niquel			<0,0050	<0,0050	0,00285	0,00211	0,05 mg/l
Nitritos	< 0,01	< 0,01	<0,01	<0,01	0,005	0,009	0,1 mg/l
Nitratos	0,65	0,62	0,65	0,57	2,658	2,215	45,0 mg/l
Plomo			<0,0050	<0,0050	0,00006	<0,00006	0,05 mg/l



**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE**

	ANALÍTICA JULIO 2013		ANALÍTICA NOVIEMBRE 2013		ANALÍTICA ENERO 2014		Valor máximo aceptable Norma Boliviana 512
	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	
<b>Requisitos físicos y organolépticos</b>							
Selenio			0,0085	0,0044	0,00093	0,00066	0,01 mg/l
Sodio	1,76	1,64	1,78	2,00			200,0 mg/l
Sulfatos	16,91	20,13	18,33	25,58	1	20	600,0 mg/l
Zinc	< 0,05	< 0,05	<0,05	<0,05	0,0272	0,0341	5,0 mg/l
<b>Compuestos</b>							
Acilamida							0,5 µg/l
Benceno							2,0 µg/l
Benzo[a]pireno							0,2 µg/l
Cloroformo							100 µg/l
Cloruro de vinilo							2,0 µg/l
Epiclorhidrina							0,4 µg/l
Etilbenceno							300,0 µg/l
Fenol	< 0,15	0,15	<50	<50	<	<2	1,0 µg/l
THM (Trihalometanos)							100,0 µg/l
TPH (Hidrocarburos)							10,0 µg/l
Tolueno							700,0 µg/l
Xileno							500,0 µg/l
<b>Requisitos para</b>							
Plaguicidas totales							0,5 µg/l
Plaguicidas individuales							0,1 µg/l
<b>Requisitos de radiactividad en el</b>							
Radiactividad alfa global							0,10 Bq/l
Radiactividad beta global							1,0 Bq/l
<b>Requisitos</b>							
Coliformes totales	100	350	5	5	1	50	0 UFC/100ml < 2 NMP/100 ml
Escherichia coli	< 1	< 1	<1	<	<	<2	0 UFC/100ml < 2 NMP/100 ml
Coliformes termo	< 1	< 1	2	<	<	4	0 UFC/100 ml
Pseudomona Aeruginosa							0 UFC/100 ml
Heterotróficas Totales							500 UFC/100 ml
Clostridium Perfringens							0 UFC/100 ml
Amebas							ausencia
Giardia							ausencia
Cryptosporidium							ausencia
<b>Parámetros de control</b>							

	ANALÍTICA JULIO 2013		ANALÍTICA NOVIEMBRE 2013		ANALÍTICA ENERO 2014		Valor máximo aceptable Norma Boliviana 512
	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	
Requisitos físicos y organolépticos							
Conductividad	54,6	62,4			65,8	67,4	1 500,0 $\mu$ s/cm
Alcalinidad total	12	14	9,00	1	9,	12	370,0 mg/l CaCO <sub>3</sub>
DBO5	-	<1	2,00	2,00			0,75-1
Temperatura					11,3	10,6	
Índice de Langelier					-2,66	-2,58	

	ANALÍTICA NOVIEMBRE 2013		ANALÍTICA ENERO 2014	
	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)	Kotia khota (mg/l)	Taypi chaka (mg/l)
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,89	7,14	6,32	6,41
	6,90	7,07		
	6,95	7,08		
	6,93	7,1		
	6,98	7,08		

Fuente: PROINTEC, 2014

### 2.3.6.3 Calidad del efluente de la planta

La calidad del agua tratada se ajusta a la especificada por la Norma Boliviana NB 512, presentada en la Tabla 2.3-1 (columna de la derecha).

### 2.3.6.4 Características del lodo

El lodo proveniente del agua de lavado, es sometido a un proceso de deshidratación. Después del mismo, se establece que el lodo tendrá las siguientes características:

Porcentaje de sólidos  $\geq$  25 %

### 2.3.6.5 Línea de lodos

Las aguas de lavado de los filtros contienen toda la materia en suspensión así como lodos que se originan en el proceso de potabilización del agua. La línea de lodos tiene por objeto separar los sólidos formados de las aguas retornando éstas de nuevo a la entrada del tratamiento. Con ello se eliminan los vertidos, y el recurso es aprovechado al máximo.

Se describen, en los próximos apartados, los equipos previstos para el secado o deshidratación de los lodos formados.

### **2.3.6.6 Tanque de agua sucia de lavado**

Se proyecta la construcción de un tanque de agua de lavado procedente del lavado de los filtros, con capacidad para albergar el volumen generado durante dos lavados consecutivos.

Además se ha contemplado la conexión de la red de tuberías de limpieza de todos los elementos y aguas procedentes del lavado de los filtros y red de by-pass, en el depósito de aguas de lavado.

Su capacidad es de 700 m<sup>3</sup>, capaz de almacenar hasta el volumen equivalente a un total de 5 lavados espaciados entre sí dos horas.

A futuro y una vez realizada la ampliación de un segundo compartimento, el sistema de doble vaso estará optimizado, permitiendo una clarificación optimizada, dado que los sucesivos lavados no perturbarán el proceso de decantación en cada cámara, siendo desviados al compartimento contiguo. Con esto se asegura un correcto rendimiento del tanque.

Cada compartimentos, dispone de dos bombas de 12 m<sup>3</sup>/h a 10,0 m.c.a. para la extracción de lodos decantados. Estos lodos serán enviados a los lechos de secado.

Igualmente, y para optimizar las secuencias en tiempos, cada compartimento dispondrá de tres compuertas servomotorizadas, con el fin de ir evacuando el líquido clarificado al tanque de bombeo.

El agua de lavado almacenada se enviará de manera temporizada mediante dos (1+1) bombas centrífugas sumergibles con caudal unitario 95 m<sup>3</sup>/h a la entrada de la planta, para su tratamiento.

### **2.3.6.7 Bombeo a línea de lodos**

La línea de lodos comienza en el tanque de recolección de aguas de lavado procedentes del lavado de filtros.

Los lodos decantados se enviarán a lechos de secado mediante dos (1+1) bombas de 12 m<sup>3</sup>/h.

### **2.3.6.8 Lechos de secado de lodos**

Aunque este método requiere una gran superficie, está justificado al objeto de reducir el volumen de los lodos a transportar al vertedero.

Los lechos de secado están constituidos por capas de materiales drenantes dispuestas de forma vertical en un receptáculo. El lodo se deposita sobre estas capas de grava o arena produciéndose el filtrado y la deshidratación de los lodos por evaporación. Esta evaporación dependerá de las condiciones climáticas de la zona, los días de exposición de los lodos y las características del lodo.

El material drenante suele estar formado por capas de 10-30 cm. de arenas sobre una capa de grava de 10-20 cm., colocando una red de tuberías en la parte inferior para recolectar el agua que pueda ser drenada de los mismos. La capa de arena debe



reponerse cada cierto tiempo ya que se pierden arenas en el proceso de filtrado y recogida de los lodos.

El diseño de los lechos de secado adoptado es el de dos áreas rectangulares de 19x8,2 metros, lo que da un área de 304 m<sup>2</sup>.

### 2.3.6.9 Descripción general de la solución adoptada

Las obras incluidas en el presente Proyecto abarcan los siguientes aspectos:

#### Línea de agua

- ✓ Cámara de llegada prevista de pozo de recepción de agua cruda, así como sistema de desbaste de finos mediante rejillas autolimpiantes de 3 mm de espaciamiento.
- ✓ Sistema de aireación mediante cascadas, formado por 4 escalones de 0.30 metros de altura cada uno de ellos.
- ✓ Depósito de entrada de 3.308 m<sup>3</sup> de capacidad dividido en dos compartimentos de idéntica capacidad, lo que proporciona un tiempo de retención de 1,84 horas.
- ✓ Dispositivo de medición y control de caudales de entrada a la PTAP, dotada de caudalímetro electromagnético, válvula de mariposa de corte y válvula de mariposa de regulación de caudal.
- ✓ Línea de by-pass de planta mediante sistema de vertederos acordes a la piezométrica proyectada.
- ✓ Una (1) línea de tanques de mezcla rápida (coagulación) de dimensiones unitarias 5,0 x 5,0 x 5,0 metros. Un agitador verticales de mezcla de potencia unitaria 7,5 Kw.
- ✓ Una (1) línea de tanque de floculación, constituido por un tanque en serie de dimensiones unitarias 6,8 x 6,8 x 5,0 metros. Dos agitadores verticales de floculación de potencia unitaria 0,75 Kw.
- ✓ Cuatro (4) filtros abiertos de arena de dos celdas con dimensiones interiores 9,0 x 3,4 metros y altura de arena de 1,15 metros. Depósito de agua filtrada desde el cual aspiran dos (1+1) bombas de lavado con capacidad de 1.530 m<sup>3</sup>/h. Dos (1+1) compresores de lavado de caudal unitario 2.000 Nm<sup>3</sup>/h.
- ✓ Red de tuberías de limpieza de todas las unidades de tratamiento y aguas procedentes del lavado de los filtros que llegan al depósito de aguas de lavado de 1.280 m<sup>3</sup>, dividido en dos compartimentos de 640 m<sup>3</sup> cada uno, optimizando el proceso de decantación de los sólidos y lodos que lleguen. Estará dotado de un bombeo de retorno de agua de lavado a la entrada de la planta, mediante dos bombas (1+1) de 203 m<sup>3</sup>/h a 10 m.c.a.

#### Instalación para almacenamiento y dosificación de reactivos

- ✓ Precloración y postcloración en base a cloro gas, mediante una instalación que consta de los siguientes elementos principales:

1 Unidad de evaporación de 50 kg/h

2 unidades de reguladores de vacío de 40 kg/h

2 unidades de reguladores de vacío de	10 kg/h
2 unidades de cabinas de	20 kg/h
2 unidades de cabinas de	10 kg/h

Adicionalmente se dotará a la instalación de contenedores de almacenamiento del cloro líquido, sistema de ventilación y torre de neutralización, así como analizadores de cloro libre a la salida de cada depósito de almacenamiento de agua tratada.

- ✓ Instalación de coagulante (sulfato de aluminio granular) mediante equipo dosificador y de preparación con 0,65 m<sup>3</sup> de volumen de tanque de disolución y tres (2+1) bombas dosificadoras de caudal unitario 1.275 l/h.

### **Línea de lodos**

- ✓ Bombeo de lodos decantados en depósito de aguas de lavado provenientes de los filtros de arena compuesto por (2) Uds de 25 m<sup>3</sup>/h a 10 m.c.a. y deshidratación de lodos en Lechos de secado.

### **Varios**

- ✓ Red de agua potable.
- ✓ Red de agua industrial.
- ✓ Instalación de aire comprimido.
- ✓ Red de drenajes y limpieza.
- ✓ Sistema de control e instrumentación.
- ✓ Instalaciones eléctricas.
- ✓ Elementos de seguridad, de taller, de laboratorio, mobiliario y repuestos.
- ✓ Edificios de control y reactivos.
- ✓ Construcción de tres depósitos de agua tratada de 5.000 m<sup>3</sup> cada uno y una altura de lámina de agua de 6 m. en el área de la PTAP.

### **2.3.6.10 Implantación en la PTAP**

En el diseño de la implantación de la planta potabilizadora son muchos los factores que intervienen en la ubicación de los diferentes aparatos que constituyen las líneas de tratamiento.

- ✓ En este caso se pueden establecer como condicionante los siguientes:
- ✓ Forma y topografía del área de la planta.
- ✓ Puntos de entrada de agua cruda y salida del agua tratada.
- ✓ Condicionantes ambientales.
- ✓ Disposición secuencial y agrupamiento lógico de los aparatos constitutivos de un proceso.
- ✓ Características geotécnicas del terreno.

Todo lo anterior unido siempre a la premisa de disminuir los costes de aquellas unidades no determinantes del proceso, tales como excavaciones o cimentaciones, que han conducido a la implantación reflejada en los planos adjuntos.



### 2.3.6.11 Línea piezométrica

Generalmente, para la determinación de la línea piezométrica de una planta potabilizadora se tienen en cuenta los siguientes condicionantes:

- ✓ Cota de entrada del agua cruda y cota mínima en depósito del agua tratada para su disposición a la red.
- ✓ Dimensiones de las estructuras de cimentación de cada uno de los elementos de la línea de agua, y condicionantes geotécnicos del área de la planta.
- ✓ Formas y cotas de urbanización finales en el área de la PTAP adoptando alturas de revancha adecuados sobre la coronación de los muros de los diferentes elementos.

Análogamente, y sobre las máximas cotas de lámina de agua, se han realizado los ajustes pertinentes para alivios de seguridad en caso de cierres de líneas.

Las líneas de by-pass general de planta, siguiendo el pliego, se han calculado para el máximo de 1,0 m<sup>3</sup>/s de caudal posibles a verter en el caso de ampliación.

### 2.3.6.12 Aspectos singulares de la solución proyectada

Se describen en este apartado aquellos aspectos más representativos de la obra proyectada a juicio de los proyectistas, que se pueden agrupar en los siguientes puntos:

#### 1.- Organización de la PTAP

Se ha organizado la PTAP en dos grandes líneas de tratamiento de capacidad unitaria de tratamiento 0,5 m<sup>3</sup>/s con funcionamientos prácticamente independientes. A la vez todos los elementos de ambas “líneas” se han agrupado de tal forma que su funcionamiento conjunto sea homogéneo.

Se ha procurado diseñar una planta modulable al 50%, preponderando la simetría de las líneas, con el fin de optimizar el proceso hidráulicamente, así como ofrecer una estética más agradable e integrada en el entorno.

#### 2.- Edificación e integración paisajística

La edificación se ha cuidado en cuanto a calidad y estética, buscando los siguientes objetivos principales: Funcionalidad, integración en el entorno (sostenibilidad), y durabilidad.

La funcionalidad, recurriendo a estructuras, cerramientos y cubiertas prefabricadas consiguiendo espacios sin pilares intermedios que entorpezcan las labores de mantenimiento.

La funcionalidad, desde nuestro punto de vista, es el principal valor a la hora de definir un edificio, y por ello se supeditan a él todos los demás.

#### 3.- Calidades y marcas de los equipos electromecánicos ofertados.

Los materiales ofertados, de acuerdo a las especificaciones del proyecto, son de una alta calidad.



Las marcas de equipos propuestos en este proyecto corresponden a fabricantes con reconocida experiencia en el campo del tratamiento de aguas potables.

### 2.3.7 Agua potable 13 comunidades rurales<sup>14</sup>

#### 2.3.7.1 Descripción de los componentes del sistema

El proyecto consiste en la conducción de agua por gravedad desde el final del Proyecto Mi Agua II ubicado en el Cerro Calvario de la Comunidad Catacora, hasta las 13 comunidades del Municipio de Batallas que son Kullu Cachi, Caluyo, Calasaya, Huayrocondo, Chijipata Alta, Chijipata Baja, Cutusuma, Igachi, Huancané, Yaurichambi, Catacora, Chirapaca y Pariri para conectar a las redes de agua potable existentes en cada comunidad, la longitud total de los tramos de aducción es de 10.421 m tubería de aducción por gravedad de PVC 6" (DN 150) y 43.653 m tubería de Aducción por gravedad de PVC 3" (DN 75).

Las longitudes de los tramos de aducción y los diámetros de las tuberías son los siguientes:

- ✓ Conexión a 2 tanques en el cerro Calvario de Catacora
- ✓ 10.421 m tubería de Aducción por gravedad PVC 6" (DN 150)
- ✓ 43.653 m tubería de Aducción por gravedad PVC 3" (DN 75)
- ✓ 22 m tubería paso puente carretera La Paz-Huarina FFD 6" (DN 150)
- ✓ 16 m tubería paso puente carretera La Paz-Huarina FFD 3" (DN 760)
- ✓ 13 Conexiones a los tanques de cada comunidad
- ✓ 1 cámara rompe presión
- ✓ 15 cámaras purga de aire 3" (válvulas ventosa)
- ✓ 1 cámaras purga de agua 6"
- ✓ 21 cámaras purga de agua 3"
- ✓ 1 hipoclorador
- ✓ 1 Tanque gemelo en el cerro calvario de Catacora (100 m3)

#### 2.3.7.2 Parámetros de diseño

La Norma NB 689, el punto 2.3 Parámetros Básicos de Diseño, indica que los parámetros básicos de diseño deben ser establecidos considerando el área del proyecto y el periodo de vida útil del proyecto. Entre los parámetros básicos de diseño se deben considerar:

<sup>14</sup> Memoria proyectos de agua potable comunidades corr, Prointec (2014)

- ✓ Población del proyecto.
- ✓ Consumo de agua.
- ✓ Caudales de diseño.
- ✓ Periodo de diseño.

### 2.3.7.3 Población del proyecto

La población del proyecto, según la Norma NB 689, es el número de habitantes que ha de ser servido por el proyecto para el periodo de diseño, el cual debe ser establecido con base en la población inicial.

Para estimar la población de proyecto se debe considerar los siguientes aspectos:

a) Población inicial, o número de habitantes dentro el área de proyecto, se debe determinar mediante un censo poblacional y/o estudio socio-económico. Se aplicará los datos estadísticos del INE para determinar la población de referencia actual y los índices de crecimiento demográfico respectivos.

Para poblaciones menores, en caso de no contar con el índice de crecimiento poblacional, se adopta el índice de crecimiento de la población capital o del municipio. Si el índice de crecimiento fuera negativo se adoptará como mínimo un índice de crecimiento de 1%.

b) Población futura, es el número de habitantes que se debe estimar en base a la población inicial, el índice de crecimiento poblacional y el periodo de diseño.

Según la Norma NB 689, en el punto 2.3.1.1, Métodos de cálculo, para el cálculo de la población futura se pueden utilizar uno de los siguientes métodos de crecimiento, según el tipo de población, dependiendo de sus características socioeconómicas.

El punto 2.3.1.2, Aplicación de la NB 689, indica que el método a emplear debe ser aplicado en función del tamaño de la población, de acuerdo a lo especificado en la Tabla 2.1 de la NB 689, ver la siguiente Tabla.

**Tabla 2.3-2 Aplicación de métodos de cálculo para estimación de población futura**

Método	Población (habitantes)			
	Hasta 5 000	De 5 001 a 20 000	De 20 001 a 100 000	Mayores a 100 000
Aritmético	x	x		
Geométrico	x	x	x	x
Exponencial	x (2)	x (2)	x (1)	x
Curva logística				X

(1) Optativo, recomendable

(2) Sujeto a justificación

Fuente: Tabla 2.1. Aplicación de métodos de cálculo para la estimación de la población futura, NB 689

Aplicando la NB 689, punto 2.3.1.3 Criterio del proyectista, y partiendo de la información proporcionada por el MMAyA, los datos censales del INE y utilizando las fórmulas de los

métodos aritmético, geométrico, exponencial y Wappaus, se calcula la población futura, con una tasa de crecimiento del 1.00% anual, ligeramente mayor a la tasa indicada por el INE de 0.93%, para una población inicial de 6.013 habitantes, con la formula exponencial resulta un total de 7.938 hab a 30 años de proyección (año 2042), los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.3-3 Cálculo de la población futura, métodos, aritmético, geométrico exponencial y Wappaus**

año	Aritmético	geométrico	exponencial
2012	7,883	7,883	7,883
2013	7,961	7,961	7,961
2014	8,042	8,042	8,043
2015	8,118	8,124	8,124
2016	8,199	8,204	8,205
2017	8,279	8,286	8,287
2018	8,356	8,368	8,371
2019	8,435	8,453	8,454
2020	8,512	8,536	8,540
2021	8,592	8,622	8,625
2022	8,671	8,708	8,713
2023	8,751	8,795	8,799
2024	8,831	8,882	8,887
2025	8,908	8,971	8,976
2026	8,986	9,062	9,068
2027	9,066	9,152	9,159
2028	9,144	9,243	9,251
2029	9,224	9,336	9,343
2030	9,302	9,429	9,438
2031	9,381	9,525	9,534
2032	9,459	9,620	9,627
2033	9,538	9,715	9,724
2034	9,619	9,812	9,824
2035	9,697	9,911	9,920
2036	9,775	10,009	10,021
2037	9,855	10,109	10,122
2038	9,932	10,209	10,223
2039	10,012	10,313	10,325
2040	10,089	10,416	10,431
2041	10,170	10,518	10,537
2042	10,248	10,625	10,640

Fuente: Prointec.

La lista de 13 comunidades con el número de familias y habitantes según la información proporcionada por el MMAyA, es la siguiente:

**Tabla 2.3-4 Población proyectada por comunidad**

Comunidad	Población actual		Población Futura 2042
	Familias	habitantes	habitantes
Catacora	150	620	837
Igachi	213	816	1.101
Yaurichambi	195	733	989
Cullucachi	165	1.230	1.660
Cutusuma	114	500	675
Calasaya	142	980	1.323
Huayrocondo	97	414	559
Caluyo	64	417	563
Chijipata Alta	62	240	324
Chijipata Baja	56	190	256
Huancané	83	481	649
Chirapaca	175	882	1.191
Pari	150	380	513
<b>Total</b>	<b>1.666</b>	<b>7.883</b>	<b>10.640</b>

Fuente: Datos de población año 2012 - Proyecto Mi Agua II de MMAyA, documento adjunto a la nota MMAyA/PPCR N° 416/2013 de 03.09.2013

Plan de Desarrollo Municipal de Batallas 2012-2016 del GAM de Batallas (PDM Batallas 2012-2016).

### 2.3.7.4 Dotación

El punto 2.3.2.1 Dotación media diaria de la NB 689, indica que la dotación media diaria es el consumo anual total previsto en un centro poblado dividido por la población abastecida y el número de días del año. Es decir, el volumen equivalente de agua utilizado por una persona en un día.

Para el caso de sistemas nuevos de agua potable, con conexiones domiciliarias, la dotación media diaria puede ser obtenida sobre la base de la población y la zona geográfica dada, según lo especificado en la Tabla 2.2 de la NB 689 que se indica a continuación:

**Tabla 2.3-5 Dotación media diaria (l/hab- día)**

Zona	Población (habitantes)					
	Hasta 500	De 501 a 2000	De 2001 a 5000	De 5001 a 20000	De 20001 a 100000	Más de 100000
Del Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 200
De los Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
De los Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350
Notas:	(1)			(2)		

(1) Justificar a través de un estudio social.

(2) Justificar a través de un estudio socio-económico.

Fuente: Tabla 2.2. Dotación media diaria (l/hab-día), NB 689

Las dotaciones indicadas son referenciales y se deben ajustar sobre la base de estudios que identifiquen la demanda de agua, capacidad de la fuente de abastecimiento y las condiciones socioeconómicas de la población, se podrá utilizar datos de poblaciones con características similares.

La NB 689, punto 2.3.2.2, Dotación futura de agua, indica que se debe considerar en el proyecto una dotación futura para el periodo de diseño, que se debe utilizar para la estimación de los caudales de diseño.

La dotación futura se estima con un incremento anual de 1.00%, que está entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria que recomienda la NB 689, y se aplica la fórmula del método geométrico.

Se ha calculado la demanda y dotación para cada comunidad del Municipio de Batallas, se considera un consumo inicial de 60.0 l/h-d, a 30 años de proyección el consumo llega a 80.8 l/h-d, el resumen del cálculo se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 2.3-6 Demanda y dotación actual y futura**

Comunidad	2012			2042		
	Población hab	Consumo l/hab/d	Demanda m3/año	Población hab	Consumo l/hab/d	Demanda m3/año
Catacora	620	60	13578	837	80.9	24,715.35
Igachi	816	60	17870.4	1,101	80.9	32,510.88
Yaurichambi	733	60	16052.7	989	80.9	29,203.69
Cullucachi	1,230	60	26937	1,660	80.9	49,017.31
Cutusuma	500	60	10950	675	80.9	19,931.74
Calasaya	980	60	21462	1,323	80.9	39,066.21
Huayrocondo	414	60	9066.6	559	80.9	16,506.43
Caluyo	417	60	9132.3	563	80.9	16,624.55
Chijipata Alta	240	60	5256	324	80.9	9,567.23
Chijipata Baja	190	60	4161	256	80.9	7,559.30
Huancané	481	60	10533.9	649	80.9	19,164.00
Chirapaca	882	60	19315.8	1,191	80.9	35,168.44
Pariri	380	60	8322	513	80.9	15,148.12
<b>Total</b>	<b>7,883</b>		<b>172637.7</b>	<b>10,640</b>		<b>314,183.25</b>

Fuente: Datos de población año 2012 - Proyecto Mi Agua II de MMayA, documento adjunto a la nota MMAYA/PPCR N° 416/2013 de 03.09.2013

Plan de Desarrollo Municipal de Batallas 2012-2016 del GAM de Batallas (PDM Batallas 2012-2016).

Considerando el futuro funcionamiento del sistema, se aplica un 20% de porcentaje de pérdidas, este valor es necesario aplicar para tener un comportamiento real del sistema a calcular.





**Tabla 2.3-7 Demanda, perdidas en la red y demanda total futura**

Comunidad	Población hab	Consumo l/hab/d	Demanda m3/año	Perdidas en red (%)	Demanda m3/año
Catacora	837	80.9	24,715.35	0.2	29,658.42
Igachi	1101	80.9	32,510.88	0.2	39,013.06
Yaurichambi	989	80.9	29,203.69	0.2	35,044.43
Cullucachi	1660	80.9	49,017.31	0.2	58,820.77
Cutusuma	675	80.9	19,931.74	0.2	23,918.09
Calasaya	1323	80.9	39,066.21	0.2	46,879.45
Huayrocondo	559	80.9	16,506.43	0.2	19,807.72
Caluyo	563	80.9	16,624.55	0.2	19,949.46
Chijipata Alta	324	80.9	9,567.23	0.2	11,480.68
Chijipata Baja	256	80.9	7,559.30	0.2	9,071.16
Huancané	649	80.9	19,164.00	0.2	22,996.80
Chirapaca	1191	80.9	35,168.44	0.2	42,202.13
Pariri	513	80.9	15,148.12	0.2	18,177.74
<b>Total</b>	<b>10640</b>		<b>314,183.25</b>		<b>377,019.90</b>

### 2.3.7.5 Predios y su disponibilidad

Respecto a los predios y su propiedad, con los criterios adoptados para definir el trazado de la red de agua potable para las 13 comunidades del Municipio de Batallas, se cubre este requerimiento que es muy importante, los criterios son los siguientes:

- ✓ Se evita la afección a las parcelas.
- ✓ Solamente se cruza la carretera Huarina - La Paz en el puente del río
- ✓ En todos los tramos posibles, la conducción se dispone paralela a caminos y vías existentes.

### 2.3.7.6 Diseño hidráulico y estructural de las obras del proyecto

#### Aducción

Se realizó el análisis de alternativas partiendo del Proyecto Mi Agua 2, con las siguientes alternativas:

- ✓ Diseño de una red abierta de aducción
- ✓ Diseño de una red cerrada de aducción

La red abierta que se desestima por la falta de compensación de presiones en las puntas de las aducciones, escogiéndose la red abierta. La siguiente figura muestra la red abierta.



**Figura 2.3-1 Red abierta de aducción a las comunidades del Municipio de Batallas**

En la figura se observa que las puntas de la aducción se encuentran en las comunidades de Huancané, Igachi, Cutusuma, Chijipata Baja y Calasaya.

Mantener los caudales y presiones en cada comunidad es la principal dificultad para diseñar el sistema, en las comunidades por la necesidad de agua, confunden la dotación de agua potable con agua de riego, por lo tanto se necesitaría diseñar mecanismos hidráulicos de control de caudales, para tener una distribución segura a todas las comunidades.

Tabla 2.3-8 Datos técnicos de las líneas de aducción en red abierta

tramo de	a	Longitud m	cota superior msnm	cota inferior msnm	Desnivel m
Fin del Proyecto Mi Agua II					
Catacora	cruce Ruta 2	3,626	3,931	3,884	47
cruce Ruta 2	Huancané	8,182	3,884	3,846	38
		11,808			85
cruce Ruta 2	Caluyo	3,182	3,884	3,869	15
Caluyo	Khullu Cachi	1,895	3,869	3,859	10
Khullu Cachi	Igachi	2,460	3,859	3,844	15
		7,537			40
Catacora	Yaurichambi	2,143	3,963	3,930	33
Yaurichambi	Huayrocondo	5,333	3,929	3,870	59
Huayrocondo	Calasaya	997	3,870	3,864	6
		8,473			98
Caluyo	Chijipata Alta	3,562	3,869	3,847	22
Chijipata Alta	Chijipata Baja	1,762	3,847	3,836	11
Khullu Cachi	Cutusuma	4,493	3,859	3,848	11
Calasaya	Chijipata Alta	3,299	3,864	3,847	17

La red cerrada tiene dos alternativas:

- ✓ Una red cerrada que tiene la variante uniendo Cutusuma y el Tanque Igachi, con un ramal a Igachi.
- ✓ Una red cerrada que tiene la variante uniendo Cutusuma, pasa por Igachi y el Tanque Igachi.

En la siguiente figura se muestra las alternativas de redes de aducción.



Figura 2.3-2 Alternativas de red cerrada de aducción - comunidades del Municipio de Batallas

### 2.3.8 Proyecto de riego cuenca del río Jacha Jahuirá<sup>15</sup>

#### 2.3.8.1 Descripción resumida del sistema futuro

El proyecto, comprende el mejoramiento de la red de riego y el uso del agua proveniente de la represa Khara Khota y la nueva represa de Khotia Khota. Este proyecto contempla la construcción de una bocatoma lateral ubicada en el margen derecho e izquierdo de la rampa de salida de la presa de Khotia Khota para el riego de zonas de aspersión en las dos Asociaciones.

#### **Tupac Katari**

Comprende las siguientes obras:

- ✓ Mejoramiento Toma Derivadora (sector Uma Toma)
- ✓ Construcción Repartidor intercomunal (sector Kullurani)
- ✓ Conducción: Tramo Obra Derivadora-Rep. Intercomunal, tubería de 3.6 km de long. y 800 mm de diámetro.
- ✓ Red de distribución intercomunal: Tubería de PVC de 50 km de longitud y 800-315 mm de diámetro.
- ✓ Depósitos de almacenamiento: 2
- ✓ Cámaras repartidoras: 13
- ✓ Tomas comunales: 19
- ✓ Medidores de caudal en puntos principales de control.
- ✓ Implementación de Riego tecnificado (Com. Alto Peñas)
- ✓ Obras de arte (obras de cruces de río): 6.

#### **Khara Khota - Suriquiña**

Comprende las siguientes obras:

- ✓ Construcción Obra de toma (Marg. izq. sector Presa)
- ✓ Conducción: Obra de toma-Área de riego Suriquiña: Tubería de 6.7 de long. y 500 mm de diámetro.
- ✓ Construcción Toma tradicional Janko khala
- ✓ Mejoramiento canal tradicional Janko khala: Tubería PVC de 3.3 km de long. Y 315 mm de diámetro.
- ✓ Mejoramiento Toma Derivadora (sector Uma Toma)
- ✓ Repartidor intercomunal mejorado (sector Kullurani)
- ✓ Cond. principal de trasvase: tramo Toma derivadora-Toma Pariri: Tub. de 14 km de long. y 630 mm de diámetro.
- ✓ Red de conducción-distribución (parte alta): Tubería PVC de 20 km de long. Y 400-315 mm de diámetro.
- ✓ Construcción obra de transición canal de trasvase y Toma Pariri
- ✓ Re-habilitación Canal P1: 39 km
- ✓ Mejoramiento Canal P2: 3 km
- ✓ Depósitos de almacenamiento: 3
- ✓ Cámaras repartidoras y Tomas comunales: 12
- ✓ Medidores de caudal en puntos principales de control.

<sup>15</sup> 20140307\_Memoria Diseño Conceptual\_v00, Prointec (2014)

### **2.3.8.2 Gestión de riego futura**

Al ser dos Asociaciones de riego dentro de la cuenca Jacha Jahuira, cada grupo de comunidades se gestionará independientemente al otro sistema. La gestión futura de riego seguirá siendo por turnos que las comunidades acordarán, si procede, ante la nueva situación de aumento de disponibilidad de caudal de riego y mejoras en las infraestructuras.

La participación de las comunidades en la construcción del sistema de riego, determinará que el uso de agua sea equitativo. En las comunidades beneficiadas con el proyecto, la administración y organización del sistema de dotación puede enmarcarse dentro de ciertas reglas de planificación, cada usuario solicita al secretario o presidente del comité de riego su dotación de agua para los días que vea conveniente, en función a su demanda se regulan los caudales y el tiempo de aplicación.

Las operaciones necesarias para la ejecución del proyecto serán de forma comunal y con la participación del total de los usuarios beneficiados; sin embargo, es imprescindible, la organización de un Comité de Riego quienes serán los encargados de velar por la organización de la comunidad, el mantenimiento de la obra y la distribución del agua por igual a todos los beneficiarios. La distribución será por turno y en función al área de riego.

La gestión estará basada en las costumbres que tiene la comunidad abarca acciones prioritarias que se ejecutarán paulatinamente, las mismas fueron concertadas con los futuros beneficiarios:

- a) Los derechos de agua estarán definidos y/o concertados, en base al apoyo que se reciba del servicio de acompañamiento, en base a los acuerdos y participación activa de todos los beneficiarios en el proceso de gestación, implementación y construcción de las obras hasta su conclusión, mediante el uso de instrumentos internos de registros, actas y otros que así se establezcan en las reuniones y/o asambleas generales de todos los beneficiarios.
- b) Reconocimiento colectivo de los usuarios hacia cada uno de los regantes
- c) Participación en todas y cada una de las actividades programadas en conjunto. Asimismo, permitirá que los usuarios se obliguen a cumplir con sus obligaciones de participar en todas y cada una de las actividades tendientes a desarrollar el manejo sostenible del sistema.
- d) Aportes en jornales y en efectivo si es necesario. Para cumplir las actividades, los aportes serán necesarios, para que los usuarios se obliguen a su cumplimiento pleno, concertando además las normas y reglamentos internos, para prever que en caso de incumplimiento, sancionar mediante multas y/o trabajos extraordinarios a desarrollar.
- e) Derecho a recibir un caudal definido en turno de riego. Todos y cada uno de los beneficiarios, adquirirán el “derecho” pleno al uso del agua en caudales y turnos.
- f) Aportes de contraparte y/o en efectivo. Para la construcción del sistema, se ha previsto que los usuarios, se comprometen mediante compromisos

### 2.3.8.3 Propuestas en cuanto a la futura producción agrícola

El calendario de cultivos propuesto para el proyecto en la cuenca Jacha Jahuirá, se fundamenta en el aumento de producción que supondrá la mejora de la red y la mayor disponibilidad de agua a disposición para los agricultores de la zona sin riego (en su mayoría), por lo que no será difícil el desarrollo. Sin embargo, será necesario buscar alternativas para adelantar o retrasar las siembras y cosechas de los cultivos, buscando siempre los mejores precios en los mercados en ciertas épocas de escasez de los mismos.

Se debe también resaltar la importancia del riego complementario en época de lluvias que permitirá asegurar las cosechas de verano y obtener mejores rendimientos en los cultivos de la zona.

#### Cédula de cultivos con proyecto

La propuesta de la cédula se ha realizado tomando en cuenta los cultivos más importantes de la zona, los solicitados por los productores y los aptos para el tipo de suelos que existen, en función a la cual se ha elaborado la cédula de cultivos para la situación con proyecto.

**Tabla 2.3-9 Cédula de Cultivos Con Proyecto**

Cultivo	Tupac Katari	Suriquiña	Cuenca
Pastizal	46.63%	40.73%	43.18%
Papa	20.02%	17.24%	18.39%
Cebada	10.63%	9.58%	10.02%
Quinoa	13.36%	11.20%	12.10%
Avena	5.17%	9.55%	7.73%
Oca	2.14%	1.60%	1.82%
Haba	1.12%	6.85%	4.47%
Alfalfa		3.26%	1.90%
Cebolla	0.94%		0.39%

Fuente: PROINTEC (2014)

La importancia de los pastos para la economía y la sensibilidad social de la zona hace que se haya incluido dentro de la cédula. Los cultivos por orden de importancia dentro de la zona son la papa, quinua y cebada. Entre ellos la quinua presenta una buena expectativa de mercado debido a la demanda de los mercados, según identificaron los productores.

### 2.3.8.4 Definición de futuros derechos de agua

Los derechos al agua se definen como reconocimiento colectivo de los miembros de la organización a utilizar el agua para riego en relación a la unidad de referencia establecida para el reparto de agua



## **Tupac Katari**

Los derechos de riego están establecidos dentro de la Asociación, teniendo en cuenta que la comunidad de Alto Peñas aún no riega por falta de infraestructura de riego actual. Cuando esté en funcionamiento la red mejorada de riego, se respetarán los derechos actuales. Las comunidades de Isquillani y Alto Peñas tendrán derecho de riego sin limitación de turno semanal, y el resto de comunidades mantendrá su derecho a regar una vez por semana.

## **Khara Khota Suriquiña**

Los usos y costumbres de la Asociación tienen establecidos los derechos de riego. Las comunidades de la zona alta tienen disponibilidad de agua, mientras que en la zona media y baja va disminuyendo paulatinamente su disponibilidad. Con el mejoramiento de la red se hará llegar el agua hasta la última comunidad, rehabilitando el canal P1, hoy en día muy deteriorado en sus últimos tramos a partir de Kharuiza.

## **Derechos de terceros**

El mejoramiento de la red de riego no causará conflictos entre usuarios de los sistemas puesto que están establecidos por acuerdo los derechos al 50% del volumen de agua entre las Asociaciones de Tupac Katari y Suriquiña.

### **2.3.8.5 Modalidad de distribución**

Se propone que la distribución del agua para riego se lo realizara mediante la modalidad de demanda libre entre los meses de diciembre a abril (época de lluvias), mientras entre los meses de mayo a noviembre se realizará turnos de riego al interior de cada comunidad.

El derecho establecido entre Asociaciones de riego de la cuenca es de un caudal permanente acordado del 50%, de acuerdo a usos y costumbres, para lo cual se suscribieron actas de consenso en este sentido.

La distribución entre comunidades estará de acuerdo al calendario de cultivos y rol de turnos, elaborado en una asamblea general de las comunidades beneficiarias, bajo la vigilancia de la presidencia de ambas Asociaciones.

Mediante el presente proyecto se pretende mejorar la eficiencia del sistema, hacer llegar la disponibilidad de agua a todas las comunidades que actualmente no dispone del recurso para su producción agrícola.



### 2.3.9 Proyecto de riego cuenca del río Linku (Cullu Cachi)<sup>16</sup>

#### 2.3.9.1 Descripción resumida del sistema futuro

El proyecto comprende el mejoramiento de la red de riego y el uso del agua proveniente de la represa que se va a ampliar de Taypichaca.

Comprende las siguientes obras:

Canal de conducción entre la obra de toma de la presa de Taypichaca y el distribuidor de Linku Punku de sección cuadrada de 1.15 x 1.15 m, de longitud 5.2 km y una capacidad máxima de conducción de 1.4 m<sup>3</sup>/s. Cubierto por losa de hormigón armado.

Distribuidor de Linku Punku. Será de sección cuadrada de 2.15 x 2.15 m y una altura de muro de 1.15 m. Dispondrá de 3 compuertas.

#### Taypichaca Suriquiña

- ✓ Repartidor inter-sistemas mejorado (sector Linku Punku)
- ✓ Sistema de conducción principal: -Tubería PVC diferentes diámetros (26 km)  
Sistema de conducción secundaria: -Tubería PVC diferentes diámetros (42 km)
- ✓ Repartidores y compuertas de derivación a comunidades
- ✓ Medidores de caudal en puntos principales de control.

#### Taypichaca Palcoco

Comprende las siguientes obras:

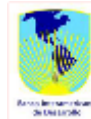
- ✓ Canal principal de hormigón armado desde el distribuidor de Linku Punku hasta la zona de riego de dos tramos de medidas 0.65 x 0.75 m y 0.70 x 0.65 m en longitudes de 15.06 km y 475 m.
- ✓ Conducción de tubería de PVC para distribuir agua para el riego en las comunidades de Litoral, Condoriri y Jhanko Khala con diámetros de 315 y 200 mm.
- ✓ Conducción de tubería de PVC de 200 mm para la comunidad de Viruyo conectando con su repartidor.
- ✓ Conducción de tubería de PVC de 250 y 200 mm para las comunidades de Machacamarca alta, media y baja, Chiarpata, Huanokollo y Caviña conectando con sus repartidores.

#### 2.3.9.2 Gestión de riego futura

Al ser dos Asociaciones de riego dentro de la cuenca del río Linku (Cullu Cachi), cada grupo de comunidades se gestionará independientemente al otro sistema. La gestión

<sup>16</sup> 20140307\_Memoria Diseño Conceptual\_v00, Prointec (2014)





futura de riego seguirá siendo por turnos que las comunidades acordarán, si procede, ante la nueva situación de aumento de disponibilidad de caudal de riego y mejoras en las infraestructuras.

La participación de las comunidades en la construcción del sistema de riego, determinará que el uso de agua sea equitativo. En las comunidades beneficiadas con el proyecto, la administración y organización del sistema de dotación puede enmarcarse dentro de ciertas reglas de planificación, cada usuario solicita al secretario o presidente del comité de riego su dotación de agua para los días que vea conveniente, en función a su demanda se regulan los caudales y el tiempo de aplicación.

Las operaciones necesarias para la ejecución del proyecto serán de forma comunal y con la participación del total de los usuarios beneficiados; sin embargo, es imprescindible, la organización de un Comité de Riego quienes serán los encargados de velar por la organización de la comunidad, el mantenimiento de la obra y la distribución del agua por igual a todos los beneficiarios. La distribución será por turno y en función al área de riego.

La gestión estará basada en las costumbres que tiene la comunidad abarca acciones prioritarias que se ejecutarán paulatinamente, las mismas fueron concertadas con los futuros beneficiarios:

a) Los derechos de agua estarán definidos y/o concertados, en base al apoyo que se reciba del servicio de acompañamiento, en base a los acuerdos y participación activa de todos los beneficiarios en el proceso de gestación, implementación y construcción de las obras hasta su conclusión, mediante el uso de instrumentos internos de registros, actas y otros que así se establezcan en las reuniones y/o asambleas generales de todos los beneficiarios.

b) Reconocimiento colectivo de los usuarios hacia cada uno de los regantes

c) Participación en todas y cada una de las actividades programadas en conjunto. Asimismo, permitirá que los usuarios se obliguen a cumplir con sus obligaciones de participar en todas y cada una de las actividades tendentes a desarrollar el manejo sostenible del sistema.

d) Aportes en jornales y en efectivo si es necesario. Para cumplir las actividades, los aportes serán necesarios, para que los usuarios se obliguen a su cumplimiento pleno, concertando además las normas y reglamentos internos, para prever que en caso de incumplimiento, sancionar mediante multas y/o trabajos extraordinarios a desarrollar.

e) Derecho a recibir un caudal definido en turno de riego. Todos y cada uno de los beneficiarios, adquirirán el “derecho” pleno al uso del agua en caudales y turnos.

f) Aportes de contraparte y/o en efectivo. Para la construcción del sistema, se ha previsto que los usuarios, se comprometen mediante compromisos

### **2.3.9.3 Propuestas en cuanto a la futura producción agrícola**

El calendario de cultivos propuesto para el proyecto en la cuenca Cullu Cachi, se fundamenta en el aumento de producción que supondrá la mejora de la red y la mayor

disponibilidad de agua a disposición para los agricultores de la zona sin riego (en su mayoría), por lo que no será difícil el desarrollo. Sin embargo, será necesario buscar alternativas para adelantar o retrasar las siembras y cosechas de los cultivos, buscando siempre los mejores precios en los mercados en ciertas épocas de escasez de los mismos.

Se debe también resaltar la importancia del riego complementario en época de lluvias que permitirá asegurar las cosechas de verano y obtener mejores rendimientos en los cultivos de la zona.

### **Cédula de cultivos con proyecto**

La propuesta de la cédula se ha realizado tomando en cuenta los cultivos más importantes de la zona, los solicitados por los productores y los aptos para el tipo de suelos que existen, en función a la cual se ha elaborado la cédula de cultivos para la situación con proyecto.

**Tabla 2.3-10 Cédula de Cultivos Con Proyecto**

Cultivo	Suriquiña	Palcoco	Cuenca
Pastizal	31.78%	27.46%	31%
Papa	33.24%	15.22%	26%
Cebada	7.28%	10.13%	9%
Quinua	9.60%	8.23%	9%
Avena	7.60%	8.44%	8%
Oca	0.96%		1%
Haba	3.93%	3.58%	2%
Alfalfa	5.62%	26.94%	14%

Fuente: PROINTEC

La importancia de los pastos para la economía y la sensibilidad social de la zona hace que se haya incluido dentro de la cédula. Los cultivos por orden de importancia dentro de la zona son la papa, quinua y cebada. Entre ellos la quinua presenta una buena expectativa de mercado debido a la demanda de los mercados, según identificaron los productores.

#### **2.3.9.4 Definición de futuros derechos de agua**

Los derechos al agua se definen como reconocimiento colectivo de los miembros de la organización a utilizar el agua para riego en relación a la unidad de referencia establecida para el reparto de agua.

#### **Taypichaca Suriquiña**

Los derechos de riego están establecidos dentro de la Asociación. Cuando esté en funcionamiento la red mejorada de riego, se respetarán los derechos actuales.



## Taypichaca Palcoco

Los usos y costumbres de la Asociación tienen establecidos los derechos de riego. Las comunidades de Chiarpata, Huanokollo y Caviña no tienen acceso a agua de riego actualmente. Con la nueva situación de proyecto la Asociación de ha declarado que hay que acordar de nuevo los derechos futuros para considerar como preferentes a las comunidades que actualmente riegan.

### Derechos de terceros

El mejoramiento de la red de riego no causará conflictos entre usuarios de los sistemas puesto que están establecidos por acuerdo los derechos al 50% del volumen de agua entre las Asociaciones de Taypichaca Suriquiña y Taypichaca Palcoco.

#### 2.3.9.5 Modalidad de distribución

Se propone que la distribución del agua para riego se lo realizara mediante la modalidad de demanda libre entre los meses de diciembre a abril (época de lluvias), mientras entre los meses de mayo a noviembre se realizará turnos de riego al interior de cada comunidad.

El derecho establecido entre Asociaciones de riego de la cuenca es de un caudal permanente acordado del 50%, de acuerdo a usos y costumbres, para lo cual se suscribieron actas de consenso en este sentido.

La distribución entre comunidades estará de acuerdo al calendario de cultivos y rol de turnos, elaborado en una asamblea general de las comunidades beneficiarias, bajo la vigilancia de la presidencia de ambas Asociaciones.

Mediante el presente proyecto se pretende mejorar la eficiencia del sistema, hacer llegar la disponibilidad de agua a todas las comunidades que actualmente no dispone del recurso para su producción agrícola.



## 2.4 ACTIVIDADES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO

### 2.4.1 Aducción e Interconexión

Los trabajos se ejecutarán siguiendo los siguientes procedimientos:

#### a. Trabajos previos

Diferirán claramente entre zonas rurales cultivables o no y zonas urbanas.

En zonas rurales cultivables será necesario retirar y acopiar con el empleo de Bull-dozer, la vegetación y capa de tierra vegetal existente, para una vez finalizada la instalación de la tubería, proceder a su extendido y reposición.

Este tipo de tareas son rápidas y sencillas por lo que tendrán un impacto muy reducido tanto en los plazos como en los costes del proyecto.

Sin embargo en entornos urbanos los trabajos previos incluirán necesariamente la identificación de servicios afectados y su desvío o reposición.

Los costes económicos y los plazos de ejecución de estos trabajos son difíciles de cuantificar ya que existe un grado importante de incertidumbre en la entidad de los mismos, y además en muchas ocasiones dependen no sólo de la planificación de la obra sino también de la participación de las entidades u organismos titulares de los servicios a reponer.

En cualquier caso, es necesario tener presente que la reposición de servicios suele comprometer de forma drástica los plazos de ejecución de obras en entornos urbanos.

#### b. Instalación de tubería en zanja

La práctica totalidad de la tubería a instalar se ejecutará en zanja, ejecutada mediante el empleo de retroexcavadoras con profundidades de excavación generalmente inferiores a los 3 m., pero que puntualmente pueden alcanzar los 5 m. de profundidad.

En función de los materiales de excavación y de las profundidades de instalación, en determinados tramos será necesario el empleo de entibaciones, permanentes o móviles, para garantizar la estabilidad de los taludes o bien para garantizar la seguridad del personal durante las maniobras de colocación.

Los taludes de las zanjas y la determinación de las zonas en las que resulte imprescindible el empleo de entibaciones se determinarán en función de los resultados de los ensayos geotécnicos a realizar, pero con carácter general, se emplearán entibaciones en los siguientes casos:

- ✓ Para profundidades superiores a los 3 metros.
- ✓ Cuando existan trabajadores en el fondote la zanja, para profundidades superiores a dos metros. Estas entibaciones podrán ser móviles.



- ✓ Ante la presencia de surgencias de agua en los taludes con nivel freático por encima del fondo de la excavación.
- ✓ En zonas rocosas, ante la aparición de cambios bruscos y desfavorables en el rumbo o buzamiento de las distintas familias de diaclasado, y en general cuando el riesgo de desprendimientos sea considerable.

La excavación de la zanja se realizará exclusivamente por medios mecánicos, no estando previsto el empleo de explosivos. La maquinaria a emplear para estas funciones serán retroexcavadoras sobre orugas de hasta 40 toneladas de masa total.

El proceso constructivo del conjunto de la operación incluirá las siguientes actividades:

- ✓ Excavación de la zanja y acopio de materiales en cordón paralelo al eje de la conducción.
- ✓ Extendido y nivelación de cama de asiento con material seleccionado exento de tamaños superiores a 35 mm.
- ✓ Colocación de la tubería.
- ✓ Relleno y compactación de capa de protección con características similares a la cama de asiento, hasta una altura de 30 cm sobre la generatriz superior de la tubería.
- ✓ Relleno y compactación del resto de la zanja con materiales procedentes de la excavación.

### **c. Ejecución de cámaras y elementos auxiliares**

En los puntos definidos en el proyecto se dispondrán las correspondientes cámaras.

Para ello, resulta conveniente que en los tramos adyacentes se encuentre ya instalada la tubería, de forma que no sea necesario el empleo de pasatubos en los paramentos laterales de la cámara.

La ejecución de estas arquetas se realizará con las siguientes fases:

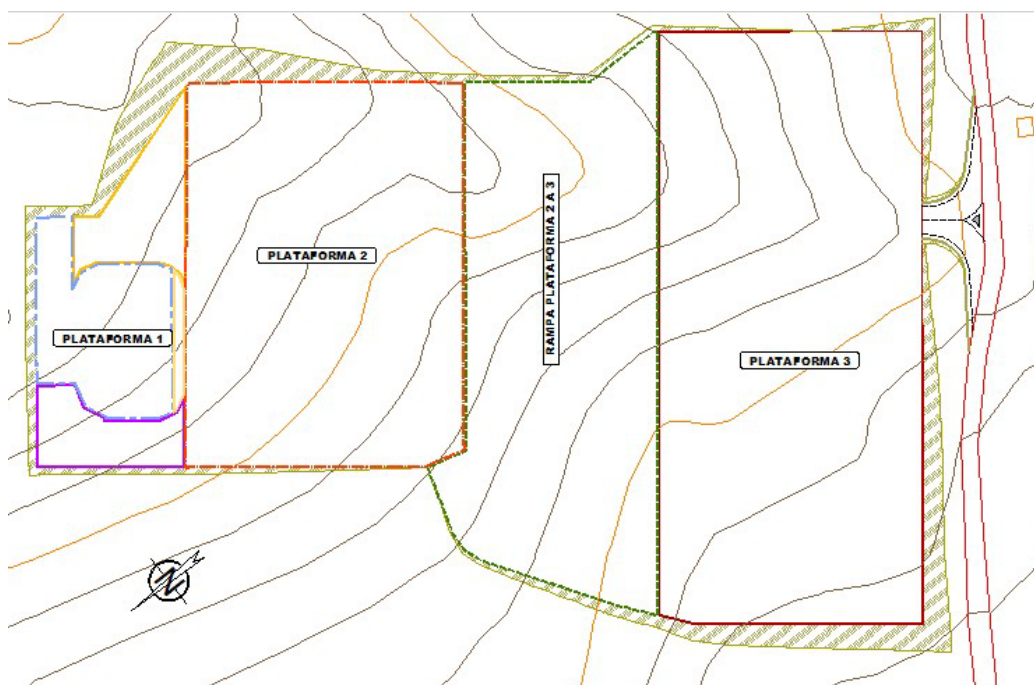
- ✓ Excavación del vaciado de trabajo, con sobreanchos en el fondo de la misma de al menos un metro respecto al perímetro exterior de la arqueta.
- ✓ Ejecución del hormigón de limpieza.
- ✓ Replanteo de encofrados y ferrallado de la losa inferior, incluyendo esperas verticales de paramentos laterales.
- ✓ Encofrado y hormigonado de losa inferior.
- ✓ Ferrallado de muros laterales y cierre de encofrados.
- ✓ Hormigonado de muros laterales, hasta la cota inferior de la losa superior.
- ✓ Instalación de valvulería y equipos.
- ✓ Montaje de apeos y encofrado de losa superior.
- ✓ Ferrallado y hormigonado de losa superior.
- ✓ Relleno y compactación de paramentos exteriores.

## 2.4.2 Planta de tratamiento

### a. Procesos constructivos

Las obras relativas a la planta de tratamiento de agua potable (en adelante PTAP) objeto del presente proyecto se ubicarán en una ladera junto a un vial existente. En esta zona el terreno natural tiene una pendiente aproximada de un 5,6%, por lo que para aprovechar dicha pendiente natural del terreno y optimizar el volumen de movimiento de tierras a realizar se ha encajado la PTAP aprovechando en lo posible la dirección de dicha pendiente.

La parcela de la PTAP se ubica sobre la unidad geológica-geotécnica, cartografiable en planta, denominada Qg “Depósitos de origen glaciario (bloques, cantos, gravas, arenas y arcillas)” donde existen materiales cuaternarios principalmente. En dicha zona el terreno actual tiene una pendiente descendente, por lo que según el encaje piezométrico de la PTAP, ésta se ha ubicado entre las curvas de nivel 4174 y 4162. De esta manera se aprovecha la pendiente natural del terreno para favorecer el flujo del agua por gravedad de un elemento a otro de la PTAP.



**Esquema de plataformas**

Puesto que el terreno donde se ha implantado la PTAP tiene una pendiente natural relativamente alta para la ubicación de los distintos elementos de la planta, se han previsto una serie de plataformas donde se colocarán estos. Esto se ha realizado con la premisa de minimizar movimiento de tierras, creando parcelas aterrazadas. Los diferentes elementos que componen la PTAP se han dispuesto de forma que el agua pueda circular por gravedad de unos a otros sin necesidad de bombes intermedios.

Por las necesidades de superficie que presenta la PTAP, se ha considerado como la mejor opción la solución con tres parcelas aterrazadas, cuyas cotas de plataforma tratan

de seguir las cotas de lámina de agua de los elementos principales. En la siguiente tabla se resumen las cotas de plataformas consideradas, así como los tratamientos incluidos en las mismas.

### Cotas de plataformas proyectadas

PLATAFORMAS	COTA (m)	DESCRIPCIÓN
PLATAFORMA 1	4.170,00	Obra de llegada y Cascadas de aireación
PLATAFORMA 2	4.168,00	Medida de caudal, coagulación floculación y línea de lodos.
PLATAFORMA 3	4.166,00	Depósito de agua filtrada, depósito de agua tratada

Cabe destacar que los filtros de arena y el edificio de lavado de filtros, debido a la alta pérdida de carga que producen, se han dispuesto en el talud de transición entre la Plataforma 2 y 3, minimizando de esta forma el movimiento de tierras, así como presentando una mejor integración en la planta.

#### **b. Procesos y equipamiento para $q=0,5$ m<sup>3</sup>/s**

- ✓ CASCADAS DE AIREACIÓN
- ✓ MEDIDA DE CAUDAL, BY-PASS GENERAL Y ALIVIADERO
- ✓ TANQUES DE MEZCLA RÁPIDA (COAGULACION)
- ✓ TANQUES DE MEZCLA LENTA (FLOCULACION)
- ✓ ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS
  - CLORO GAS
  - HIPOCLORITO DE CALCIO
  - COAGULANTE
  - HIDRÓXIDO CÁLCICO
- ✓ FILTRACIÓN POR ARENA
  - LAVADO DE FILTROS
  - DEPÓSITO AGUA FILTRADA
- ✓ TANQUE DE AGUA TRATADA
  - ENTRADA AL TANQUE
  - TANQUE
- ✓ LÍNEA DE LODOS
  - TANQUE DE AGUA SUCIA DE LAVADO.

- BOMBEO A LÍNEA DE LODOS
- LECHOS DE SECADO.

### **c. Servicios auxiliares**

Se han contemplado en el presente proyecto los siguientes servicios auxiliares para el buen desarrollo de las labores de explotación en la Planta.

#### **Red de agua potable y servicios**

Se dispondrá de un equipo de presión que succionara del depósito de agua tratada y se establecerá una red de distribución a los diferentes puntos de demanda: zona de llegada de agua bruta; edificio de control; edificio de cloración; edificio de sulfato de alúmina; zona de coagulación-floculación y zona de depósito de aguas sucias de lavado de filtros.

Las tuberías de distribución serán de POLIETILENO de 10 atmósferas y tendrán posibilidades de aislamientos parciales para la reparación de daños o inspecciones. Las tuberías de distribución fijan sus diámetros para que la velocidad no supere 1,5 m/s a consumo medio. Cada punto de conexión a proceso se realizará de la manera más conveniente según los requerimientos del sistema.

La mayor parte del consumo del agua de servicios, se destinará a diluciones de reactivos en la entrada de la planta, con el fin de mejorar el transporte de los mismos a través de las tuberías.

#### **Red de alcantarillado**

Se ha establecido una doble red. Por un lado, las aguas residuales de los ambientes sanitarios y de limpieza serán conducidas a una instalación de depuración de agua residual, formada por un sistema de biodigestor seguido de un pozo percolador, de manera que no es necesario conectar la salida del agua depurada con red de saneamiento alguna.

La opción seleccionada es la de un sistema de tratamiento primario de aguas residuales domésticas de Tanques Sépticos de polietileno de alta densidad, el cual separa los sólidos para degradarlos y reducirlos, produciendo un lodo negro que es purgado de manera relativamente sencilla y sin necesidad de la llegada de un camión cisterna. Además que el agua residual tratada (sin sólidos) es eliminada para percolarse en el suelo, como se puede apreciar en las figuras siguientes:



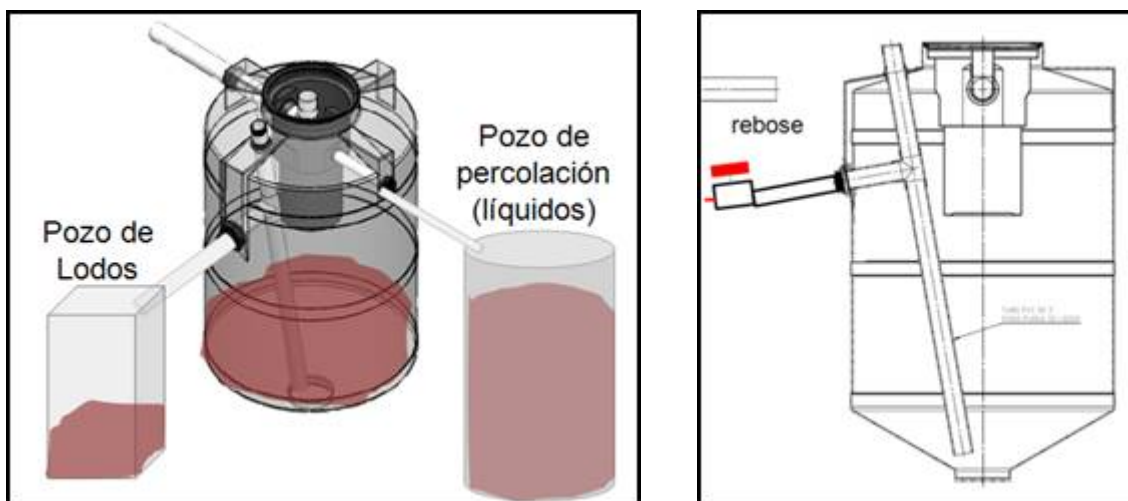


Figura 2.4-1 Vista del sistema completo del biodigestor

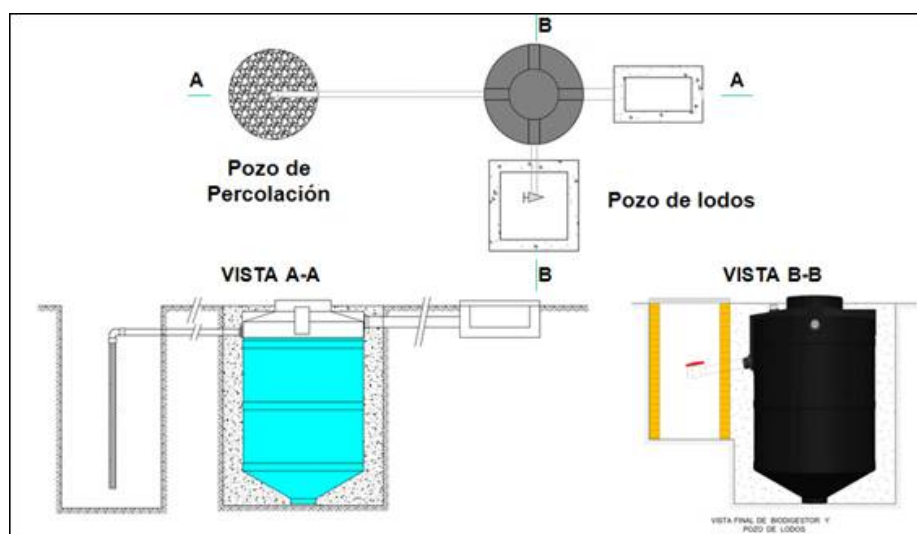


Figura 2,4-2 Vista del sistema completo del biodigestor + pozo de percolación

Las aguas grises procedentes del laboratorio de la planta serán recogidas por una tubería independiente al resto de aguas residuales, de forma que dichas aguas sean conducidas hasta una cámara de 1 m<sup>3</sup> de capacidad que actuará de pequeño tanque de homogenización/neutralización/regulación previamente a su entrada a la depuradora. De esta forma su entrada a la citada depuradora será controlada y laminada, a la vez que conservará la opción de realizar un bypass a la depuradora para ser vertidas directamente tras su neutralización, si fuera necesaria, al pozo percolador.

### Red de aire comprimido

Se ha proyectado una red de aire comprimido compuesta por un compresor con depósito a presión, un secador frigorífico, filtro, así como toda la valvulería, tubería y elementos adicionales necesarios.



La distribución de aire se realizará mediante tubería rígida, en acero inoxidable y conexiones finales a las válvulas mediante ramales rígidos.

### Elementos de seguridad

Se ha garantizado el cumplimiento de toda la normativa existente sobre seguridad en las instalaciones durante la fase de explotación de la planta, con cuantos elementos de seguridad sean necesarios, entre ellos los siguientes:

- ✓ Lavaojos y duchas en reactivos.
- ✓ Extintores.
- ✓ Flotadores de cuerdas en las pasarelas y caminos próximos a los depósitos grandes.
- ✓ Barandillas.
- ✓ Quitamiedos en escaleras de gato.
- ✓ Carteles y señalizaciones con recomendaciones de seguridad.
- ✓ Plataformas aislantes.
- ✓ Cascos de uso ocasional.

Asimismo se dispondrá de una red de seguridad y alarmas contra vandalismo, que se enviarán al ordenador central de mando y a señales acústicas y luminosas. Y un sistema de video portero para el acceso desde el exterior con puesto en el edificio de control.

### Urbanización

Se han proyectado viales de 5 y 6 m de ancho con el fin de permitir el cómodo tránsito de camiones, incluyendo a su vez explanadas para facilitar las maniobras.

Los firmes estarán compuestos por 25 cm de espesor, riego de imprimación y 6 cm de mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 surf S.

Alrededor del edificio de control se dispondrá una acera de 15 cm de espesor y de 1 m a 2,5 m de anchura, la cual estará formada por solera de hormigón en masa, base de arena y solado de baldosa hidráulica recibida con mortero. Se terminará con bordillo prefabricado de hormigón.

Las plataformas que rodean a los distintos elementos estarán formadas por 5 cm de gravín, facilitando así la explotación e inspección de los mismos.

Para realizar el drenaje superficial de la parcela se ejecutan los viales con una pendiente transversal de un 2% y una pendiente longitudinal del 0,3 %

Paralelo al vial exterior, se construirá una cuneta triangular perimetral de 0,5 m de altura y 1 m de ancho. A su vez en la zona de desmonte, en coronación del talud, se dispondrá una cuneta de iguales dimensiones con el fin de recoger el agua exterior de parcela. El agua recogida por la cuneta perimetral se evacuará mediante un colector PE 500 mm de diámetro a rambla próxima y las cunetas de coronación de talud descargarán en dos pozos de registro y de allí descargarán al exterior de la parcela.

La parcela estará delimitada por un cerramiento formado por malla electrosoldado plegada galvanizada en caliente, en paños de 2x2 m, colocada sobre muro de bloque de hormigón visto de 0,50 m

Se instalarán una puerta de acceso corredera de 6 m de longitud y de 2,5 m. de alto con accionamiento automático, junto a ella se instalará una puerta de acceso peatonal de 2,5 m de alto y 0,8 m de ancho.

Se dispondrán de luminarias alrededor de todo el recinto.

### **Instalaciones eléctricas**

#### **✓ Descripción general de la instalación proyectada**

La instalación eléctrica objeto de proyecto comenzará en un centro de seccionamiento, medida y transformación ubicado en el interior de la parcela, concretamente en una caseta prefabricada tipo “Shelter” o similar en la que se albergará, además del tablero de media tensión tipo Metal – Clab para instalación interior, un transformador trifásico con aislamiento seco de 500 kVA con la siguiente relación de transformación 6’9–11’9/0’4–0’23 kV.

La instalación de baja tensión parte desde la salida del transformador, y llega al Tablero General de Distribución (ubicado en el edificio de control) en canalización enterrada bajo tubo. Junto al tablero General de Distribución (en adelante TGD) se instalará una batería de condensadores un grupo electrógeno de emergencia de 500 kVA para cubrir el 100% de los servicios de la planta.

En general para la distribución interior de la planta existirán los siguientes tipos de canalización eléctrica:

- ✓ En montaje enterrado bajo tubo: para las canalizaciones que transcurran por el exterior de edificaciones tanto en acera como en calzada.
- ✓ En montaje sobre bandeja perforada: para las canalizaciones en el interior de edificaciones industriales por las que transcurran conjuntamente el cableado de alimentación a varios equipos.
- ✓ En montaje superficial bajo tubo rígido: para las canalizaciones en el interior de edificaciones industriales por las que transcurran el cableado de alimentación a un único equipo.
- ✓ En montaje empotrado bajo tubo flexible: para las canalizaciones en el interior del edificio de control.

Los conductores a utilizar en baja tensión serán de cobre, aislados siendo su tensión asignada 0,6/1 kV como mínimo. La sección mínima para cuando la instalación sea subterránea será como mínimo 6 mm<sup>2</sup> para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm<sup>2</sup> para el hilo de mando.

Las canalizaciones exteriores enterradas se instalarán en zanjas de anchura variable, y estarán compuestas de tubos de polietileno corrugado. Los tubos irán apoyados sobre una cama de arena lavada de 10 cm. de espesor y protegidos superficialmente con otros 10 cm. de arena sobre la generatriz del tubo, sobre la que se situará una cinta de señalización de atención al cable.



Se instalarán cajas de paro de emergencia mediante pulsador de tipo “seta” de 4 mm de diámetro de enganche, color rojo, de doble circuito, en los equipos que puedan necesitarlo por motivos de seguridad.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

El control y seguimiento del funcionamiento de las nuevas instalaciones de la PTAP estará gobernado por un autómata programable ubicado en el edificio de control. Dicho autómata recogerá el estado de las señales (digitales y analógicas) que envíen los equipos e instrumentos de la planta.

La instalación eléctrica interior de las edificaciones industriales estará compuesta de las luminarias fluorescentes estancas para montaje en superficie de 2x58W, luminarias de emergencia, interruptores y cuadros de tomas de corriente tomas de corriente.

La instalación eléctrica interior del edificio de control estará compuesta de las luminarias fluorescentes para montaje empotrado de 4x18W, luminarias de emergencia, interruptores/conmutadores, puesto de trabajo con 4 tomas de corriente monofásicas toma de datos y toma telefónica, y tomas de corriente unitarias.

Se dotará a la ampliación de la planta de iluminación exterior a base de lámparas de vapor de sodio de 250 WAF. Estas lámparas irán alojadas en luminarias y sobre columnas soporte de forma tronco-cónica. Estas columnas van provistas de puertas de registro para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra. La sujeción a la cimentación se hará mediante placa de base a la que se unirán unos pernos.

✓ **Centros de control de motores y tableros eléctricos.**

Los interruptores generales de entrada a barras serán motorizados con conmutación automática, mandos por palanca y enclavados mecánicamente.

Dispondrá también de un analizador de redes con medida de tasa de distorsión armónica en tensión y corriente.

Los armarios se dimensionarán de tal forma que quede un espacio de reserva mínimo del 20% para prevenir posibles ampliaciones.

Todas las partes metálicas de los armarios construidos con este material quedarán totalmente conectados a la línea de tierra, incluso las puertas.

En dichos tableros se efectuará un reparto de cargas entre las diversas fases, intentando dejar el sistema lo más equilibrado posible.

Llevarán una placa de montaje o pletinas de soporte para la sujeción del carril normalizado en el que han de ir instalados los mecanismos.

Los cables de entrada y salida estarán conectados a bornes especiales en función del tamaño de los mismos, efectuándose la entrada al mismo preferentemente por la parte inferior del armario. Tanto la entrada como las salidas de cables están indicadas en los planos correspondientes.

Los cuadros podrán ser ampliables mediante módulos de igual o diferente ancho.

Todos los accesorios de plástico serán de material auto extinguido a 960° C según normas CEI 695.2.1. y clase VO (UL94).

Todos los materiales serán de primera calidad, habiendo realizado sobre ellos los ensayos tipo. La envolvente derivará de ensayos de tipo y podrá ser suministrada despiezada a condición de que se indique un método de construcción para cumplir con las especificaciones de los ensayos.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

La envolvente de los cuadros se ajustará a las normas IEC 62208, IEC 60439-1, IEC 61439-1-2, IEC 60068-2-57, IEEE Std. 693, IP65 de acuerdo a la IEC 60529, IK10 de acuerdo a la IEC 62262. Se situarán fuera de los locales mojados, y si esto no fuera posible, se protegerán contra las proyecciones de agua, grado de protección IPX4. En este caso, la cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

El TGD, además de repartir las alimentaciones a los distintos cuadros de control de motores (CCM's) de la planta, también hace las labores propias de un CCM. Esto puede apreciarse en el siguiente diagrama, donde se muestra como queda definida en términos generales la instalación eléctrica:

Desde estos tableros eléctricos partirán las diferentes líneas de alimentación a motores, alumbrado, fuerza usos varios etc.

### **2.4.3 Presa Taypichaca**

#### **a. Ataguado durante la construcción de las obras**

Durante la construcción del dique principal no se prevé la necesidad de ejecución ataguía de desvío ya que la estructura existente de la antigua presa puede ejercer estas labores durante el periodo de duración de las obras. Según se ha observado en la topografía levantada, esta ataguía puede contener las aguas de la laguna hasta la cota 4.342, mediante el cierre de la misma con una compuerta de tajadera.

Una vez realizada la demolición y reconstrucción de la obra de toma, y alcanzado una altura suficiente de presa, se podrá retirar la compuerta y continuar con el servicio prestado por la actual toma.

El dique de collado invade una zona limitada de la laguna, de escasa profundidad, por lo que se ha considerado la conveniencia de levantar una pequeña ataguía, también hasta la cota 4.342 para mantener en seco la zona de excavación y facilitar los trabajos a realizar.

La ataguía se proyecta de materiales sueltos, con núcleo de material impermeable y espaldones de material procedente de la excavación de la presa. Entre ambos materiales, en el lado de aguas abajo, se colocará una capa de filtro de 0,3 metros de espesor que impida la migración de filtros a través del espaldón resistente. La ataguía corona a cota 4342, con una altura aproximada de 2 metros, siendo el ancho en coronación también de

2,00 m y taludes de 1,5:1 tanto aguas arriba como aguas abajo. Tendrá una longitud aproximada de 90 metros.

#### **b. Tratamiento del terreno**

En el dique principal se prevé una profundidad de excavación (saneo), de 1,5 metros en la zona del cauce y de 1 metro en ambas márgenes, con el fin de eliminar la capa de tierra vegetal y regularizar la superficie para facilitar la extensión del material, apoyándose sobre el sustrato natural sano y compacto/consistente, representado por la unidad geológica- geotécnica de “Depósitos caóticos de bloques con cantos y matriz areno-arcillosa de origen glaciario (Qg)”. De este modo se asegura cualquier riesgo ante cualquiera de los modos de fallo geotécnico (carga admisible, asentamientos o estabilidad).

Se ha previsto una pantalla de impermeabilización del cimiento mediante inyecciones realizadas al pie del talud de la presa actual y aproximadamente coincidiendo con el eje de la presa proyectada en este proyecto, alcanzando una profundidad de 10 metros bajo el nivel de cimentación en la zona central del cauce, y de 7 metros en los márgenes, mediante taladros verticales de 75 mm cada 3 m, dispuestos al trespelillo en tres filas a distancia de 3 metros entre las mismas, de forma que se corte cualquier posibilidad de red de flujo subterráneo bajo la presa que pudiera originar inestabilidad por filtraciones, erosión interna del cimiento o pérdida de la capacidad de embalsamiento, a la vez que se reducen subpresiones, caudal de filtraciones y los gradientes (evitando posibles tubificaciones y arrastres).

En el dique de collado la profundidad de la excavación será de 1 metro, alcanzando el sustrato natural sano y compacto/consistente, representado por la unidad geológica- geotécnica de “Depósitos caóticos de bloques con cantos y matriz areno-arcillosa de origen glaciario (Qg)” y la pantalla de impermeabilización será de las mismas características anteriores profundizando 7 metros a lo largo de todo el eje de la presa, para impedir el desarrollo de una red de flujo bajo el sustrato.

#### **c. Desvío del río durante la construcción de las obras**

Para la construcción del dique principal no se prevé la necesidad de ejecución de obras de desvío del río ya que la estructura existente de la antigua presa puede ejercer las labores de ataguía durante la construcción.

El dique de collado invade mínimamente una parte de la laguna, considerándose que las excavaciones y terraplenado inicial se pueden efectuar en época de estiaje sin necesidad de obras de protección.

#### **d. Accesos**

Se han dimensionado los tres viales siguientes:

- ✓ Acceso al dique de collado por margen derecha desde camino existente. Longitud 246 m.
- ✓ Conexión entre dique de collado y dique principal. Longitud 201 m.
- ✓ Acceso a pie de presa principal desde estribo derecho. Longitud 340 m.

### **e. Construcción del terraplén**

La construcción del terraplén se iniciará con el extendido y compactación de las tongadas de material todo-uno en el fondo de la zanja de cimentación, en tongadas de espesor máximo de 25 cm cada una, hasta rellenar toda la profundidad de la zanja.

Posteriormente se extenderá el material, procurando que quede en tongadas horizontales, con espesor uniforme. La colocación de los distintos materiales del cuerpo de presa, se hará de forma que no se produzcan desniveles entre unas zonas y otras, excepto en las zonas específicamente indicadas en la secuencia de la construcción.

Cada tongada de material deberá compactarse con el contenido de humedad determinado para cada material, entendiéndose por tal la humedad óptima deducida de los ensayos Proctor Modificado que en cada caso se apliquen para definir el grado de compactación exigido al material colocado en obra.

Se prevé que, la humedad de compactación necesaria, así como la uniformidad del material, serán muy difíciles de conseguir en el proceso normal de extendido y compactación del mismo en obra, por lo que se procederá de forma obligatoria a la pre-humectación de los materiales en acopio, antes de su extendido en el tajo.

Antes de colocar una capa cualquiera del relleno todo-uno sobre el material ya compactado, éste se escarificará para lograr una unión entre capas adyacentes: podrá escarificarse mediante disco de arado muy liviano o mediante "rastrillo", en dirección paralela al eje de presa.

#### **2.4.4 Presa Khotia Khota**

##### **a. Tratamiento del terreno**

El terreno se excavará en toda la superficie de apoyo de la presa hasta alcanzar un nivel en el que la alteración de la roca sea mínima, apoyándose sobre lutitas cuarzosas metamorfozadas (pizarras) de la unidad geológica-geotécnica denominada "Formación Cancañiri (Scc)" con un grado de meteorización II según la clasificación de la ISRM 1977. Se prevé una profundidad de excavación de 1 metro en la zona central del cauce y de 0,5 metros en ambas márgenes, eliminando los espesores de suelos flojos representados por las unidades geológicas- geotécnicas de "Depósitos aluviales y fondos de valle (Q)", así como "Depósitos de ladera y coluviones (Qc)", con el fin de que la presa quede encajada en roca suficientemente sana (GM II), regularizándose la superficie para facilitar el hormigonado de los bloques desde cotas bajas.

No se ha considerado la realización de una campaña de consolidación del cimientto, dada la competencia de los materiales del emplazamiento de la presa, desde los posibles puntos de vista de modos de fallo geotécnico (carga admisible, asientos y estabilidad). Sin embargo, se proyecta una campaña de inyecciones de impermeabilización del cimientto para corregir las deficientes condiciones de permeabilidad en superficie detectada con los ensayos de permeabilidad Lugeon realizados (los cuales debieron ser realizados en su modalidad Low Pressure Test, es decir alcanzando 5 kg/cm<sup>2</sup> en escalones progresivos de 2,5 kg/cm<sup>2</sup> y 10 minutos cada uno, ya que no pudo alcanzarse los 10 kg/cm<sup>2</sup> por los fenómenos detectados de fracturación hidráulica en el macizo rocoso consecuencia de las familias de discontinuidades presentes y de su continuidad

tanto en rumbo como en buzamiento, lo cual genera una porosidad secundaria por fracturación y consecuentemente una permeabilidad del macizo rocoso). La pantalla corta de inyecciones de cemento con taladros próximos, alcanzará una profundidad de 7 metros por debajo del nivel de cimentación mediante taladros verticales de 75 mm cada 3 metros, dispuestos al tresbolillo en dos filas, a distancia de 2 metros entre las mismas de forma que se corte cualquier posibilidad de red de flujo subterráneo bajo la presa que pudiera originar inestabilidad por filtraciones, erosión interna del cimiento o pérdida de la capacidad de embalsamiento, a la vez que se reducen subpresiones, caudal de filtraciones y los gradientes (evitando posibles tubificaciones y arrastres).

Las inyecciones del cemento dados los valores de permeabilidad obtenidos en los ensayos Lugeon con valores generalizados entre 1-10 unidades Lugeon, recomiendan ejecutar inyecciones de impregnación (aunque puntualmente se han detectado valores por encima de 10 UL que precisarían inyecciones de relleno, por la presencia de fracturas y huecos), considerándose a priori una admisión promedio de aproximadamente 100 kg/ml.

Respecto a los caminos de acceso a la presa, dada la presencia de un macizo rocoso fracturado (diaclasado), con un sistema de juntas que puede ocasionar la presencia de bloques inestables en el frente del talud proyectado, como combinación de la orientación de las juntas y del plano del talud, se ha previsto la necesidad de ejecutar puntualmente un cosido mediante bulones pasivos (de diámetros 25 o 32 mm de barras), combinados con un mallazo más gunitado de 5 cm en el frente del talud, eliminando de este modo potenciales inestabilidades.

#### **b. Desvío del río durante la construcción de las obras**

El desvío del río se prevé ejecutarlo en dos fases. En una primera fase se construirá una ataguía que proteja y deje en seco la excavación del bloque 2, en el cual se dispondrán los desagües y tomas de la presa. En esta fase se iniciarán los trabajos de excavación y hormigonado de los bloques 1 y 2 en la margen derecha, y 5,6 y 7 en margen izquierda.

Una vez que se haya hormigonado los conductos de los desagües en el bloque 2, se iniciará la fase 2 del desvío, en la cual se construirá una ataguía que cierre completamente el cauce, procediéndose a la derivación de los caudales a través de dos conductos de PVC de diámetro

600 mm que se conectarán a la embocadura de los conductos ejecutados en el bloque 2. De esta forma se procederá a la excavación y cimentación de los bloques 3 y 4. Una vez que se haya alcanzado en todos los bloques una altura por encima de los conductos de desagüe se podrá proceder a la retirada de la ataguía.

En principio, no se considera la necesidad de contraataguía dada la fuerte pendiente del cauce aguas abajo.

#### **c. Accesos**

Se ha dimensionado un vial de una longitud aproximada de 150 metros, y ancho de calzada de 3 metros, por la ladera derecha para acceder a pie de presa desde un camino existente.





Además, se ha proyectado un camino peatonal, de 2 metros de ancho, por la misma ladera que permite el acceso a coronación desde el estribo derecho.

El talud de desmonte adoptado es 1H:3V. En ambos casos se ha considerado la necesidad de efectuar tratamientos de sostenimiento del terreno mediante bulones y malla electrosoldada.

#### **2.4.5 Agua potable 13 comunidades**

La etapa de ejecución comprende las siguientes actividades:

##### **a. Movilización e instalaciones**

Referido a movilización general, construcción de caminos de acceso, oficinas, talleres, campamento.

##### **b. Replanteo**

Replanteo de las obras, investigaciones.

##### **c. Limpieza**

Se refiere a la operación y mantenimiento de cualquier maquinaria y equipo estático o móvil que será empleado en el proyecto. Incluye el traslado de materiales a los frentes de trabajo, movimiento de la maquinaria durante su operación. El mantenimiento de la maquinaria incluye cambios de aceite, lubricado, limpieza, etc.

##### **d. Operación y mantenimiento de maquinaria y equipo**

Se refiere a la operación y mantenimiento de cualquier maquinaria y equipo estático o móvil que será empleado en el proyecto. Incluye el traslado de materiales a los frentes de trabajo, movimiento de la maquinaria durante su operación. El mantenimiento de la maquinaria incluye cambios de aceite, lubricado, limpieza, etc.

##### **e. Apertura y adecuación de accesos**

Caminos y accesos necesarios para a las diferentes áreas de trabajo.

##### **f. Tendido de Tuberías**

Colocación de las tuberías a lo largo del sistema de abastecimiento de agua potable.

##### **g. Colocación de Cama de Asiento**

Colocación de material cernido como cama para el asentamiento de tuberías.

##### **h. Relleno y compactado con material seleccionado**

Relleno y compactado con material seleccionado específicamente según estudio de materiales.

##### **i. Relleno y compactado con material común**



Relleno y compactado con material común (tierra común de la zona del proyecto).

**j. Construcción de obras de arte**

Construcción de cámaras, conexiones, etc.

**k. Desmovilización y limpieza general**

Actividades relacionadas con el retiro de campamentos y áreas industriales, las mismas están relacionadas con la limpieza, retiro de estructuras implementadas para el funcionamiento y restitución a las condiciones iniciales.

**2.4.6 Riego**

**a. Mejoramiento y Habilitación de Caminos de Acceso**

A pesar de la existencia de caminos de acceso a los lugares de ubicación y a lo largo de las obras, para determinados sectores de las obras ubicadas sobre todo fuera de los límites de las poblaciones, como ser las captaciones y líneas de tubería, será necesaria la ejecución, mejoramiento y mantenimiento de caminos de acceso que permitan el desplazamiento del personal y de los materiales requeridos para la construcción.

El CONTRATISTA deberá solicitar la autorización del SUPERVISOR respecto a la ubicación de estos caminos de acceso, que será ejecutada bajo responsabilidad del CONTRATISTA, minimizando daños a terceros, debiendo conservarlos en buenas condiciones.

Dentro de este ítem también están comprendidos los trabajos que permitan disminuir al mínimo las dificultades de circulación de vehículos y personas, pasos vehiculares o de personas, que se darán en las calles y caminos de las poblaciones, donde se ejecutarán los trabajos de las redes de agua potable y alcantarillado sanitario.

**b. Desvío y Control de Aguas**

Se deberá construir y mantener obras provisionales, como ser ataguías, canales, drenes, cárcamos necesarias para el desvío de aguas de un río o de una zanja, a objeto de permitir la ejecución de las obras en esos lugares.

**2.4.7 Actividades asociadas al proyecto (Agua Potable y Riego)**

**a. Mejoramiento y Habilitación de Caminos de Acceso**

A pesar de la existencia de caminos de acceso a los lugares de ubicación y a lo largo de las obras, para determinados sectores de las obras ubicadas sobre todo fuera de los límites de las poblaciones, como ser las captaciones y líneas de tubería, será necesaria la ejecución, mejoramiento y mantenimiento de caminos de acceso que permitan el desplazamiento del personal y de los materiales requeridos para la construcción.

El CONTRATISTA deberá solicitar la autorización del SUPERVISOR respecto a la ubicación de estos caminos de acceso, que será ejecutada bajo responsabilidad del CONTRATISTA, minimizando daños a terceros, debiendo conservarlos en buenas condiciones.



Dentro de este ítem también están comprendidos los trabajos que permitan disminuir al mínimo las dificultades de circulación de vehículos y personas, pasos vehiculares o de personas, que se darán en las calles y caminos de las poblaciones, donde se ejecutarán los trabajos de las redes de agua potable y alcantarillado sanitario.

**b. Desvío y Control de Aguas**

Se deberá construir y mantener obras provisionales, como ser ataguías, canales, drenes, cárcamos necesarias para el desvío de aguas de un río o de una zanja, a objeto de permitir la ejecución de las obras en esos lugares.

**c. Letreros para la Obra**

Se instalará un letrero fijo en cada una de las localidades donde se realicen las obras y se colocarán letreros desmontables transportables en las principales áreas de cada punta de trabajo que se establezca mientras dure la construcción del sector. Los detalles de los letreros serán indicados por el SUPERVISOR. El tamaño de los mismos será de 2 m de alto por 3 m de ancho.

**d. Oficina Principal**

Se instalará y mantendrá para toda la duración del Proyecto, una oficina amoblada, con todas las facilidades sanitarias, teléfono, equipo de radiocomunicación, con calefacción, cocinilla, etc. Esta oficina tendrá las facilidades necesarias para los trabajos en planos y de escritorio. Poseerá un ambiente destinado a los ensayos a ejecutarse, con capacidad y comodidades para guardar ordenadamente todo tipo de muestras teniendo acceso al mismo en todo momento el SUPERVISOR.

El Contratante y el SUPERVISOR tendrán derecho a usar el servicio de radiocomunicación del CONTRATISTA.

El CONTRATISTA estará obligado a disponer un ambiente para laboratorio con las instalaciones, equipos, materiales y servicios para el control de la calidad de las obras, que contará con suficiente agua, energía eléctrica, calefacción, mesa adecuada, estante cerrado, sillas y taburetes.

**e. Almacenes Talleres, depósitos**

El CONTRATISTA estará obligado a instalar sus propios almacenes, talleres y depósitos que sean necesarios para un adecuado desarrollo de las obras.

**f. Puesto médico de Primeros Auxilios**

En la oficina o sus dependencias deberá instalar un puesto de primeros auxilios en el que podrá prestar éstos servicios a su personal. En el puesto estarán disponibles materiales de vendaje y otros implementos necesarios.

En caso de que el CONTRATISTA no cumpliera las condiciones referentes a primeros auxilios, el Contratante dará orden de paro de la obra o de la punta de trabajo, respectivamente, hasta que los requisitos hayan sido cumplidos satisfactoriamente.



### g. Lugares para los campamentos principales y dependencias

Los campamentos principales, así como las dependencias del CONTRATISTA, como talleres, maestranza, depósito, etc. Podrán ubicarse en las inmediaciones de la Presa Khara Khota – Surikiña o Tupac Katari dejándose a discreción del CONTRATISTA elegir los lugares que estime convenientes.

Para la localización de los campamentos en el Proyecto deberán considerarse los siguientes aspectos generales:

- ✓ Los campamentos deben instalarse en áreas intervenidas y no así en áreas que comprendan la modificación sustancial de las características físicas y bióticas del medio.
- ✓ Es recomendable que los campamentos se encuentren al menos a dos kilómetros de distancia de los centros poblados que presenten más de 500 habitantes, con el fin de minimizar los riesgos y molestias a la población humana, así mismo no deben instalarse los campamentos a distancias mayores debido al abastecimiento de enseres que requiere el campamento.
- ✓ Debe evitarse la apertura de caminos de acceso hacia los campamentos, por lo que los mismos deben ubicarse lo más próximos a las vías de acceso existentes.
- ✓ Los campamentos no deben instalarse en las cabeceras de ríos.
- ✓ Los campamentos así como sus instalaciones deben mantener una distancia mínima de 500 m de las riberas de los ríos.
- ✓ Es necesario considerar para cada tramo la dirección predominante de los vientos en relación a la ubicación de poblaciones o áreas ambientalmente sensibles, de modo de que los campamentos se sitúen en un punto que minimice la incidencia de las emisiones u olores sobre ellos.
- ✓ En caso que las empresas Contratistas definan que su personal se ubicarán en alguno de los centros poblados que se encuentran en el área de influencia del proyecto, debe analizarse previamente las condiciones de saneamiento y servicios básicos para la población prevista en los campamentos.
- ✓ Así mismo deben realizarse acuerdos previos con las autoridades de la comunidad para la instalación de los campamentos.

Se recomienda que el indicado campamento cuente con las siguientes dependencias y distribución:

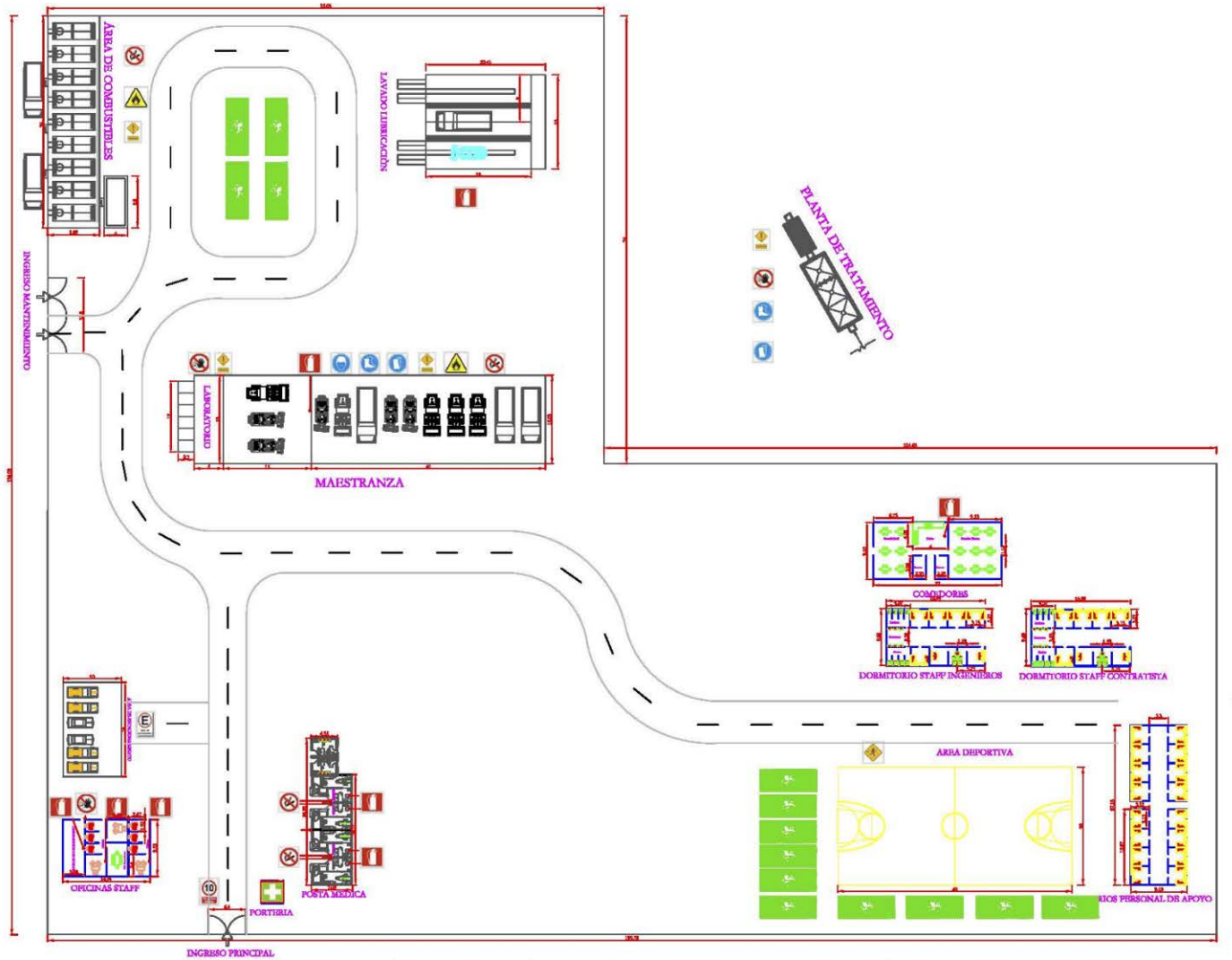


Figura 2.4-3 Dependencias del campamento



## 2.4.8 Requerimientos de desmontes, cortes y rellenos, nivelaciones

### Aducción

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	EXCAVACION EN ROCA	M3	7.635,85
2	EXCAVACIÓN EN ZANJA (TERRENO SEMI DURO)	M3	413.885,63
3	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	125.952,08
4	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL COMUN	M3	235.549,51

### Interconexión

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	EXCAVACIÓN EN TERRENO SEMI DURO	M3	104.643,83
2	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL COMUN	M3	60.698,26
3	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	34.015,84

### Planta de tratamiento

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	EXCAVACIÓN EN TERRENO SEMI DURO	M3	90.885,75
2	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	26.582,41
3	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL COMUN	M3	29.528,27



### Presa Taypichaca

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	EXCAVACIÓN EN TERRENO SEMI DURO	M2	40.236,97
2	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL SELECCIONADO	M2	114.521,10

### Presa Khotia Khota

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	EXCAVACION EN ROCA	M2	1.819,26
2	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	1.980,91
3	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL COMUN	M3K	1.965,77

### Agua potable 13 comunidades

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	EXCAVACIÓN EN TERRENO SEMI DURO	M3	47.660,57
2	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	17.303,68
3	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL COMUN	M3	23.797,75

### Riego

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	EXCAVACIÓN EN TERRENO SEMI DURO	M3	331.503,15
2	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	35.049,99
3	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL COMUN	M3	243.165,37



## 2.4.9 Descripción de bancos de préstamo y métodos de explotación

### 2.4.9.1 Bancos de Préstamos: encuadre geológico-geotécnico, investigaciones previas recopiladas

Como punto de partida para la propuesta de campaña, se han tenido en cuenta las descripciones geológicas-geotécnicas, así como las investigaciones realizadas para el Estudio de Identificación.

En lo referente al estudio de bancos de préstamos y diseño de hormigones, se presenta un estudio de dosificación de hormigones convencionales para una serie de agregados triturados entregados, procedentes de diversas plantas de la ciudad de El Alto, que se relacionan seguidamente:

Proveedor: Planta Peñas CONSMAC

- ✓ Banco material: Rio Misina Jahuira
- ✓ Comunidad: Suriquiña
- ✓ Municipio: Batallas

Proveedor: Planta NUEVA ESPERANZA

- ✓ Banco material: Rio Vilaque
- ✓ Comunidad Corapata
- ✓ Municipio: El Alto

Proveedor: Planta de Áridos SAN ROQUE (SOBOCE)

- ✓ Banco material: Rio Choqueyapu
- ✓ Comunidad: Alto Achocalla
- ✓ Municipio: La Paz

Se concluye que en general todos los agregados ensayados son aptos para la producción de hormigones convencionales con ajustes en algunos casos.

En primer lugar se va a realizar una breve descripción de los posibles materiales a ser usados en la construcción del cuerpo de las presas proyectadas, y que serían los siguientes:

- ✓ Material de agregado grueso: Este material se empleará en la preparación del concreto requerido en la construcción de las diversas obras de la Presa.
- ✓ Material de agregado fino: Este material seleccionado se empleará en la preparación del concreto requerido en la construcción de las diversas obras de la Presa.



- ✓ Material para terraplén y/o relleno común: Este material de préstamo o propio debe servir para conformar con material impermeabilizante el cuerpo de presas de roca.
- ✓ Material de roca para enrocado: Este material seleccionado se podría emplear en la conformación del enrocado del cuerpo de las presas (pedraplén).
- ✓ Material para impermeabilización: Este material de préstamo o propio, serviría para impermeabilizar cualquier terreno natural en contacto con agua y del cual se determine requiera su impermeabilización.

#### 2.4.9.2 Ubicación de bancos de préstamo próximos a las presas

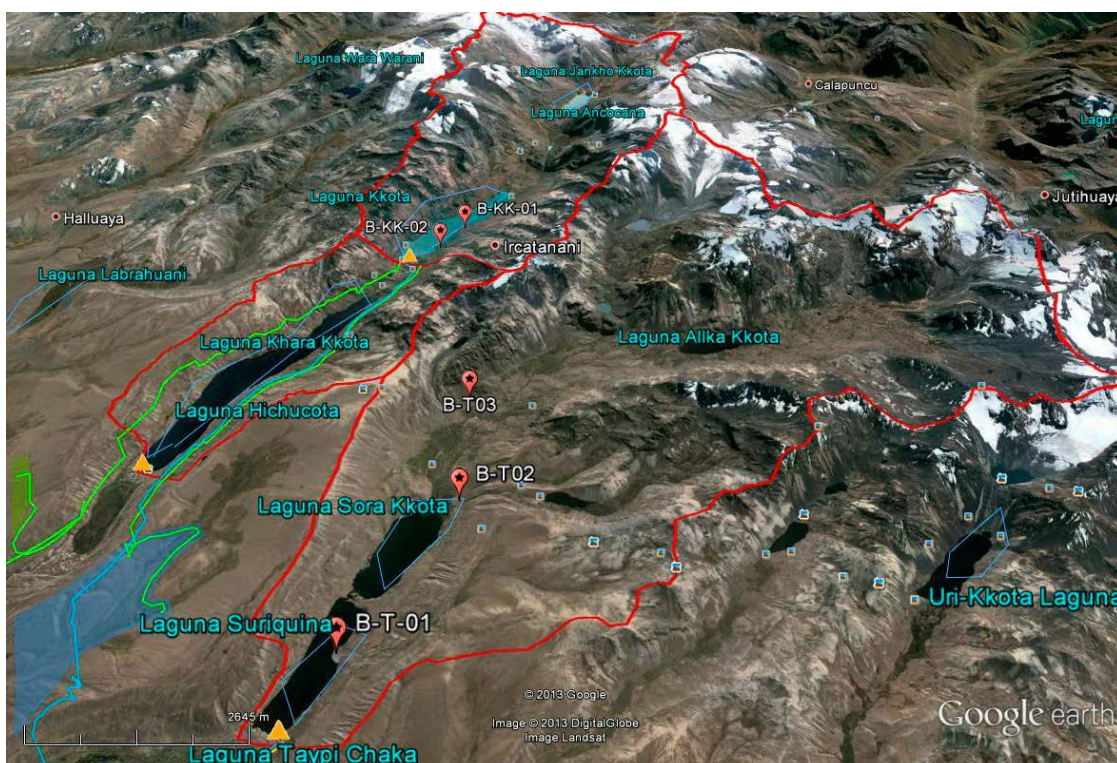
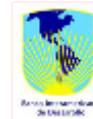


Figura 2.4.4 Posibles bancos de préstamo próximos al emplazamiento de las presas

Fuente: PROINTEC

Las principales observaciones sobre estos puntos se resumen seguidamente.

En el caso concreto de los puntos B-KK-01 y B-KK-02 en la zona de la futura presa de Khotia Khota, se observa que son depósitos fluvioglaciares adosados a las laderas de la Formación Uncia, se aprecia que el intenso color negro se debe a la presencia de una gran proporción de material pizarroso. Las pizarras son rocas que mayoritariamente proceden de sedimentos arcillosos que han sufrido un metamorfismo débil, por lo que no suele ser recomendable su reutilización debido a su alterabilidad.



## PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

Los depósitos asociados a la ladera de Taypichaca (B-T-01) parecen corresponder a un cono de deyección o abanico aluvial que se desarrolla en la rotura de pendiente a la salida de una torrentera natural. Se trata de una ladera de fuerte pendiente cubierta por depósitos glaciares que en la que aunque no llegan a aflorar las rocas del substrato, parece que también corresponde con los materiales de la Formación Uncia. Como se ha comentado anteriormente, esta unidad presenta una gran proporción de pizarras alterables con niveles intercalados de areniscas y metacuarcitas. En principio se debería descartar su reutilización, aunque de la visita de campo y según la potencia de areniscas/cuarcitas frente a pizarras se podría estudiar su empleo potencial.

El punto B-T-02 se encuentra en el extremo norte del Lago de Sora Kkota. Se trata de una zona de sedimentos glaciares cuya área de procedencia es muy amplia pues se halla situado en la confluencia de varias vaguadas que proceden de los relieves paleozoicos constituidos por las formaciones ordovícico-silúricas (Fm. Amutara; Fm. Cancañiri y Fm. Uncia), anteriormente descritas. Por tanto, como ya se ha explicado, este punto requiere un estudio más concreto para discriminar la composición exacta y poder seleccionarlo o descartarlo. A priori pensamos que se podría contemplar su muestreo, para comprobar las características del material, pues en el mapa se observa que los afloramientos ordovícicos cubren una amplia superficie de la cuenca de recepción de este punto. Esta formación Ordovícica presenta un posible interés, por su mayor proporción de areniscas y cuarcitas.

El punto B-T-03 se localiza aguas arriba del anterior a unos dos kilómetros al norte, en una zona más próxima al contacto con la Formación Amutara (Ordovícico) con lo cual también se podría contemplar su posible explotación.

No obstante lo anterior se deberá seguir manteniendo el estudio y muestreo de los granitos de dos micas localizados en la parte alta de la cuenca de recepción de Kothia Khota. Por su posible interés para la obtención de bloques de escollera. Además existe una pista que atraviesa esta formación y sirve de acceso a una mina.

Asimismo, los puntos seleccionados para préstamo (“Bancos de arena”), localizados en las inmediaciones del cruce de la carretera de El Alto a Las Peñas, junto al aluvial del río Kullu Cachi (Peñas Consmac).

Cantera/Gravera	Ficha	Denominación	Municipio	Provincia	Material	Utilización	Acceso	Distancia (Km) A La Presa De Taypichaca	Distancia (Km) A La Presa De Khotia Khota
Gravera	G-1	Suriquiña	Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	17,5	25,5
Gravera	G-2	Suriquiña	Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	16,8	26,7
Gravera	G-3		Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	23,0	33

Cantera/Gravera	Ficha	Denominación	Municipio	Provincia	Material	Utilización	Acceso	Distancia (Km) A La Presa De Taypichaca	Distancia (Km) A La Presa De Khotia Khota
Gravera	G-4	Capilla Asunción	Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	23,0	33
Gravera	G-5	Comunidad Villa Vilaque	Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	38,0	48
Gravera	G-6	Comunidad Concepción	Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	41,5	54,5
Gravera	G-7	Quebrada Juschus Jahuira	Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	41,0	52,5
Gravera	G-8	Comunidad Corapata	Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	39,2	50,5
Gravera	G-9	Rio Vilaque	Batallas	Los Andes	Gravas, arenas y cantos	Rechazo de cantera para árido	Aceptable	40,5	53,5

### 2.4.9.3 Bancos presa Taypichaca

En la zona de la cerrada de Taypichaca se observa que la presa ha sido realizada con material procedente del entorno más cercano. Se trata de depósitos morrénicos constituidos por arenas, cantos y bloques angulosos y heterométricos.

Hay un aspecto de diseño que se está analizando ya que ahora el nuevo muro proyectado se sitúa aguas arriba del existente y se prevé que haya que recrecer y acondicionar el camino de acceso mediante la construcción de un terraplén que evite que el agua salga por esta pequeña vaguada. Para ello se propone utilizar varios afloramientos de tipo morrénico existentes en la zona:

- ✓ Afloramiento localizado en la margen oriental que va ser cubierto por la nueva presa. Se consigue material y adicionalmente se aumenta la capacidad de embalse.
- ✓ Cerrito localizado en la margen occidental que es atravesado por el camino actual. Se prevé acondicionar este camino para el paso de maquinaria con lo que de entrada ya sería necesario retocar estos taludes para mejorar el trazado. Además el material excavado servirá para crear un terraplén bajo el camino que evite la salida de aguas por esta vaguada.



- ✓ Hay otro afloramiento bastante extenso en la zona de la cerrada junto a la zona ya explotada anteriormente. Se trata de unos relieves alomados sobre los que no va a llegar a apoyarse el futuro muro.

Estas laderas presentan una pendiente muy elevada y el depósito es muy inestable, por lo que su explotación puede generar desequilibrios en las laderas e incluso producir descalces de bloques en cabecera, por lo que en caso de plantearse la explotación de este tipo de depósitos deberá estudiarse adecuadamente desde un punto de vista geotécnico.

#### 2.4.9.4 Bancos presa Khotia Khota

A priori no parece muy aconsejable el posible préstamo de material granítico (ubicado aguas arriba del embalse) por la dificultad de acceso y por las condiciones tan problemáticas del camino existente por la margen occidental de la Laguna de Khotia Khota. Se podría desestabilizar la ladera provocando deslizamientos y aterramientos en el futuro embalse, que sería necesario estudiar muy detalladamente.

En el entorno de la cerrada afloran mayoritariamente las pizarras de la Formación Uncia, por lo que se desaconseja su utilización. Además se considera conveniente alterar lo mínimo posible este entorno de la cerrada.

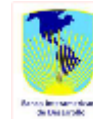
Se recomienda como material de préstamo una pequeña "hombreira" glacial existente en la ladera oriental de la presa de Khara Khota. Este afloramiento se sitúa sobre el camino que bordea el embalse y sirve de acceso a Khotia Khota. Se trata de un material detrítico constituido por arenas cantos y bloques de diversa granulometría y composición. Sería necesario abrir un camino de acceso desde el camino actual en el entorno del punto de coordenadas (0568154/8214076)19K. Se comenzaría su explotación desde la parte superior de la hombrera y se profundizaría lo necesario a los requerimientos del proyecto.

En la Planta de machaqueo de Peñas Consmac (Suriquiña) se han tomado diferentes muestras del árido explotado, por ser la planta que se encuentra a menor distancia de la futura obra. Además se ha tomado una muestra del material natural de la cantera previa a ser triturada.

#### 2.4.10 Maquinaria y equipos que se utilizarán en la etapa de construcción

##### Aducción

No.	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	POTENCIA
1	CAMION GRUA	-	-	-
2	CARGADORA FRONTAL 197 HP	CAT	950 H	195 HP
3	CARRO IMPRIMADOR	-	-	-
4	COMPACTADOR VIBRATORIO MANUAL DE PLACA	WACKER NEUSON	BS-602i	-
5	COMPACTADORA NEUMATICA 77 HP	CAT	PS130	77 HP
6	COMPACTADORA RODILLO LISO	DYNAPAC	CC 522 HF	120 HP
7	CORTADORA DE PAVIMENTO	-	-	-
8	EQUIPO TOPOGRAFICO	LEICA	MS50	-
9	MEZCLADORA DE HORMIGON 500 LT	-	-	-
10	PLANTA DE ASFALTO	-	-	-
11	RETROEXCAVADORA	CAT	420 E IT	420 HP



## PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

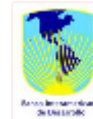
No.	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	POTENCIA
12	TERMINADORA DE ASFALTO	-	-	-
13	TRACTOR C/TOPADORA 185 HP	CAT	TH62	105 HP
14	VIBRADOR DE HORMIGON	-	-	-
15	VOLQUETA 6 M3 O 10 TON.	-	-	-

### Interconexión

No.	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	POTENCIA
1	CAMION GRUA	-	-	-
2	CARGADORA FRONTAL 197 HP	CAT	950 H	195 HP
3	CARRO IMPRIMADOR	-	-	-
4	COMPACTADOR VIBRATORIO MANUAL DE PLACA	WACKER NEUSON	BS-602i	-
5	COMPACTADORA NEUMATICA 77 HP	CAT	PS130	77 HP
6	COMPACTADORA RODILLO LISO	DYNAPAC	CC 522 HF	120 HP
7	CORTADORA DE PAVIMENTO	-	-	-
8	EQUIPO TOPOGRAFICO	LEICA	MS50	-
9	MEZCLADORA DE HORMIGON 500 LT	-	-	-
10	PLANTA DE ASFALTO	-	-	-
11	RETROEXCAVADORA	CAT	420 E IT	420 HP
12	TERMINADORA DE ASFALTO	-	-	-
13	TRACTOR C/TOPADORA 185 HP	CAT	TH62	105 HP
14	VIBRADOR DE HORMIGON	-	-	-
15	VOLQUETA 6 M3 O 10 TON.	-	-	-

### Planta de tratamiento

No.	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	POTENCIA
1	CAMION CISTERNA 10000 LT	-	-	-
2	CAMION GRUA	-	-	-
3	CARGADORA FRONTAL 197 HP	CAT	950 H	195 HP
4	COMPACTADORA NEUMATICA 77 HP	CAT	PS130	77 HP
5	COMPACTADOR VIBRATORIO MANUAL DE PLACA	WACKER NEUSON	BS-602i	-
6	COMPACTADORA PATA DE CABRA	CAT	CS323C	83 HP
7	DISTRIBUIDOR DE ASFALTO 180 HP	-	-	-
8	ESCOBA MECANICA NO AUTOPROPULSADA	-	-	-
9	MEZCLADORA DE HORMIGON 500 LT	-	-	-
10	RETROEXCAVADORA	CAT	420 E IT	420 HP
11	TERMINADORA DE CONCRETO ASFALTICO	-	-	-
12	TRACTOR C/TOPADORA	CAT	TH62	105 HP
13	VIBRADOR DE HORMIGON	-	-	-
14	VOLQUETA 6 M3 O 10 TON.	-	-	-



**Presa Taypichaca**

No.	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	POTENCIA
1	CAMION CISTERNA 10000 LT	-	-	-
2	CARGADORA FRONTAL 197 HP	CAT	950 H	195 HP
3	COMPACTADOR VIBRATORIO MANUAL DE PLACA	WACKER NEUSON	BS-602i	-
4	COMPACTADORA PATA DE CABRA	CAT	CS323C	83 HP
5	COMPRESOR	-	-	198 HP
6	TRACTOR C/TOPADORA	CAT	TH62	105 HP
7	CAMION GRUA	-	-	-
8	EQUIPO DE INYECCION DE HORMIGON	-	-	-
9	MOTONIVELADORA	CAT	140 H	186 HP
10	SOLDADOR ELECTRICO	LINCOLN	AC - 225	-
11	TRACTOR AGRICOLA C/ARADO DE DISCOS			90 HP
12	VIBRADOR DE HORMIGON	-	-	-
13	VOLQUETA 6 M3 O 10 TON.	-	-	-

**Presa Khotia Khota**

No.	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	POTENCIA
1	CAMION CISTERNA 10000 LT	-	-	-
2	CARGADORA FRONTAL 197 HP	CAT	950 H	195 HP
3	COMPACTADOR VIBRATORIO MANUAL DE PLACA	WACKER NEUSON	BS-602i	-
4	COMPACTADORA PATA DE CABRA	CAT	CS323C	83 HP
5	COMPRESOR	-	-	198 HP
6	TRACTOR C/TOPADORA	CAT	TH62	105 HP
7	CAMION GRUA	-	-	-
8	EQUIPO DE INYECCION DE HORMIGON	-	-	-
9	MOTONIVELADORA	CAT	140 H	186 HP
10	SOLDADOR ELECTRICO	LINCOLN	AC - 225	-
11	TRACTOR AGRICOLA C/ARADO DE DISCOS			90 HP
12	VIBRADOR DE HORMIGON	-	-	-
13	VOLQUETA 6 M3 O 10 TON.	-	-	-

**Agua potable 13 comunidades**

No.	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	POTENCIA
1	BOMBA DE AGUA	GAMMA	XST32-200/40	4HP
2	COMPACTADOR VIBRATORIO MANUAL DE PLACA	WACKER NEUSON	BS-602i	-
3	CAMION GRUA	-	-	156 HP
4	MEZCLADORA DE HORMIGON 500 LT	-	-	-
5	CARGADORA FRONTAL	CAT	950 H	196 HP
6	RETROEXCAVADORA	CAT	420 E IT	420 HP
8	SOLDADOR ELECTRICO	LINCOLN	AC - 225	-
9	EQUIPO TOPOGRAFICO	LEICA	MS50	-
10	VIBRADOR DE HORMIGON	-	-	-
11	VOLQUETA 6 M3	-	-	156 HP

## Riego

No.	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	POTENCIA
1	TERMINADORA DE ASFALTO	ALLAT	550P	-
2	CARRO IMPRIMADOR	-	-	-
3	CARGADORA FRONTAL	CAT	950 H	195 HP
4	COMPRESOR TRANSP.	-	-	198 HP
5	COMPACTADOR VIBRATORIO MANUAL DE PLACA	WACKER NEUSON	BS-602i	-
6	COMPACTADORA NEUMÁTICA	CAT	PS130	77 HP
7	COMPACTADORA VIBR. RODILLO LISO	DYNAPAC	CC 522 HF	120 HP
8	TRACTOR C/TOPADORA	CAT	TH62	105 HP
9	CORTADORA DE PAVIMENTO	-	-	-
10	CAMIÓN GRÚA	-	-	-
11	MEZCLADOR DE HORMIGÓN 500 LT	-	-	-
12	MARTILLO NEUMATICO A ORUGAS (DRILL)	-	-	-
13	PLANTA DE ASFALTO	-	-	-
14	RETROEXCAVADORA	CAT	420 E IT	420 HP
15	ARCO SOLDADOR	LINCOLN	AC - 225	-
16	EQUIPO TOPOGRÁFICO	LEICA	MS50	-
17	VOLQUETA 6 M3	-	-	-
18	VIBRADOR DE HORMIGÓN	-	-	-

### 2.4.11 Manejo de aguas pluviales

Al tratarse de un proyecto de captación transporte tratamiento y suministro de agua potable y riego, no son necesarias especiales medidas para el manejo de aguas pluviales. La información solicitada no es aplicable a las características de este proyecto

### 2.4.12 Fuente y demanda de agua para consumo de los trabajadores.

El campamento deberá contar con un sistema de aprovisionamiento de agua, la misma deberá por lo menos ser desinfectada con cloro y casos necesarios deberá realizarse un tratamiento antes de su distribución, garantizando de esta forma su calidad.

Para el agua destinada al consumo humano se instalará un sistema de tratamiento que garantice su potabilidad, para lo cual, se establece que el Contratista, realice análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua cruda y tratada, en el tanque de almacenamiento y en un punto de la red, en forma periódica cada dos meses.

La demanda dependerá del número de personas que el contratista utilice para los trabajos necesarios. Deberá ser el contratista de las obras el que analice en detalle este aspecto.



#### **2.4.13 Fuente y demanda de energía a utilizar en la etapa de construcción**

Deberá ser el contratista de las obras el que analice en detalle este aspecto.

La energía a utilizar será por medio de un generador eléctrico, los generadores de energía deberán estar alejados de las oficinas, debido a que emiten ruido, vibraciones y pueden provocar interferencias en las comunicaciones. Debido a que los generadores requieren para su funcionamiento diesel u otro combustible, para evitar accidentes y riesgos potenciales deben estar cercados y se debe mantener el ingreso restringido a estas instalaciones.

La demanda dependerá del número de personas que el contratista utilice para los trabajos necesarios.

#### **2.4.14 Cronograma de trabajo, incluyendo cada una de las actividades a desarrollarse**

Los cronogramas se presentan a continuación divididos por tipo de obra:





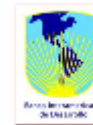
### Aducción

TRABAJOS	MESES											
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
PREPARACIÓN DE ACCESOS	■											
INSTALACIONES DE OBRA	■											
CONDUCCIÓN KHOTIA KHOTA - LINKU PUNKU												
- Despeje y desbroce del terreno		■	■	■	■							
- Excavación zanja			■	■	■	■						
- Instalación tubería			■	■	■	■						
- Ejecución de Anclajes				■	■	■	■					
- Relleno y compactación de zanjas				■	■	■	■					
- Ejecución de cámaras				■	■	■	■					
- Montaje de valvulería					■	■	■					
- Pruebas de funcionamiento.							■	■				
CONDUCCION TAYPICHACA - LINKU PUNKU												
- Despeje y desbroce del terreno	■	■										
- Excavación zanja		■	■									
- Instalación tubería		■	■	■								
- Ejecución de Anclajes			■	■								
- Relleno y compactación de zanjas			■	■								
- Ejecución de cámaras			■	■	■							
- Montaje de valvulería				■	■							
- Pruebas de funcionamiento.					■							



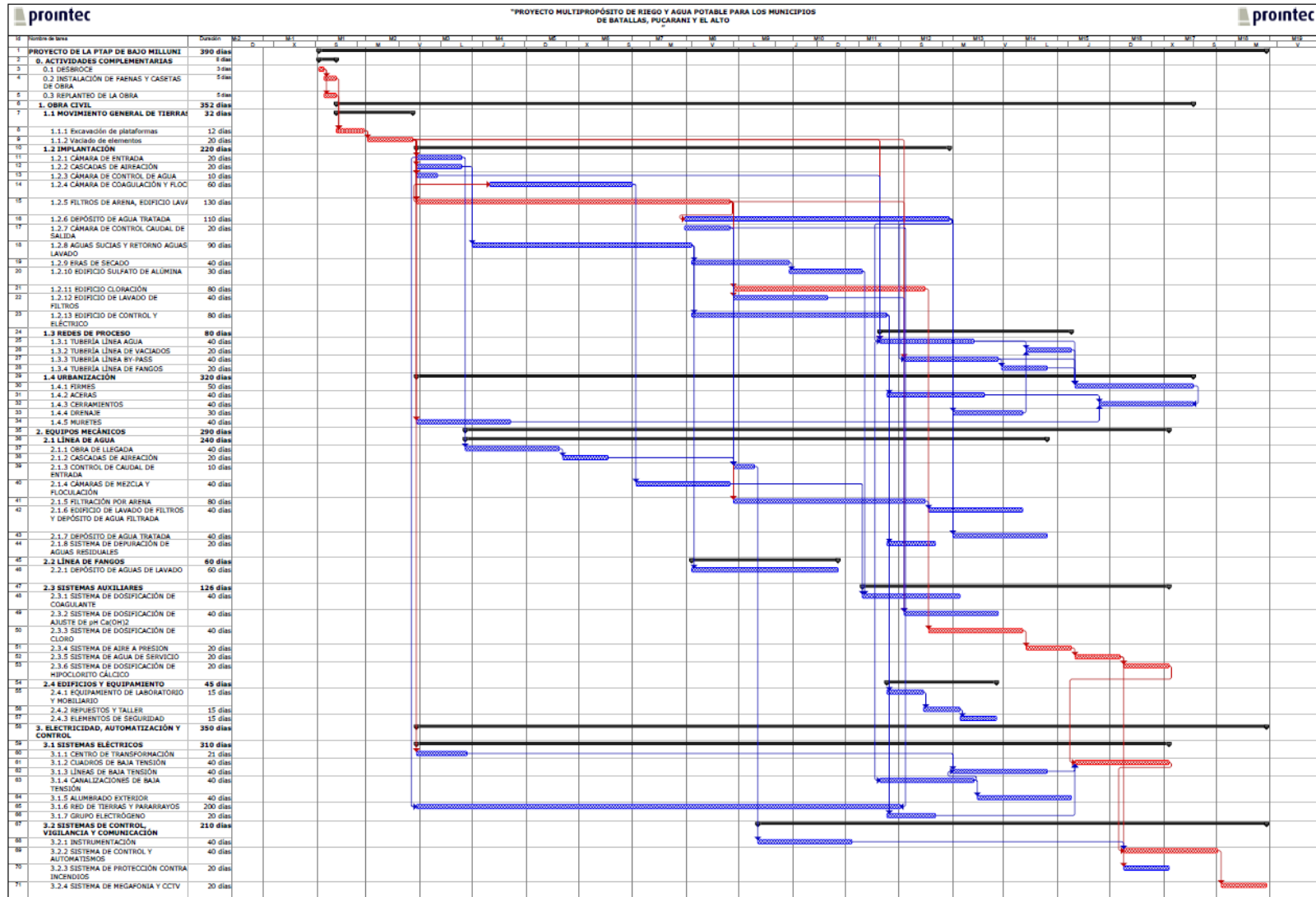
Interconexión

TRABAJO	MESES								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
PREPARACIÓN DE ACCESOS	█								
INSTALACIONES DE OBRA	█								
ZONA URBANA NO CONSOLIDADA									
- Despeje y desbroce del terreno		█							
- Excavación zanja		█	█	█	█	█			
- Instalación tubería		█	█	█	█	█			
- Relleno y compactación de zanja			█	█	█	█	█		
- Ejecución de arquetas			█	█	█	█	█	█	
- Montaje de valvulería				█	█	█	█	█	█
- Pruebas de funcionamiento.							█	█	█
ZONA URBANA CONSOLIDADA									
- Detección y reposición de servicios afectados	█	█	█	█	█	█	█	█	█
- Demolición de firmes		█	█	█	█	█			
- Excavación zanja		█	█	█	█	█	█		
- Pasos bajo canales existentes. PK 2+700 PK 3+600 PK 5+700 PK 6+250 PK 8+450			█	█	█	█	█	█	
- Instalación tubería		█	█	█	█	█	█		
- Relleno y compactación de zanja			█	█	█	█	█		
- Reposición de firmes			█	█	█	█	█		
- Ejecución de arquetas			█	█	█	█	█	█	
- Montaje de valvulería				█	█	█	█	█	█
- Pruebas de funcionamiento.						█	█	█	█
REMATES DE OBRA									█



# PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

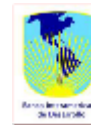
## Planta de tratamiento de agua potable



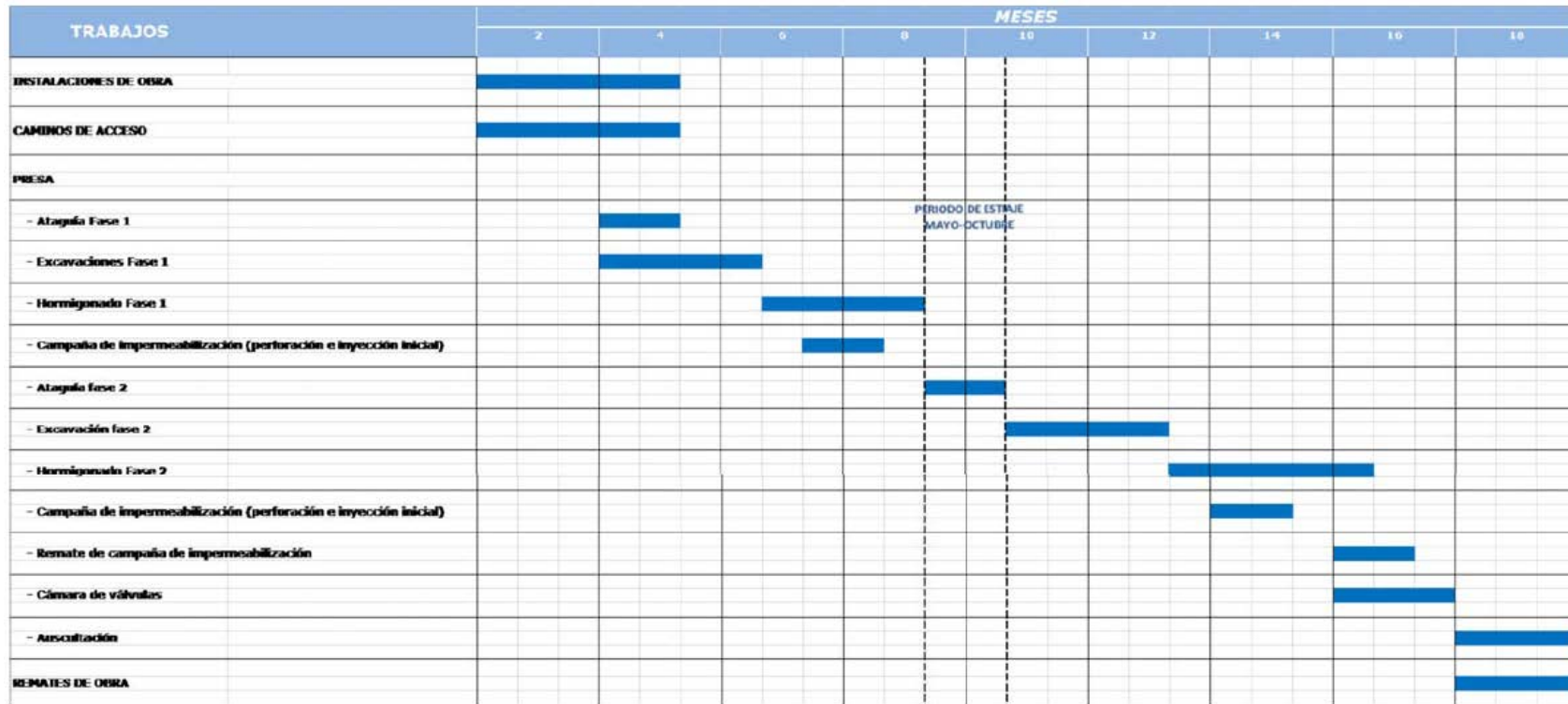


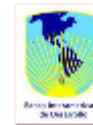
Presa Taypichaca

TRABAJOS	MESES								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
INSTALACIONES DE OBRA	█								
CAMINOS DE ACCESO	█	█							
PRESA DE COLLADO									
- Construcción ataquía		█							
- Excavación		█	█	█					
- Construcción del cuerpo de presa			█	█	█	█			
- Auscultación				█	█	█	█		
PRESA PRINCIPAL									
- Excavación obra de toma		█	█						
- Excavación cuerpo de presa		█	█	█	█				
- Excavación aliviadero				█	█	█			
- Hormigonado obra de toma			█	█					
- Construcción del cuerpo de presa			█	█	█	█	█		
- Hormigonado aliviadero				█	█	█	█	█	
- Construcción pasarela							█	█	
- Construcción caseta de válvulas y obra de salida							█	█	█
- Auscultación				█	█	█	█	█	
REMATES DE OBRA									█



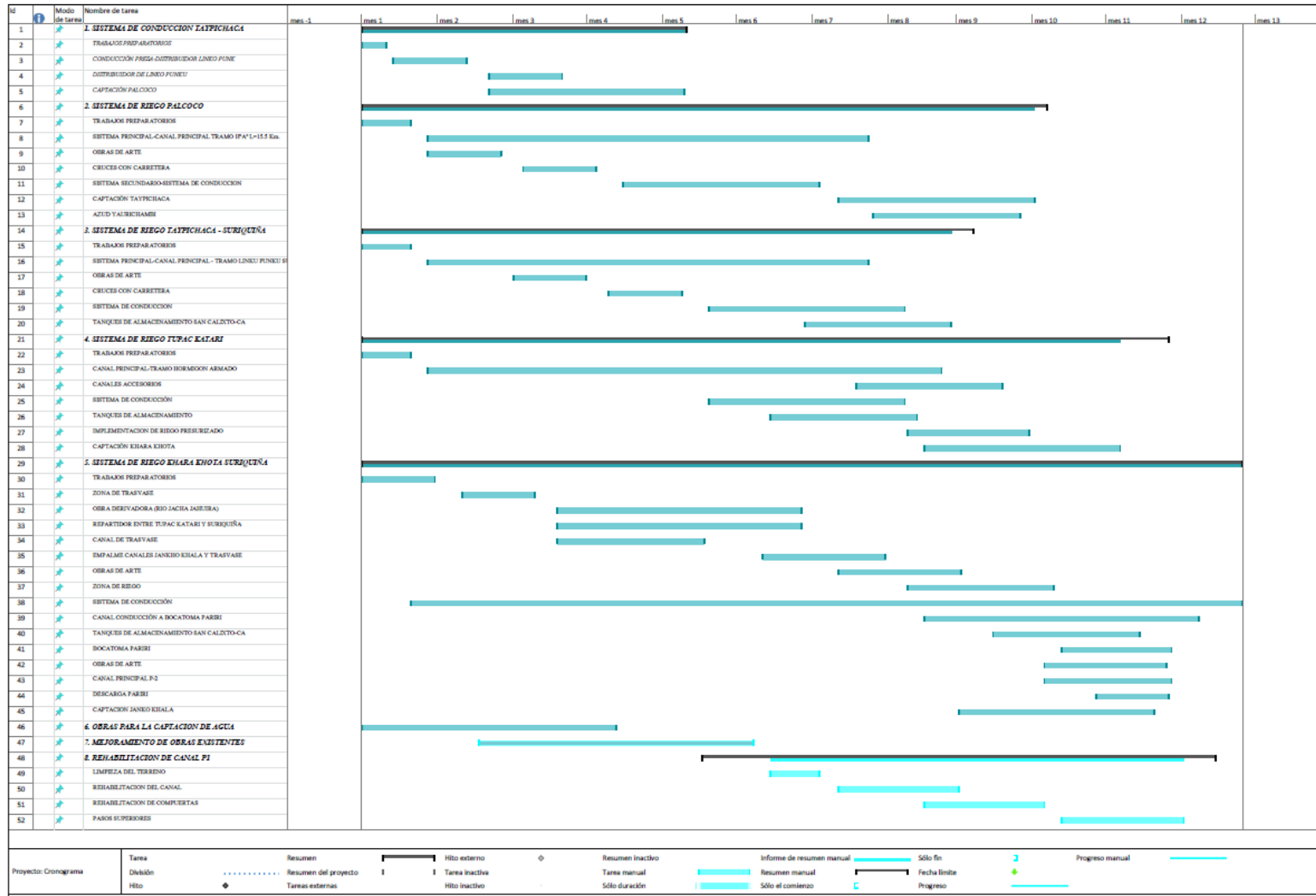
Presa Khotia Khota





# PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

## Riego



### 2.4.15 Cantidad y calificación de la mano de obra a utilizar

#### Aducción

ESPECIALIDAD	HORAS HOMBRE	NIVEL DE FORMACION	MANO DE OBRA DE LA ZONA (HORAS )	MANO DE OBRA QUE NO ES DE LA ZONA (HORAS )
ALARIFE	2.471,36	NO CALIFICADA	988,55	1482,82
ALBAÑIL	77.224,70	CALIFICADA		77224,70
ARMADOR	42.276,10	CALIFICADA		42276,10
AYUDANTE	41.177,95	NO CALIFICADA	16471,18	24706,77
CHOFER	4.095,40	CALIFICADA		4095,40
ENCOFRADOR	12.337,24	CALIFICADA		12337,24
ESPECIALISTA	2,43	CALIFICADA		2,43
EXPLOSIVISTA	2.290,76	CALIFICADA		2290,76
PEON	479.657,98	NO CALIFICADA	191863,19	287794,79
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	85.574,32	CALIFICADA		85574,32
OPERADOR EQUIPO PESADO	23.437,60	CALIFICADA		23437,60
PERFORISTA	1.145,38	CALIFICADA		1145,38
PLOMERO	27.440,22	CALIFICADA		27440,22
SOLDADOR	54,24	CALIFICADA		54,24
TOPOGRAFO	494,27	CALIFICADA		494,27

#### Interconexión

ESPECIALIDAD	HORAS HOMBRE	NIVEL DE FORMACION	MANO DE OBRA DE LA ZONA (HORAS )	MANO DE OBRA QUE NO ES DE LA ZONA (HORAS )
ALARIFE	629,60	NO CALIFICADA	251,84	377,76
ALBAÑIL	10.848,69	CALIFICADA		10848,69
ARMADOR	11.429,67	CALIFICADA		11429,67
AYUDANTE	11.351,42	NO CALIFICADA	4540,57	6810,85
OPERADOR DE PLANTA	1.446,28	CALIFICADA		1446,28
ENCOFRADOR	2.851,58	CALIFICADA		2851,58
PEON	107.270,20	NO CALIFICADA	42908,08	64362,12
CHOFER	1.063,77	CALIFICADA		1063,77
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	25.635,46	CALIFICADA		25635,46
OPERADOR EQUIPO PESADO	6.437,59	CALIFICADA		6437,59
PLOMERO	6.720,15	CALIFICADA		6720,15
TOPOGRAFO	125,92	CALIFICADA		125,92

**Planta de Tratamiento**

<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>HORAS HOMBRE</b>	<b>NIVEL DE FORMACION</b>	<b>MANO DE OBRA DE LA ZONA (HORAS )</b>	<b>MANO DE OBRA QUE NO ES DE LA ZONA (HORAS )</b>
ALARIFE	1.199,33	NO CALIFICADA	479,73	719,60
ALBAÑIL	18.291,25	CALIFICADA		18291,25
ARMADOR	38.520,83	CALIFICADA		38520,83
AYUDANTE	21.110,44	NO CALIFICADA	8444,17	12666,26
OPERADOR DE PLANTA	183,56	CALIFICADA		183,56
ESPECIALISTA	0,50	CALIFICADA		0,50
ENCOFRADOR	7.682,53	CALIFICADA		7682,53
ESPECIALISTA	7.450,69	CALIFICADA		7450,69
PEON	97.291,67	NO CALIFICADA	38916,67	58375,00
CHOFER	3.415,77	CALIFICADA		3415,77
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	6.112,51	CALIFICADA		6112,51
OPERADOR EQUIPO PESADO	2.912,57	CALIFICADA		2912,57
OPERADOR DISTRIBUIDOR	36,42	CALIFICADA		36,42
PLOMERO	441,86	CALIFICADA		441,86
SOLDADOR	703,11	CALIFICADA		703,11
TOPOGRAFO	1.093,05	CALIFICADA		1093,05

**Presa Taypichaca**

<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>HORAS HOMBRE</b>	<b>NIVEL DE FORMACION</b>	<b>MANO DE OBRA DE LA ZONA (HORAS )</b>	<b>MANO DE OBRA QUE NO ES DE LA ZONA (HORAS )</b>
ALARIFE	950,41	NO CALIFICADA	380,16	570,24
ALBAÑIL	3.023,50	CALIFICADA		3023,50
ARMADOR	6.484,75	CALIFICADA		6484,75
AYUDANTE	2.736,67	NO CALIFICADA	1094,67	1642,00
ESPECIALISTA	37,00	CALIFICADA		37,00
ENCOFRADOR	1.347,71	CALIFICADA		1347,71
ESPECIALISTA	190,75	CALIFICADA		190,75
PEON	23.988,94	NO CALIFICADA	9595,57	14393,36
CHOFER	3.893,82	CALIFICADA		3893,82
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	970,83	CALIFICADA		970,83
OPERADOR EQUIPO PESADO	4.635,83	CALIFICADA		4635,83
PLOMERO	79,00	CALIFICADA		79,00
SOLDADOR	123,17	CALIFICADA		123,17
TOPOGRAFO	900,61	CALIFICADA		900,61





**Presa Khotia Khota**

ESPECIALIDAD	HORAS	NIVEL DE FORMACION	MANO DE OBRA DE LA ZONA (HORAS)	MANO DE OBRA QUE NO ES DE LA ZONA (HORAS)
	HOMBRE			
ALBAÑIL	4.098,77	CALIFICADA		4098,77
ARMADOR	1.511,15	CALIFICADA		1511,15
AYUDANTE	1.997,06	NO CALIFICADA	798,82	1198,23
CHOFER	54,59	CALIFICADA		54,59
ENCOFRADOR	802,23	CALIFICADA		802,23
ESPECIALISTA	44,56	CALIFICADA		44,56
EXPLOSIVISTA	545,78	CALIFICADA		545,78
PEON	10.542,27	NO CALIFICADA	4216,91	6325,36
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	4.482,19	CALIFICADA		4482,19
OPERADOR EQUIPO PESADO	242,95	CALIFICADA		242,95
PERFORISTA	424,09	CALIFICADA		424,09
PLOMERO	88,64	CALIFICADA		88,64
SOLDADOR	253,24	CALIFICADA		253,24

**Agua potable 13 comunidades**

ESPECIALIDAD	HORAS	NIVEL DE FORMACION	MANO DE OBRA DE LA ZONA (HORAS)	MANO DE OBRA QUE NO ES DE LA ZONA (HORAS)
	HOMBRE			
ALARIFE	2.719,55	NO CALIFICADA	1.087,82	1.631,73
ALBAÑIL	1.058,36	CALIFICADA		1.058,36
ARMADOR	234,92	CALIFICADA		234,92
AYUDANTE	8.230,03	NO CALIFICADA	3.292,01	4.938,02
PEON	54.725,55	NO CALIFICADA	21.890,22	32.835,33
ENCOFRADOR	548,81	CALIFICADA		548,81
CHOFER	408,92	CALIFICADA		408,92
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	8.364,90	CALIFICADA		8.364,90
OPERADOR EQUIPO PESADO	1.159,38	CALIFICADA		1.159,38
PLOMERO	9.393,61	CALIFICADA		9.393,61
SOLDADOR	1.030,20	CALIFICADA		1.030,20
TOPOGRAFO	550,54	CALIFICADA		550,54

**Riego**

ESPECIALIDAD	HORAS HOMBRE	NIVEL DE FORMACION	MANO DE OBRA DE LA ZONA (HORAS )	MANO DE OBRA QUE NO ES DE LA ZONA (HORAS )
ALARIFE	11.715,20	NO CALIFICADA	4686,08	7029,12
ALBAÑIL	96.339,51	CALIFICADA		96339,51
ARMADOR	69.071,69	CALIFICADA		69071,69
AYUDANTE	56.088,35	NO CALIFICADA	22435,34	33653,01
OPERADOR DE PLANTA	63,60	CALIFICADA		63,60
ENCOFRADOR	98.493,76	CALIFICADA		98493,76
ESPECIALISTA	10.740,03	CALIFICADA		10740,03
PEON	415.531,57	NO CALIFICADA	166212,63	249318,94
CHOFER	3.299,27	CALIFICADA		3299,27
OPERADOR EQUIPO LIVIANO	43.339,59	CALIFICADA		43339,59
OPERADOR EQUIPO PESADO	9.045,42	CALIFICADA		9045,42
PLOMERO	42.354,69	CALIFICADA		42354,69
SOLDADOR	180,00	CALIFICADA		180,00
TOPOGRAFO	2.366,52	CALIFICADA		2366,52

**2.4.16 Descripción del manejo y disposición final de los residuos**

**a. Residuos líquidos**

**Agua potable y riego**

- ✓ El campamento deberá contar con baterías de baños que incluyan al menos un sanitario por cada 10 trabajadores. Las mismas deberán acoplarse a un sistema completo y por separado de tratamiento y disposición de aguas residuales domésticas (negras, grises y pluviales) y aguas de lavado (de equipo, maquinaria y áreas industriales).
- ✓ Las aguas residuales deberán conducirse a través de redes independientes, es decir, se deberá disponer de una red de aguas negras y otra para conducción de aguas grises y agua pluviales. Por ningún motivo los efluentes deben ser dispuestos a cauces naturales, canales de riego y otro cuerpo receptor, sin tratamiento.
- ✓ El manejo de agua se regirá de acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica y al Reglamento Técnico de Diseño para Unidades de Tratamiento no Mecanizadas para Sistemas de Agua Potable y Aguas Residuales.
- ✓ El tratamiento de las aguas negras podrá realizarse en cámaras sépticas, dimensionadas para retener el efluente por lo menos durante 12 horas, en función a un consumo de agua de aproximadamente 150 litros/persona/día. Asimismo, deben estar diseñadas para la sedimentación y digestión de lodos. La empresa Contratista podrá utilizar los tanques de plástico, tomando la



prevision de realizar la limpieza periodica, antes de su colmatacion.

- ✓ Las aguas grises deberán tratarse en un sistema de depuración separado del anterior cumpliendo previamente con la etapa de separación de grasas y aceites en tanques de separación o cámaras desengrasadoras de tal manera que estas sustancias no interfieran el proceso biológico.
- ✓ El campamento deberá contar con sus propias instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales. El diseño de estas instalaciones deberá ser realizado de acuerdo a la cantidad de población servida, concentraciones de materia orgánica presente en las aguas residuales, etc.
- ✓ Los lodos de las cámaras sépticas luego de extraídos y secados deberán ser confinados en pozos ejecutados para ello.
- ✓ Los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben estar ubicadas a distancias mayores a las siguientes recomendables: a 15 m de las viviendas u oficinas, a 100 m de los cursos de agua y a 200 m de las fuentes de agua potable.
- ✓ La captación de residuos grasos de origen domestico será realizada mediante la construcción de trampas o cámaras interceptoras.
- ✓ Los residuos grasos generados del lavado y mantenimiento de maquinaria, serán tratados mediante trampas de grasa, realizando una separación primaria por densidad de aceites y grasas, que serán recolectadas en barriles para su posterior transporte a un reciclador de aceite de desecho o en su caso ser entregado a empresa recicladoras de aceite legalmente autorizadas, luego el agua será filtrada y reutilizada para fines de lavado de maquinaria.
- ✓ Las grasas y los aceites lubricantes se recolectarán y almacenarán para su posterior transporte a un reciclado de aceites de desecho o en su caso ser entregado a empresas recicladoras de aceite en el territorio nacional.

## **b. Residuos Sólidos**

### **Agua potable y riego**

- ✓ El manejo de los residuos sólidos generados en el campamento debe estar de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos de la Ley de Medio Ambiente, las Normas Bolivianas NB 742-760 y las normas municipales existentes en el lugar donde se sitúe el campamento.
- ✓ Se deberán considerar sitios habilitados por los Gobiernos Municipal Locales para la disposición final.
- ✓ El generador de residuos sólidos debe almacenar los mismos únicamente dentro de los predios de su responsabilidad o en áreas autorizadas, por otro lado, la disposición final de los residuos que no sean reutilizados, reciclados o aprovechados deberá llevarse a cabo evitando toda influencia perjudicial para el suelo, vegetación y fauna, la degradación del paisaje, la contaminación del aire y las aguas y todo lo que pueda atentar contra el ser humano o el medio

que lo rodea.

- ✓ En el campamento principal se realizará la clasificación de residuos, a fin de darles un mejor tratamiento y disposición final. Los residuos sólidos serán clasificados en 4 grupos: orgánicos, inorgánicos, especiales e industriales, cuya disposición final será distinta para cada uno de ellos. Para dicho fin se deberá contar con un área específica.
- ✓ El Contratista adoptará 3 objetivos en materia de residuos sólidos: minimizar la generación de residuos, maximizar el re-uso (reciclaje), realizar una apropiada recolección de residuos. Para cada objetivo formulará una estrategia y programa a seguir.
- ✓ La infraestructura necesaria para la disposición de residuos sólidos deberá incluir: basureros ligeros y contenedores.

Los basureros ligeros son estructuras móviles, con una capacidad aproximada de 0,2 m<sup>3</sup>, preferentemente de metal y deben estar instalados no sólo en campamentos fijos, sino también en cualquier área donde se tenga alguna concentración importante de gente, en los lugares mas visibles y de mayor circulación de personal.

Se recomienda considerar un basurero cada 20 personas. Asimismo, deberán tener tapa o cubierta de tal manera de evitar la proliferación de malos olores y vectores en la zona. Estos basureros deberán estar pintados con el fin de hacerlos visibles y deberán ser vaciados diariamente, y la basura clasificada y manejada de acuerdo a su composición.

Los contenedores (almacenamiento temporal), son estructuras semi-fijas con una capacidad aproximada de 5 m<sup>3</sup>, estos basureros están destinados a recibir grandes volúmenes de residuos producidos en los campamentos y además el vaciado de los basureros ligeros. Se sugiere disponer un contenedor cada 40 personas. Estos contenedores serán vaciados, disponiendo los residuos orgánicos en fosas confinadas, cada vez que alcancen su capacidad de almacenamiento (aproximadamente cada 4 a 7 días). En las zonas donde se planifique el almacenamiento temporal, se deberán considerar áreas para residuos que puedan ser reciclados y/o almacenados.

### **c. Disposición Final**

Debido a la ubicación del proyecto, se podrá llevar los residuos sólidos al Botadero de la ciudad de El Alto, la ubicación de un sitio para la implementación de una fosa de confinamiento. Para dicho fin se deberá presentar a la Supervisión el convenio o contrato firmado con las autoridades de los Municipios Locales. Los desechos sólidos serán clasificados y manejados de acuerdo a las siguientes disposiciones:

- ✓ Los desechos no biodegradables de generación continua, como por ejemplo los plásticos, vidrios y metales, se clasificarán para su posterior comercialización con empresas dedicadas a recolectar este tipo de materiales.
- ✓ No se permitirá la eliminación de residuos sólidos en laderas, quebradas o cursos de agua.
- ✓ Los residuos biodegradables provenientes de la cocina serán dispuestos con los comunarios de la zona, para alimento para el ganado. En el caso de ser enterrados, las fosas deberán ser impermeabilizadas mediante la compactación de

fondo de material arcilloso o mediante la colocación de mantas geotextiles adecuadas para este fin.

- ✓ Los residuos de papel y carton no contaminados, seran acopiados periodicamente y se los transportara y entregara a los acopiadores autorizados de papel, para su posterior reciclado.

En el caso de los residuos no biodegradable, se procurara el traslado al lugar autorizado por los Gobiernos Municipales Locales.

- ✓ Los residuos especiales e industriales tales como baterías, chatarra, llantas, etc. no deben ser enterrados con el resto de los residuos sólidos. Estos residuos deberán ser acopiados en los campamentos y/o maestranzas para ser posteriormente trasladados a un sitio de disposición final adecuado.
- ✓ Los filtros usados de los vehículos, serán entregados a empresas dedicadas al tratamiento adecuado de tales residuos.

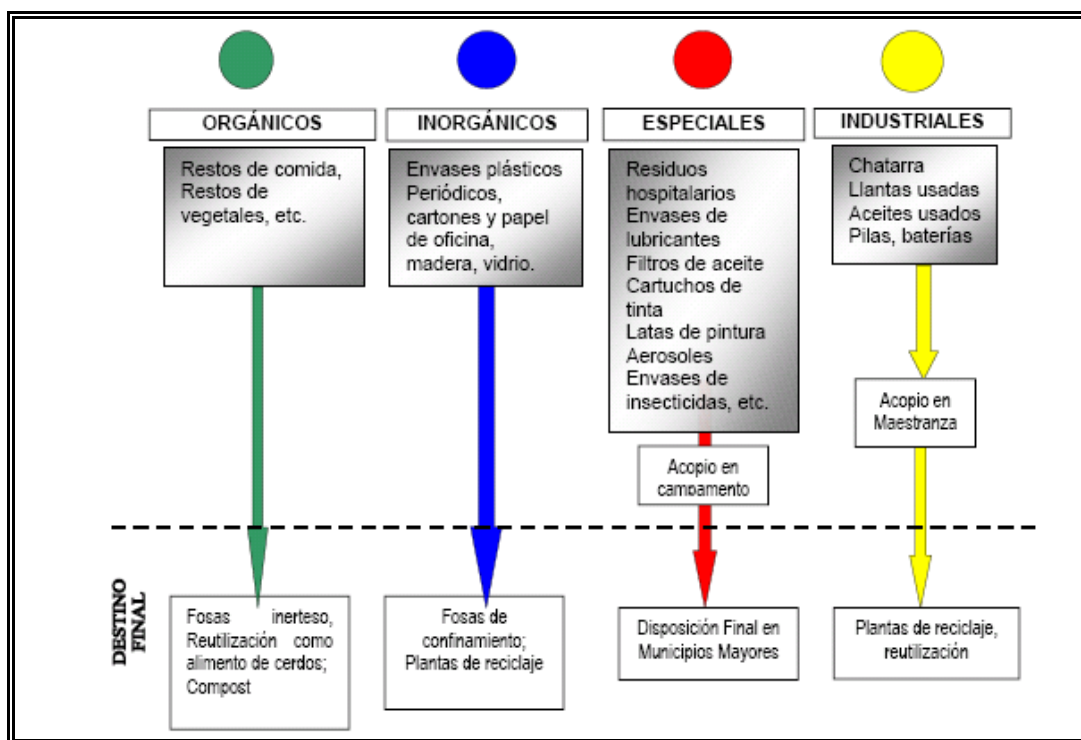


Figura 2.4-5 Clasificación de Residuos Sólidos

Fuente. Guías de Buenas Prácticas Ambientales, Abt Associates Inc (2004)

#### d. Residuos peligrosos

##### Agua potable y riego

- ✓ Los paños y otros materiales contaminados con combustibles, lubricantes, etc, se consideran residuos peligrosos y su manejo debe ajustarse a lo establecido en el Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas de la Ley del Medio



- Ambiente. Para ello se deberá disponer de un contenedor especial, ubicado en proximidades de la maestranza, para su recolección y posterior disposición final.
- ✓ Los residuos tóxicos y/o peligrosos, como baterías en desuso, pilas y otros, deben ser confinados en contenedores especiales y en ningún caso se mezclarán con otro tipo de residuos sólidos.

## **2.5 ACTIVIDADES EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS Y EQUIPOS DEL PROYECTO**

Entre otras actividades de operación y mantenimiento de las obras y equipos del proyecto que se deben describir, pero sin limitarse a ellas, son:

### **2.5.1 Flujograma de las actividades de operación y mantenimiento de todas las obras y equipos**

Se informa de que sólo existe flujograma correspondiente a la PTAP, que es el que se adjunta.



# PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

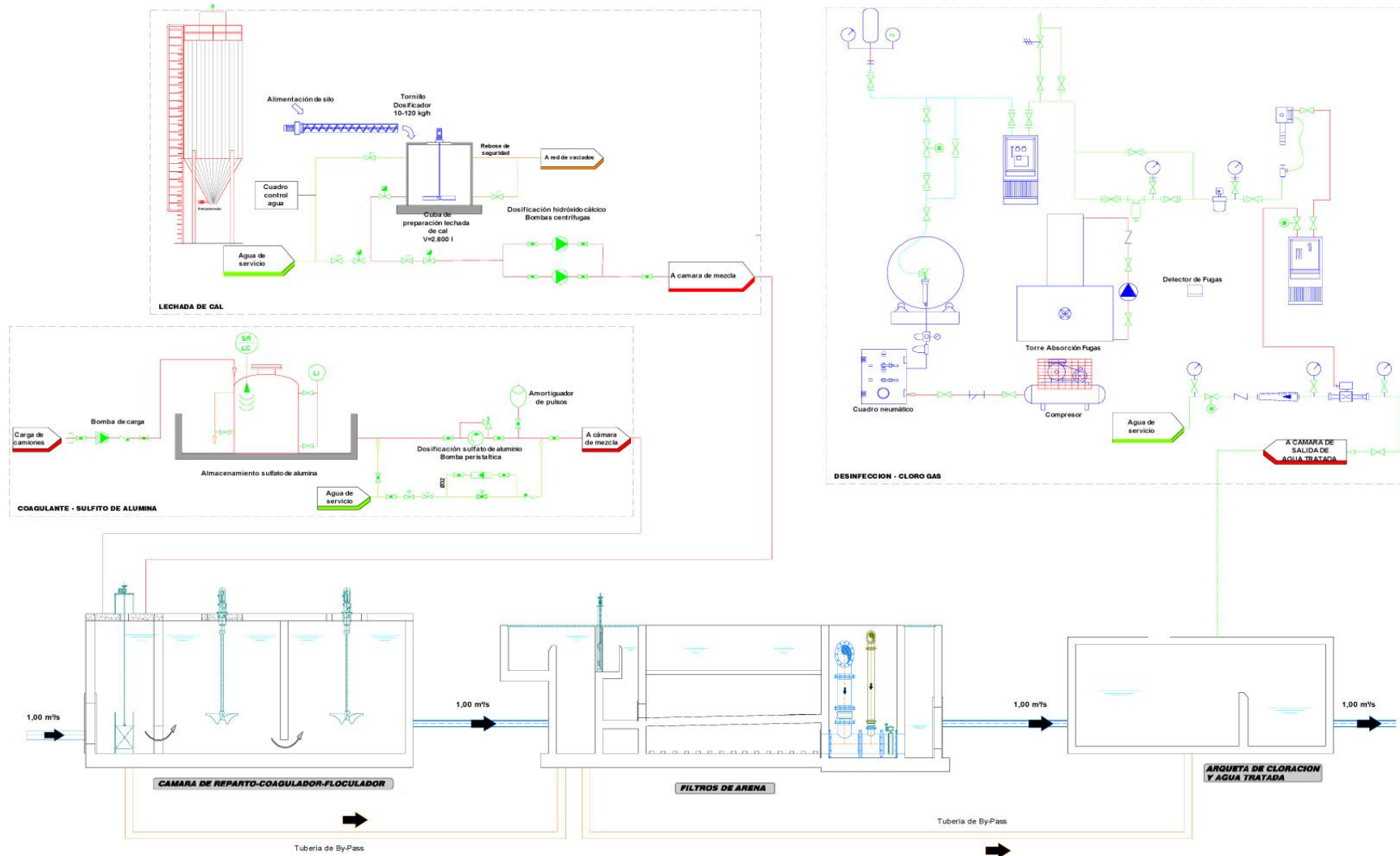


Figura 2.4-6 Flujograma de operación de la PTAP



## 2.5.2 Operación de embalse, conducción de agua, plan de uso y control del embalse

### a. Operación de Presa

La finalidad de la presa es satisfacer las demandas de riego de la zona, además de proveer un caudal para el abastecimiento de la ciudad del El Alto.

Los volúmenes de desembalse mensuales se fijarán en función de las demandas a satisfacer y de las aportaciones mensuales correspondientes al año hidrológico estimado. Mensualmente se corregirá la tendencia una vez obtenidos los valores reales de los meses anteriores.

El Encargado de la Explotación de la presa será el responsable de dar cumplimiento a los programas de embalse y desembalse dando instrucciones al Encargado de la Presa de los caudales a desaguar en cada momento.

El Encargado de la Presa contará con los correspondientes gráficos de apertura de válvulas con el fin de poder dar servicio a los caudales demandados por los distintos usos.

### b. Auscultación

Los instrumentos de auscultación de que dispone la presa permiten controlar las siguientes variables: control topográfico (nivelación y colimación), movimientos de juntas, subpresiones en cimentación y las filtraciones en ambas laderas.

La frecuencia de lecturas será la siguiente:

- ✓ Control topográfico: Se realizará semestralmente, coincidiendo con época cálida y época fría.
- ✓ Subpresiones en cuerpo de presa y cimentación: Semanalmente.
- ✓ Filtraciones: Se realizará semanalmente

Además, diariamente se debe medir el nivel del embalse y las variables registradas en la estación meteorológica, fundamentalmente precipitación y temperatura, así como los caudales salientes.

Los registros serán archivados y clasificados, realizándose informes y gráficos que permitan detectar variaciones en el comportamiento de la presa y tendencias irreversibles. Es recomendable la elaboración de los siguientes informes:

- ✓ La evolución de los niveles de embalse, de los caudales entrantes y salientes del mismo, y los datos meteorológicos.
- ✓ La evolución de los caudales de las filtraciones( por la situación de los aforadores, debe indicarse también la precipitación registrada en el día), y las presiones registradas.



- ✓ Evolución de movimientos de la presa relacionados con niveles de embalse.

La toma de datos de auscultación y el registro y análisis de los mismos será responsabilidad del Encargado de la Explotación de la presa. La toma de datos de filtraciones y subpresiones podrá ser llevada cabo por el Encargado de la Presa si tiene cualificación adecuada. El control topográfico de coronación deberá ser realizada por técnicos especialistas.

### **c. Explotación en situaciones extraordinarias**

En este punto se considera la explotación del embalse en circunstancias cuya ocurrencia no es habitual o es muy poco probable.

Se entiende por situación extraordinaria, aquella en la que por cualquier incidente interno o externo a la presa, se alteran las condiciones habituales en la explotación, obligando a adoptar medidas distintas a las rutinarias que permitan, garantizando la seguridad estructural de la presa, devolver la explotación a su situación normal.

Los posibles incidentes que podrían suponer situaciones extraordinarias son los siguientes:

- ✓ Avenida
- ✓ Seismo
- ✓ Actos de vandalismo y sabotaje
- ✓ Rotura de obra civil o terreno
- ✓ Nuevos manantiales, humedales remolinos o sumideros
- ✓ Lecturas anormales de auscultación
- ✓ Movimiento de laderas
- ✓ Contaminación en el embalse
- ✓ Sequía y escasez de recursos

La ocurrencia de cualquiera de estos incidentes debería ser comunicada inmediatamente al Encargado de la Explotación de la presa, con el fin de que comunique el hecho a las autoridades competentes correspondientes.

## **2.5.3 Actividades de mantenimiento de las obras hidráulicas, sistema de tratamiento, canal de descarga y sus responsables**

### **2.5.3.1 Aducción**

#### **a. Mantenimiento preventivo**

En este apartado se incluye el conjunto de operaciones necesarias para mantener la instalación en unas condiciones óptimas de funcionamiento y reducir al máximo el riesgo de averías.

Cabe destacar que, a la vista del material elegido en la tubería (fundición dúctil), si la instalación y montaje de la misma se lleva a cabo correctamente, las tareas de mantenimiento y los riesgos de rotura son muy reducidos, por lo que el trabajo de mantenimiento debe centrarse en los elementos auxiliares de la instalación: Cámara de rotura de carga, cámaras de válvulas y valvulería.

Así pues, se estima que el mantenimiento preventivo de las conducciones se reduce a llevar a cabo, con una periodicidad anual, las siguientes labores en todas y cada una de las cámaras proyectadas:

- ✓ Inspección de marco y tapa de fundición.
- ✓ Inspección de los peldaños de ayuda de bajada.
- ✓ Limpieza del habitáculo de la cámara de válvulas.
- ✓ En la valvulería existente:
  - Limpieza del cuerpo exterior de la válvula y pintura sobre eventuales desperfectos en la misma.
  - Accionamiento manual del volante de apertura/cierre en todas las válvulas de corte.
  - Engrase de los husillos de volantes de accionamiento y en los pernos de las juntas de desmontaje.

Por su parte en la cámara de rotura de carga será necesario, con carácter anual realizar las siguientes tareas:

**b. Cámaras de llaves**

- ✓ Inspección y limpieza de las cubiertas metálicas de las cámaras de llaves, así como lijado y pintura sobre aquellas zonas que eventualmente pudieran necesitarla.
- ✓ Inspección de peldaños de ayuda de bajada.
- ✓ Limpieza del habitáculo de la cámara.
- ✓ En la valvulería existente:
  - Limpieza del cuerpo exterior de la válvula y pintura sobre eventuales desperfectos en la misma.
  - Accionamiento manual del volante de apertura/cierre en todas las válvulas de corte.
  - Engrase de los husillos de volantes de accionamiento y en los pernos de las juntas de desmontaje.

**c. Estanque de la cámara de rotura**

- ✓ Inspección y limpieza de la cubierta, procediendo a la reparación de los elementos de aislamiento que eventualmente pudieran requerirlo.

- ✓ Inspección de las cámaras de registro de la red de drenaje subterráneo y evaluación de caudales anormales en las mismas que pudieran indicar la aparición de fugas.
- ✓ Inspección y limpieza de paramentos exteriores del vaso del estanque y reparación de desperfectos localizados que eventualmente pudieran aparecer.
- ✓ En la valvulería existente:
  - Limpieza del cuerpo exterior de la válvula y pintura sobre eventuales desperfectos en la misma.
  - Accionamiento manual del volante de apertura/cierre en todas las válvulas de corte.
  - Engrase de los husillos de volantes de accionamiento y en los pernos de las juntas de desmontaje.

#### **d. Reparación y conservación de la red**

Aunque, como ya se ha dicho, las conducciones de fundición dúctil tienen una probabilidad muy baja de sufrir cualquier tipo de avería, siempre que hayan sido correctamente instaladas, nunca se puede reducir a cero los costes de reparación en la vida útil de la red.

La mayor parte de las averías que previsiblemente pueden producirse en una instalación de este tipo están relacionadas con roturas accidentales provocadas por obras de construcción dentro de un entorno urbano, o con fallos en las conexiones de la valvulería, probablemente por una explotación inadecuada o un mantenimiento inexistente.

En consecuencia, con independencia de cual fuera su causa, conviene estimar unos costes mínimos para reparación de averías en la red a lo largo de su vida útil.

### **2.5.3.2 Interconexión**

#### **a. Mantenimiento preventivo**

En este apartado se incluye el conjunto de operaciones necesarias para mantener la instalación en unas condiciones óptimas de funcionamiento y reducir al máximo el riesgo de averías.

Cabe destacar que, a la vista del material elegido en la tubería (fundición dúctil), si la instalación y montaje de la misma se lleva a cabo correctamente, las tareas de mantenimiento y los riesgos de rotura son muy reducidos, por lo que el trabajo de mantenimiento debe centrarse en los elementos auxiliares de la instalación: cámaras y valvulería.

Así pues se estima que el mantenimiento preventivo de la instalación se reduce a llevar a cabo, con una periodicidad anual, las siguientes labores en todas y cada una de las cámaras proyectadas:

- ✓ Inspección de marco y tapa de fundición.
- ✓ Inspección de peldaños de ayuda de bajada.
- ✓ Limpieza del habitáculo de la cámara.
- ✓ En la valvulería existente:
  - Limpieza del cuerpo exterior de la válvula y pintura sobre eventuales desperfectos en la misma.
  - Accionamiento manual del volante de apertura/cierre en todas las válvulas de corte.
  - Engrase de los husillos de volantes de accionamiento y en los pernos de las juntas de desmontaje.

#### **b. Reparación y conservación de la red**

Aunque, como ya se ha dicho, las conducciones de fundición dúctil tienen una probabilidad muy baja de sufrir cualquier tipo de avería, siempre que hayan sido correctamente instaladas, nunca se puede reducir a cero los costes de reparación en la vida útil de la red.

La mayor parte de las averías que previsiblemente pueden producirse en una instalación de este tipo están relacionadas con roturas accidentales provocadas por obras de construcción dentro de un entorno urbano, o con fallos en las conexiones de la valvulería, probablemente por una explotación inadecuada o un mantenimiento inexistente.

En consecuencia, con independencia de cual fuera su causa, conviene estimar unos costes mínimos para reparación de averías en la red a lo largo de su vida útil.

### **2.5.3.3 Planta de tratamiento**

#### **a. Operaciones de mantenimiento y averías**

Por mantenimiento de un servicio se entiende la planificación, ejecución y control de un conjunto de actividades cuyo objetivo es conseguir que los elementos se mantengan en condiciones óptimas de operación. Se puede distinguir entre mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

#### **b. Mantenimiento Preventivo**

Con el fin de conservar los diferentes equipos en condiciones satisfactorias de funcionamiento, detectar y corregir deficiencias antes de que se conviertan en situaciones más graves, se practican una serie de medidas que corresponden al llamado Mantenimiento Preventivo.

Se entiende por Mantenimiento Preventivo el conjunto de medidas que van encaminadas a:

- Reducir las reparaciones de emergencia, permitiendo la ejecución programada de actuaciones en las mejores condiciones y en los momentos convenientes, lo que redundará en una reducción de costes.
- Reducir las paradas no programadas por avería, y su duración, limitando el envejecimiento del material y mejorando su estado.
- Disminuir posibles fallos o bajos rendimientos en el proceso, asegurando en todo momento el buen funcionamiento de equipos, elementos y servicios generales.
- Asesorar o llevar la gestión de repuestos, normalizando elementos y manteniendo el stock necesario.
- Suprimir posibles causas de accidentes, señalando riesgos a la seguridad derivados del funcionamiento de equipos.
- Prolongar la vida útil de los equipos, reparándolos o adecuándolos en una acción programada cuando sea necesario.

Un Plan de Mantenimiento Preventivo es el resultado de un completo proceso analítico, normalmente informatizado, que partiendo de las características y datos de cada equipo (Fichas de equipos) y de los resúmenes de las informaciones pertinentes (del proveedor o de la experiencia) sobre el mantenimiento de los mismos (Fichas de actividades), elabora las actividades que con carácter periódico hay que realizar, lo que permite emitir, en el momento oportuno, la correspondiente orden de trabajo para la ejecución de cada actividad de Mantenimiento Preventivo. Dicho plan incluye el control y registro del mantenimiento ejecutado.

Se deberá disponer de un Plan de Mantenimiento Preventivo que incluya como mínimo las siguientes actividades:

- ✓ Mantenimiento Preventivo mecánico:
  - Revisión de ruidos, vibraciones y temperatura de motores y máquinas rotativas. Frecuencia mínima semanal
  - Comprobación del correcto funcionamiento de sondas de nivel y sondas de medida. Frecuencia mínima mensual.
  - Revisión de fugas de agua y/o aceite, cárteres, estopadas, etc. Frecuencia mínima mensual.
  - Revisión del funcionamiento de válvulas y compuertas, cadenas, tubos guías, sistemas neumáticos. Frecuencia mínima trimestral.
  - Comprobación de ruedas, piñones, coronas, rodamientos, retenes, etc. Frecuencia mínima trimestral.
  - Comprobación del correcto tensado de las correas de transmisión y alineación de los platos de acoplamiento. Frecuencia mínima semestral.

- Revisión de niveles y/o estado de aceite de los equipos. Frecuencia mínima semestral.
- Engrase de equipos. Frecuencia mínima semestral.
- ✓ **Mantenimiento Preventivo eléctrico:**
  - Comprobación de diferenciales, paros de emergencia, alarmas. Frecuencia mínima semestral.
  - Comprobación de pilotos de señalización, ajustes de relés térmicos, contactores, interruptores, etc. Frecuencia mínima semestral.
  - Comprobación de carga eléctrica, reapriete de conexiones, ventilación de cuadros. Frecuencia mínima semestral.
  - Limpieza interior de armarios eléctricos. Frecuencia mínima semestral.
  - Medición de aislamientos y consumos eléctricos. Frecuencia mínima anual.

### **c. Mantenimiento Correctivo**

Es el conjunto de actividades que corrigen, a la mayor brevedad posible, las anomalías imprevistas que se presentan en el funcionamiento de la instalación.

Para dar una respuesta adecuada en tiempo a la avería producida, es necesario disponer en planta de una dotación suficiente de repuestos que garantice la reparación sin tener que esperar su acopio.

En los casos que la reparación requiera especialización y medios no disponibles en la planta se debe contar con los servicios de otras empresas externas especializadas.

La reparación de elementos averiados se debe llevar a cabo en el menor plazo posible, que en todo caso será inferior a:

- ✓ 1 mes, en los casos que exista un elemento de reserva
- ✓ 15 días, cuando no existe elemento de reserva, y la avería del equipo permite el funcionamiento de la planta sin causar graves afecciones al funcionamiento de la misma.
- ✓ 7 días, para equipos esenciales para el funcionamiento de la planta.

Las reparaciones de elementos esenciales en los que no es posible la continuidad de la marcha de las instalaciones se deben ejecutar dentro del plazo máximo de 48h. Si se trata de elementos existentes en el mercado y cuya reparación no puede hacerse en el citado plazo, deben ser reemplazados de manera provisional o definitiva por otros iguales o similares.

El planteamiento general del servicio es establecer una gestión centralizada de las tareas de mantenimiento en general y en concreto del correctivo y sustitutivo, para una mejor administración y actualización del plan de mantenimiento, de los pedidos de suministro,



gestión del inventario de repuestos y ordenes de trabajo. Así mismo, se asume la premisa de realizar las reparaciones, siempre que sea posible en las propias instalaciones donde se producen o en el taller.

La organización, por tanto, del mantenimiento correctivo habrá de apoyarse sobre la implantación de un taller y almacén de repuestos instalados en la PTAP, donde se realizarán las reparaciones ordinarias y desde donde se gestionará el inventario de repuestos habituales.

Los repuestos consumibles con que se dotará al Servicio serán los adecuados a las características de los equipos que componen las instalaciones. Se mantendrá permanentemente un stock de materiales que permitan la no interrupción de las tareas de mantenimiento. El control de almacén se realiza con la aplicación de mantenimiento informatizada.

#### **d. Stock mínimo de repuestos**

En general, en la planta todos los equipos tienen reserva, por lo que no sería necesario disponer de un stock amplio de material de repuesto, pero sí se tendrán en cuenta una serie de elementos que por su importancia podrían incidir en un suministro deficiente en caso de avería, como pueden ser los relativos a la cloración o los elementos que están doblados, pero no concebidos como reserva.

También es de importancia garantizar las comunicaciones entre los autómatas y la red de control, aunque las instalaciones pudieran seguir funcionando, por lo que no se puede calificar como crítico.

Y por último contemplaremos el stock de reactivos, que se encuadra en las necesidades frecuentes.

Finalmente se dispondrá de un inventario de materiales consumibles en el normal desarrollo de la operación y que se hallarán compuestos por pequeños elementos de reposición como tornillería, repuestos eléctricos, consumibles de albañilería, de limpieza y fundamentalmente de engrase y lubricación contemplados en el plan de mantenimiento preventivo. El dimensionamiento del inventario de repuestos habituales y consumibles habrá de venir marcado necesariamente por las exigencias del plan de mantenimiento, la rotación de las operaciones preventivas y el objetivo de minimización de inventarios.

A continuación se expone un inventario de los repuestos de mayor entidad que pueden ser claramente identificados:

#### **e. Bombas y motores de bombeos principales**

Los bombeos están diseñados con bombas de reserva o bien con una cantidad de horas de funcionamiento diario que permitiría ser al menos duplicado en duración, de forma que una avería no provoque disminución de la capacidad del mismo. Se dispondrá en el almacén los elementos necesarios para realizar el mantenimiento preventivo y las averías frecuentes.



Se dispondrá en la planta un juego de rodamientos y de cierre por cada tipo de bomba de los bombeos principales (Bombeo de agua para lavado de filtros, bombeo de agua sucia a cabecera y bombeo de fangos a lechos de secado).

#### **f. Dosificación de reactivos**

En la planta se atenderá principalmente al aprovisionamiento de repuestos del sistema de desinfección (cloro gas). Se considera conveniente contar en planta con los siguientes repuestos:

- ✓ Juego de conectores flexibles.
- ✓ Malla del filtro y juntas.
- ✓ Válvula reguladora de presión.
- ✓ Válvula reguladora de vacío.

También se dispondrán repuestos básicos de los tipos más importantes de bombas para los equipos de dosificación de coagulante, hidróxido cálcico e hipoclorito cálcico.

#### **g. Instrumentación y Control**

Se dispondrá en la planta de una tarjeta de comunicaciones entre los autómatas y la red de control de repuesto, por ser de los elementos más susceptibles de sufrir averías.

#### **h. Reactivos de proceso**

Los reactivos utilizados en el proceso de tratamiento son los siguientes:

- ✓ Hidróxido cálcico
- ✓ Coagulante
- ✓ Cloro gas
- ✓ Hipoclorito cálcico

Teniendo en cuenta la capacidad de almacenamiento para cada uno de ellos disponible en la planta, es improbable que se generen problemas de suministro sin necesidad de incrementar el almacén de ninguno de ellos.

#### **i. Operaciones de conservación**

Las operaciones de conservación definen el conjunto de actividades o acciones cuyos objetivos principales son:

- Limitar el envejecimiento de las instalaciones y equipos ocasionado por la acción destructora del tiempo, por las incidencias climáticas y por actos ajenos a la explotación
- Cuidar el aspecto interior y exterior de las instalaciones, así como su aspecto estético y del entorno en que se encuentran.

Los edificios y la obra civil están contruidos con materiales resistentes, no obstante es importante mantenerlos en buenas condiciones para que no se deteriore su aspecto exterior y su funcionalidad. De forma general, los trabajos de conservación pueden contemplar los siguientes:



- ✓ Pintura interior y exterior de paredes si así lo requieren
- ✓ Repintado anual de elementos metálicos, o cuando así lo requieran
- ✓ Reparación de humedades en edificios
- ✓ Reparación de la obra civil
- ✓ Reparación del vallado perimetral de planta
- ✓ Mantenimiento en buen estado de los servicios (WC, lavabos, duchas, etc.)
- ✓ Reparación de suelos, ventanas, drenajes de edificios, etc.
- ✓ Reparación de viales

También en una instalación de estas características es importante mantener un aspecto exterior que sea agradable tanto para el personal que realiza las labores propias de dicho centro de trabajo, como para aquellas que realicen visitas periódicas u ocasionales a las instalaciones. Los árboles, las plantas, el césped, contribuyen a crear el entorno antes comentado, por lo que se requiere un adecuado mantenimiento de la jardinería de planta.

#### **2.5.3.4 Presa Taypichaca y Khotia Khota**

Se refiere al mantenimiento a efectuar sobre la obra civil y elementos auxiliares de la presa y del embalse con la misión de conservarlos en las mejores condiciones para cumplir con su misión específica.

Las operaciones de mantenimiento a realizar se dividen en dos grupos: mantenimiento general (orientado a la obra civil), y mantenimiento de equipos hidro-mecánicos de las tomas, situados tanto en el paramento de aguas arriba de la presa como en la cámara de desagües.

Para conseguir en todo momento altos niveles de seguridad deben comprobarse periódicamente el estado en que se encuentran la presa y sus instalaciones anejas. Asimismo será preciso regular o corregir las variables, mecanismos y parámetros que no presenten un funcionamiento adecuado.

##### **a. Mantenimiento general**

Consiste en un mantenimiento general de las instalaciones de la presa y otros elementos que tienen que ver con la buena explotación del embalse, como son el propio embalse y el cauce del río inmediatamente aguas abajo del cuenco amortiguador. Se trata de un mantenimiento que no incluye ninguno de los equipos hidro-mecánicos mencionados en el epígrafe siguiente. Las instalaciones a mantener son las siguientes:

Presa	Coronación de la presa Aliviadero y obra de restitución Estribos
Caminos de acceso	Calzada y taludes Aparcamientos
Embalse y cauce del río	
Cámara de válvulas	
Otras instalaciones	Embalse Laderas y terrenos colindantes Estación meteorológica

Será preceptivo realizar un programa anual de mantenimiento durante el año anterior al que se programe, donde se distribuirán todas las unidades de mantenimiento del año entre los distintos meses.

De la misma forma, cada mes se irán preparando los programas mensuales de mantenimiento de los tres meses siguientes al mes en curso, donde se distribuirán las unidades programadas de esos meses entre las semanas que lo forman.

Por último, se preparará al comienzo de cada semana un programa semanal, donde se distribuirán las tareas programadas de esa semana entre los días laborables. La ejecución de las distintas tareas por el personal deberá quedar reflejada por escrito en un parte de mantenimiento.

Se proponen las siguientes frecuencias para la realización de las actividades:

- Semanalmente

Inspección visual de los siguientes elementos:

- ✓ Coronación
- ✓ Aliviadero
- ✓ Pasarela de accionamiento de compuerta de toma
- ✓ Cuenco amortiguador
- ✓ Estribos
- ✓ Laderas embalse
- ✓ Terraplenes de los diques
- ✓ Tramo río aguas abajo del cuenco amortiguador

-. Mensualmente

- ✓ Limpieza e inspección visual de la cámara de válvulas.
- ✓ Inspección visual de taludes y calzadas de accesos a la presa.

- Anualmente.

- ✓ Limpieza de vegetación en los accesos y plataforma de cámara de válvulas.
- ✓ Pintura de barandillas en coronación y pasarela para accionamiento de toma.
- ✓ Pintura de puertas y ventanas de cámara de válvulas
- ✓ Limpieza de cuenco amortiguador



### **b. Mantenimiento de equipos**

Esta comprobación se aplica a cada uno de los elementos que forman los órganos de desagüe (toma de abastecimiento y toma de riego y hacia el cauce).

Consiste en el mantenimiento de componentes estructurales y equipos de accionamiento de las compuertas, tomas y desagües. Los equipos electromecánicos tienen una gran importancia en la seguridad de la presa, por eso han recibido un tratamiento diferenciado del resto de las instalaciones y elementos de la misma que no tienen una influencia directa sobre su capacidad de desagüe.

El mantenimiento de los equipos será responsabilidad del Encargado de la Explotación de la presa, y podrá ser llevada a cabo por el Encargado de la Presa si tiene cualificación adecuada.

Para ello deberá disponer de los manuales de equipos aportados por los fabricantes de los mismos, realizando las operaciones de mantenimiento referidas con la periodicidad adecuada. Todas estas labores quedarán registradas en partes de mantenimiento.

En principio, se proponen las siguientes actividades y frecuencias:

- Mensualmente

Realización de limpieza externa de los equipos.

- Anualmente.

Se realizará el engrase del puente-grúa, se limpiará en su conjunto y se dará un repaso de pintura.

Se revisará el estado de los equipos, comprobando el apriete de la tornillería y engrasando los elementos que así lo requieran.

Limpieza esmerada de los sellos de válvulas y compuertas.

### **2.5.3.5 Agua potable 13 comunidades**

El proyecto de para las 13 comunidades de Batallas, no contempla las redes de distribución, para mantener coherencia con la operación y mantenimiento del sistema, nos permitimos presentar algunas recomendaciones que nos parecen importantes.

Es necesario recalcar que en las inspecciones que se han realizado durante el desarrollo del presente diseño, se ha observado que en las redes existen pérdidas que deben ser inventariados para establecer y clasificar las principales causas de las fugas y programar las medidas urgentes para su reparación y/o si es necesario elaborar un programa de renovación de las redes de agua potable, también se observó que es preciso ampliar el control del uso del agua para que sea más racional.

Las tareas comunes que los operadores del sistema deben atender son las siguientes:

- ✓ Inspeccionar regularmente las líneas de tubería, observando si hay deslizamientos o hundimientos de tierra que puedan afectar a la distribución. Cubrir los tramos de



tubería que estén expuestos a la intemperie o desprotegidos y reparar inmediatamente las fugas de agua que se presenten.

- ✓ Accionar las válvulas para verificar que giren con facilidad.
- ✓ Si tuvieran partes rotas o fugas, se deben reparar o cambiar de inmediato.
- ✓ Cada tres meses abrir por unos minutos las válvulas de limpieza (purga de lodos) para eliminar sólidos y agua estancada y de esta manera evitar olores y sabores desagradables en el agua.
- ✓ Cada seis meses se debe desinfectar la red para evitar que se contamine, dar aviso previo a la población que no podrá utilizar el servicio durante esta labor.
- ✓ La solución de hipoclorito (ver el Anexo) o lavandina (1 bolsa de 250 ml para 11/2 m<sup>3</sup> de agua) se prepara en el tanque para luego llenar la red.
- ✓ Dejar la solución en las tuberías por lo menos durante cuatro horas, luego abrir las válvulas de purga y los grifos de las casas hasta que desaparezca el olor a cloro. Terminada esta labor, cerrar las válvulas y grifos.

### Estado de las tuberías

Es importante verificar periódicamente el estado de corrosión, incrustación o deposición de material en la tubería de la red. Estos fenómenos pueden originar también pérdidas o roturas debido a la corrosión, o pérdida por rotura originada en sobrepresiones debido al taponamiento de la tubería.

Como parte de la prevención de este último problema, debe verificarse la existencia y funcionamiento de las válvulas de limpieza en puntos extremos de la red. La inspección para este control debe incluir el corte de la tubería en diferentes puntos de interés.

Para facilitar el seguimiento conviene disponer de los planos de las instalaciones, donde se indican las posiciones de cámaras de válvulas, codos, acoples, llaves de paso y otros accesorios.

### 2.5.4 Demanda de energía para la operación de los componentes del proyecto.

Los únicos equipos electromecánicos del sistema se encuentran en la PTAP. Los costes de la demanda de energía de dichos equipos se estiman en:

Total Consumo Eléctrico diario 1.903,39 kW\*h/día

### 2.5.5 Descripción del manejo y disposición final de los residuos, control de emisiones

#### a. Residuos líquidos

Para la etapa de construcción de la planta se tiene prevista la implementación de un sistema de tratamiento primario de aguas. Al respecto se tendrán que realizar monitoreos bimensuales a los efluentes provenientes del tratamiento.



En la etapa de operación de la planta de tratamiento de aguas, se generaran aguas residuales, provenientes de los baños para los trabajadores. Para este fin se deberá contemplar las instalaciones para el alcantarillado sanitario, en el entendido que la planta de tratamiento de aguas se encuentra ubicada en área urbana.

Se informa de que, dado que a la fecha de redacción del estudio no existe red de saneamiento en la parcela en donde se implanta la PTAP, se ha optado por proyectar una pequeña depuradora compacta de aguas residuales de uso exclusivo para las aguas residuales generadas en los aseos del edificio de control. Esta instalación deberá funcionar hasta que la red de saneamiento público llegue hasta las inmediaciones de la parcela en la que se implanta la PTAP.

#### **b. Residuos Sólidos**

Para la etapa de operación se tiene prevista la recolección de los residuos sólidos mediante basureros ligeros, contenedores y posterior disposición final en lugares autorizados por los municipios. En el caso de la ciudad de El Alto se cuenta con el Relleno sanitario de Villa Ingenio.

#### **c. Residuos peligrosos**

Los únicos residuos sólidos previstos en fase de explotación son los fangos deshidratados de la PTAP. Se trata de un residuo sólido no peligroso a transportar al vertedero de residuos sólidos urbanos. Se espera una producción de 488 kg/día de fango.

#### **d. Emisiones y ruido**

Los niveles de emisión sonora previsible son muy bajos, y en cualquier caso inferiores a los niveles sonoros habituales en un entorno urbano. Los equipos de mayor emisión sonora son las bombas soplantes, que se encuentran dentro de un edificio cerrado, por lo que no son previsible altos niveles de emisión sonora

Para la etapa de construcción se tiene previsto el monitoreo de las emisiones de ruido que se será generado por el proyecto, para dicho fin la Supervisión realizara mediciones mensuales con sonómetros debidamente calibrados.

## **2.6 ACTIVIDADES EN LA ETAPA DE CIERRE DEL PROYECTO**

El proyecto tiene prevista una vida útil indefinida y no se tiene previsto que en ningún momento se proceda a su cierre o finalización, por lo que no procede este tipo de información.

Se aclara que una etapa de Cierre de proyecto se refiere a la totalidad del proyecto, una vez que concluyo su vida útil o cuando acaba el recurso explotado, como es el caso de una mina o un pozo petrolero, lo cual en el presente proyecto no corresponde por su importancia y características propias.