



PROYECTO: ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN COMUNIDADES ANDINAS BOLIVIANAS QUE DEPENDEN DE GLACIARES TROPICALES



ANEXO AL INFORME FINAL

Nordic Climate Facility

La Paz, Bolivia

Estudio de Identificación (EI)

AMBIENTE Y DESARROLLO HUMANO CONSULTORES

IMPLEMENTACION DE BOMBAS MANUALES COMUNIDADES “SUNIPAELPAMPA - SAJAMA”

**DEPARTAMENTO DE ORURO, PROVINCIA SAJAMA,
MUNICIPIO DE CURAHURA DE CARANGAS, COMUNIDADES DE SUNIPAELPAMPA Y
SAJAMA**

Coordinador General: Ing. MSc. Hugo Soliz Flores

La Paz, Enero de 2013

FICHA TÉCNICA

Nombre	Implementación Bombas Manuales “Papelpampa - Sajama”
Ubicación política	Departamento de Oruro, Provincia Sajama, Municipio de Curahuara de Carangas, Comunidad Sajama.
Ubicación geográfica	18° 10' 29,97" y 18° 4' 33,10" de latitud Sur 69° 00' 09,09" y 68° 58' 2,96" de longitud Oeste Altitud: 4208 y 4323 m.s.n.m.
Familias beneficiarias	30 familias en Papelpampa, y 50 familias en Sajama
Objetivo del proyecto	Se mejora las condiciones de vida y salud de las comunidades beneficiarias, reduciendo fundamentalmente la ocurrencia de enfermedades de transmisión hídrica
Objetivos específicos	• Contribuir a mejorar el estado de salud materno - infantil y la nutrición con la dotación de servicios básicos. • Disminuir la morbilidad de enfermedades diarreicas agudas (EDA) en niños menores de 5 años. • Eliminar los riesgos de enfermedades de tipo gastrointestinal. • Incentivar el desarrollo de la localidad. • Implementar la dotación de bombas manuales, que garanticen una Cobertura del Proyecto a la mayoría de la población.
Metas	Primer componente, Reubicación y replanteo de los posibles lugares donde se implementaran las bombas manuales, se prevé la participación comunal así como la asistencia técnica Segundo componente, Implementación 80 bombas manuales en pozos excavados de 1metro de diámetro Tercer componente, gestión y manejo del agua, consolidación de un comité de agua potable elegido por todos los beneficiarios, difusión y concientización respecto a sus deberes y obligaciones como miembros de la organización de regantes y productores.
Tiempo de ejecución	43 días
Marco Institucional	Plan Nacional De Cuencas, Gobernación Departamental de Oruro, Gobierno Municipal De Carangas Comités de agua Ejecutivos Del Parque Nacional Sajama
Costo de la Infraestructura	499,917.73 Bs
Costo del acompañamiento (Se ha previsto una sola asistencia técnica para todos los proyectos)	0.00 Bs

Costo de la supervisión	14.997.53 Bs
COSTO TOTAL PROYECTO	514,915.26 Bs
Costo por familia beneficiada	924.78 \$us/familia
Costo por habitante	184.96 \$us/hab

Tipo de cambio 1 \$us = 6. 96 Bs

CONTENIDO	4
RESUMEN EJECUTIVO	5
CAPITULO I INFORMACION GENERAL	7
CAPITULO II ESTUDIOS BASICOS.....	27
CAPITULO III DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	46
CAPITULO IV INGENIERÍA DEL PROYECTO	47
CAPITULO V DESARROLLO COMUNITARIO.....	63
CAPÍTULO VI EVALUACIÓN DEL PROYECTO	64

1. Nombre del Proyecto

IMPLEMENTACION DE BOMBAS MANUALES, COMUNIDADES "SUNIPAELPAMPA - SAJAMA"

2. Tipo de Proyecto

Dotación de agua potable mediante la implementación de bombas manuales a 80 familias de las comunidades de Papelpampa y Sajama

3. Ubicación Física del Proyecto

Departamento:	ORURO
Provincia:	SAJAMA
Municipio:	CURAHUARA DE CARANGAS
Distrito:	DISTRITO "B"
Comunidad:	Sunipapelpampa, Sajama
Ubicación Geográfica	18° 10' 29,97" y 18° 4' 33,10" de latitud Sur 69° 00' 09,09" y 68° 58' 2,96" de longitud Oeste Altitud: 4208 y 4323 m.s.n.m.

4. Datos Demográficos

Población Inicial (Hab):	602 Hab. según calculo para 20 años con un factor del 3% de crecimiento demográfico según INE 2001
--------------------------	--

(Población de Diseño Pf)

Población Inicial Beneficiada (Hab):	133 Hab. Población actual según censo
--------------------------------------	---------------------------------------

5. Ingeniería del Proyecto

Tipo de Sistema:	BOMBAS MANUALES
Cobertura Poblacional:	95%

Numero de Bombas Manuales: 30 bombas para PapelPampa y 50 bombas para Sajama

Componentes del Sistema: El proyecto tiene previsto el replanteo y re ubicación geográfica de los lugares (sondeo para determinar el nivel freático) donde se implementaran las bombas manuales, la excavación de los pozos en un diámetro de 1m y máximo 10 metros de profundidad

6. Estudios Básicos

Técnicos

Socioeconómicos

7. Descripción de Alternativas

Se plantearon 2 alternativas:

- Alternativa 1: Construcción de un sistema de agua potable con Obra de toma y línea de aducción de más de 15Km para servir a 80 familias dispersas,
- Alternativa 2: Implementación de bombas manuales para dar la mayor cobertura posible.

Tras el análisis correspondiente la alternativa 1 se considero demasiado costoso volviendo el proyecto no factible por lo que se decidió optar por la alternativa 2, toda vez de que se atendería una mayor cobertura y por los bajos costos de mantenimiento

8. Presupuesto e indicadores económicos

Costo de la Infraestructura	499,917.73 Bs
Costo del acompañamiento	0.00 Bs
Costo de la supervisión	14,997.53 Bs
COSTO TOTAL	514,915.26 BS
Costo por familia beneficiada	924.78 \$us/familia
Costo por habitante	184.96 \$us/hab

9. Cronograma de ejecución del Proyecto (meses):

Se prevé la ejecución del proyecto en 43 días

1.1. ASPECTOS GENERALES

1.1.1. Nombre Del Proyecto

“IMPLEMENTACION DE BOMBAS MANUALES COMUNIDAD “SUNIPAPELPAMPA - SAJAMA”

1.1.2. Tipo De Proyecto

El proyecto está diseñado bajo el concepto de un: **Sistema de Agua Potable mediante la implementación de bombas manuales**, dadas las características de la ubicación de las casas en la comunidad beneficiaria (dispersas)

1.1.3. Objetivos

El Objetivo general del Proyecto, está orientado Se mejora las condiciones de vida y salud de las comunidades beneficiarias, reduciendo fundamentalmente la ocurrencia de enfermedades de transmisión hídrica

El objetivo específico dentro del marco general está relacionado a la implementación de un sistema de Agua Potable, con el uso de bombas manuales que garantice:

- a) El abastecimiento de agua para consumo humano, en los hogares aledaños a la comunidad, así como en distantes al centro poblado.
- b) Mejorar las condiciones sanitarias generales de toda la población beneficiaria.
- c) Elevar el nivel de educación sanitaria e higiene personal.
- d) Asegurar un proceso de desarrollo sustentable en la comunidad.

1.1.4. Marco Lógico

MARCO LÓGICO DEL PROYECTO

PROYECTO: “SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBAS MANUALES COMUNIDAD “SUNIPAELPAMPA - SAJAMA”

OBJETIVOS	INDICADORES VERIFICABLES OBJETIVAMENTE		MEDIOS Y/O FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS IMPORTANTES
	SIN PROYECTO	CON PROYECTO		
Objetivo General: Se mejora las condiciones de vida y salud de las comunidades beneficiarias, reduciendo fundamentalmente la ocurrencia de enfermedades de transmisión hídrica.	Existen 80 familias que consumen agua de vertientes aisladas, las cuales no tienen las mínimas condiciones para garantizar la potabilidad del agua. Se invierte tiempo en labores de acarreo del vital elemento.	80 familias campesinas disponen de mejores condiciones de vida, en cuanto a la supresión de enfermedades de origen hídrico, lo que permite una mejor predisposición para las labores agrícolas y ganaderas, Se invierte las labores de acarreo en tiempos productivos.	- Verificaciones periódicas de salud de la población. Reuniones y entrevistas con los comunarios de la comunidad. - Informes de evaluación posteriores.	- Se dan mejores condiciones de vida a las comunidades, de manera que exista una mejor predisposición al trabajo productivo. Las políticas nacionales de Saneamiento Básico se mantienen
Objetivos Directos: Se ha	No existen obras	- Con la infraestructura	- Informes de	- El sistema de bombas

incrementado la oferta de agua para consumo humano mediante la implementación de bombas manuales. Fortalecer la parte organizativa de los usuarios para la autogestión del sistema de agua.	actuales; La demanda se satisface aisladamente por cada comunario, sin las más mínimas condiciones de higiene	construida, se pretende satisfacer la demanda de 2 comunidades. Se brinda la seguridad de la potabilidad del agua.	evaluación operativa, de terminación y efectos. - Medición de caudales y verificación de la calidad del agua en diferentes puntos de la aducción y red	manuales de agua funciona de acuerdo al diseño, porque se ha construido satisfactoriamente. - Los beneficiarios gestionan el sistema de agua. -Al ser explotación en pequeña escala, los caudales en las fuentes respectivas se mantienen dentro de los márgenes previstos.
Componentes/Resultado: Se cuenta con un pozo excavado de casi 10 metros de altura con sus implementos, se cuenta con una bomba manual. Los Beneficiarios están capacitados en operación y mantenimiento del sistema de bombeo (componente de	En tiempos atrás se abastecía de agua de vertientes y ríos, los cuales no ofrecían ninguna garantía respecto a su potabilidad, generando algunas veces enfermedades diarreicas, por la falta de protección de las	Se ha construido e implementado 80 bombas manuales como sistema de dotación de agua el el cual es de costo barato y no necesita energía eléctrica. La infraestructura está correctamente emplazada y	Seguimiento y supervisión de las obras durante la ejecución de las mismas - Entrega y puesta en marcha de las bombas manuales. - Entrevistas y encuestas en la comunidad.	- Se han cumplido con las especificaciones técnicas y administrativas de la obra proyectada. - Se han ejecutado los trabajos de operación y mantenimiento del sistema. - Los beneficiarios hacen

<i>Desarrollo Comunitario).</i>	<i>mismas de los animales</i>	<i>debidamente protegida</i>		<i>efectivo el aporte comprometido.</i> <i>– La entidad financiadora desembolsa los recursos oportunamente</i>
<i>Actividades: Licitación obras, Contratar servicios de construcción, Supervisar la ejecución, Ejecutar el componente del servicio de acompañamiento.</i>			<i>Registro contable de informe de supervisión</i> <i>Visitas de campo</i> <i>Informe de ejecución presupuestaria</i>	<i>No hay motivos de fuerza mayor para suspender la ejecución de obra y la empresa contratista cumple con el cronograma de beneficiarios cumplen con sus aportes. Se mantienen flujo de recursos comprometidos</i>

1.1.5. Justificación

La mitad de las comunidades dentro del parque nacional Sajama cuenta con agua potable, excepto las comunidades de Sunipapelpampa, Manasaya y en cierta medida la comunidad de Caripe, de las cuales en algunos casos cuentan con un sistema de agua antiguo mayor a 20 años, los cuales a la fecha prácticamente han terminado su vida útil. En gran parte el agua consumida por las comunidades antes mencionadas proviene de vertientes producto del deshielo y la acumulación en épocas de lluvia que están presentes en diferentes lugares del área, de las comunidades que no cuentan con este servicio a su vez transportan en recipientes de plástico hasta sus viviendas; pero para varias familias el acarreo resulta dificultoso por las distancias y por la actividad productiva que realizan dentro del parque nacional Sajama.

1.1.6. Generación del Proyecto

La generación del proyecto se realizó a través del diagnóstico realizado para el Plan de manejo integral de cuenca con enfoque de Gestión de Recursos Hídricos, realizado para la Institución Agua Sustentable, así como el levantamiento de demandas para la elaboración del Estudio a Diseño Final del Sistema de Agua Potable para las comunidades más necesitadas, se ha priorizado la ejecución del proyecto de pre-inversión para el sector productivo mediante consenso mutuo, en la comunidad de Sajama en reunión realizada con todos los beneficiarios como participantes, contemplando como prioridad el abastecimiento de agua potable en las casas (Sayañas) donde habitan en la época de pastoreo del ganado camélido y donde no se cuenta con este vital recurso..

1.1.7. Solicitante del proyecto

La parte solicitante son las comunidades de Sunipapelpampa y Sajama del Distrito “B” perteneciente al municipio de Curahuara de Carangas – Provincia Sajama del Departamento de Oruro.

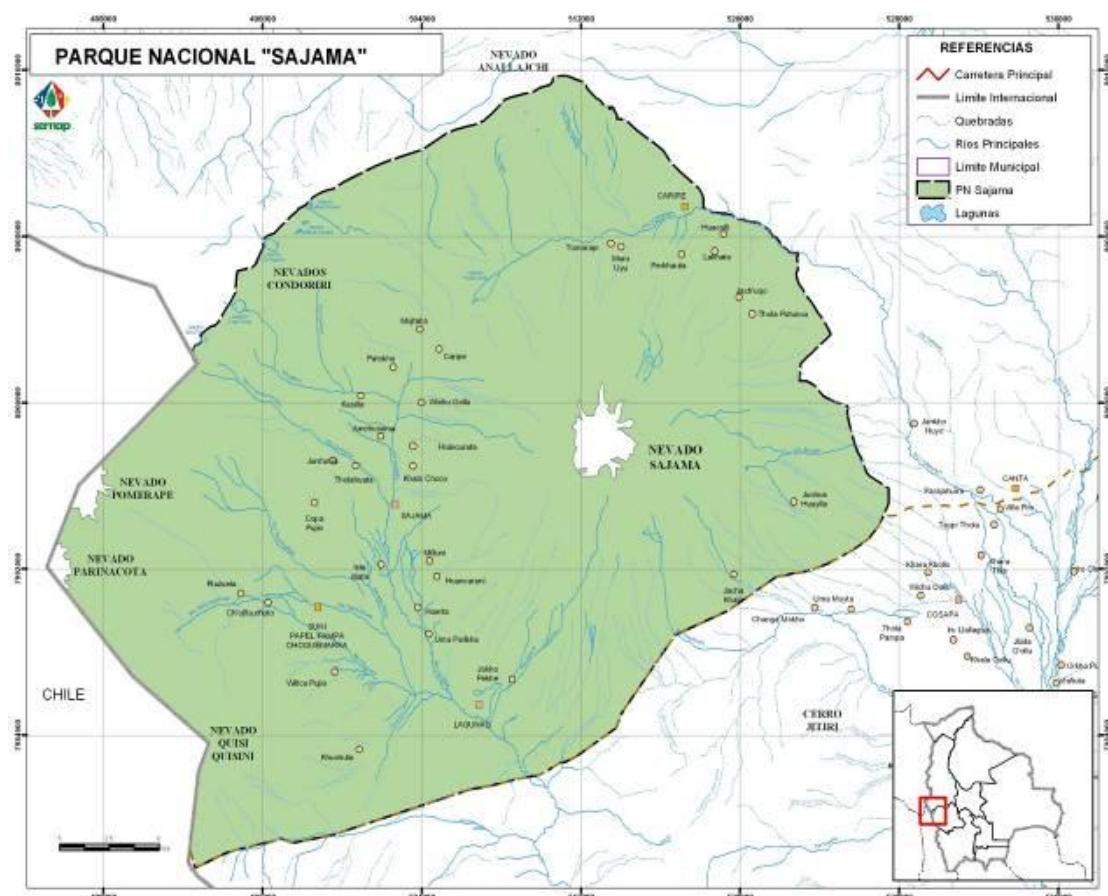
1.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

1.2.1. Ubicación Física Y Geográfica

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Oruro, provincia Sajama, Municipio de Curahuara de Carangas, dentro de la jurisdicción del Distrito B, la comunidad beneficiaria es la comunidad de Papelpampa, comprende a una de las comunidades ubicadas dentro del Parque Nacional Sajama que dependen del glaciar del mismo nombre. Esta área protegida se ubica al sud-oeste del departamento de Oruro, en la Provincia Sajama, Municipio Curahuara de Carangas. Limita al norte con el departamento de La Paz y al Oeste con el Parque Nacional Lauca de Chile. Sus límites coinciden con los del Distrito “B” del Municipio de Curahuara, formado por los cantones Sajama, Lagunas y Caripe (PDMO Curahuara, 2007 – 2011).

El área que abarca el parque nacional Sajama tiene una superficie de 99 517 hectáreas aproximadamente y se encuentra ubicado entre los paralelos 17° 55' a 18° 15' de latitud Sur y 68° 41' a 69° 10' de longitud Oeste y una altitud que varía entre los 4200 a 6542 m.s.n.m (www.sernap.gob.bo).

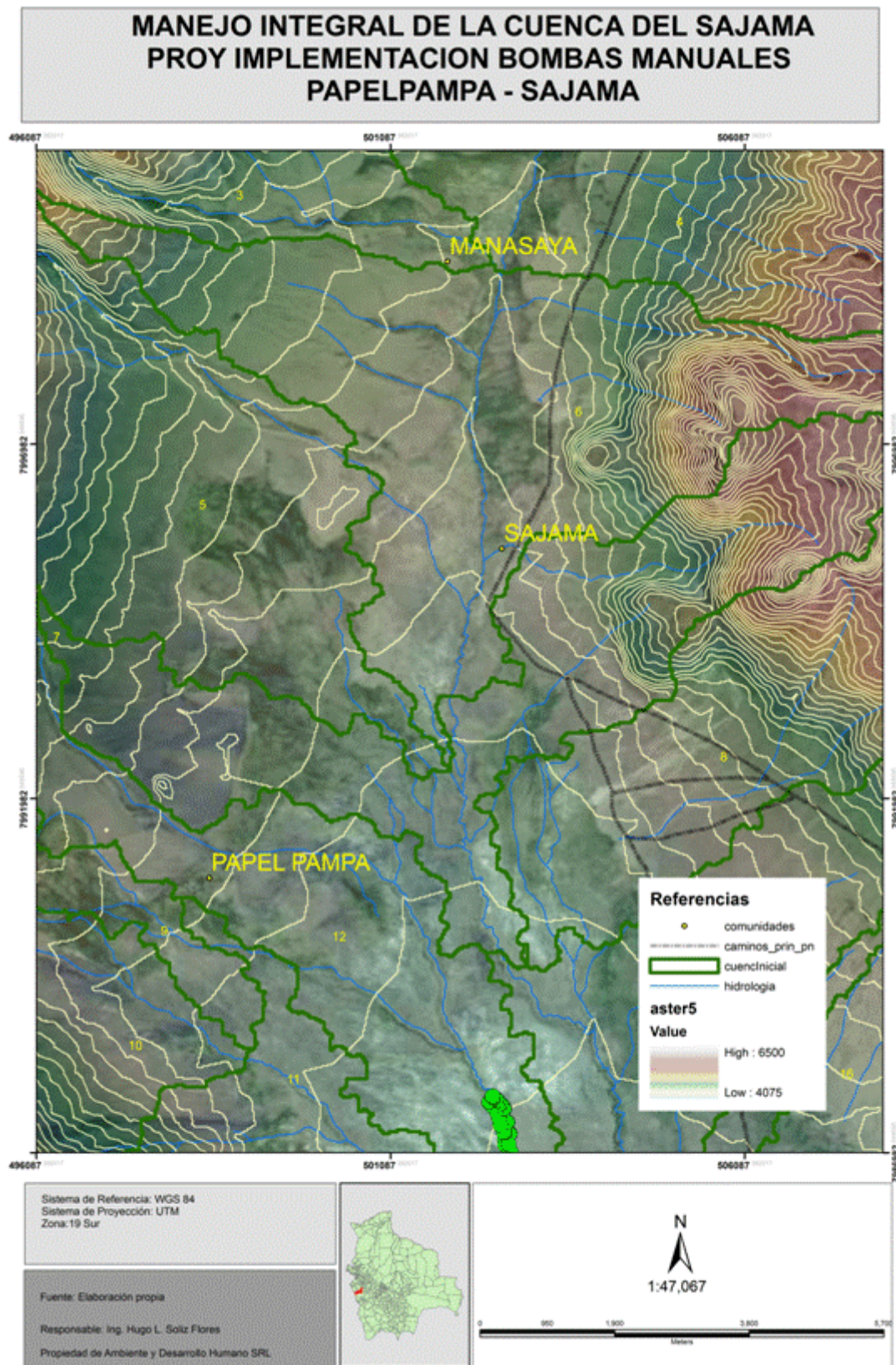
Figura 1: Área del Parque Nacional Sajama



Fuente: www.sernap.gob.bo

El proyecto se encuentra ubicado en el área que corresponde a la comunidad de Papelpampa, a una distancia de 5 km hacia el oeste del centro poblado de Sajama, asimismo en el área que corresponde a la comunidad de Sajama, geográficamente ubicado a $18^{\circ} 10' 29,97''$ y $18^{\circ} 4' 33,10''$ latitud Sur, y $69^{\circ} 00' 09,09''$ y $68^{\circ} 58' 2,96''$ longitud Oeste y una altitud de 4208 y 4323 msnm respectivamente a ambas comunidades. De acuerdo a la clasificación del plan nacional de cuencas esta cuenca es de categoría 5 y las aguas del río principal aportan como tributario a la cuenca del Salar de Copasa y Salar de Uyuni respectivamente, pertenecientes a la cuenca Endorreica o del Altiplano más conocido.

Figura 2: Ubicación Geográfica del proyecto

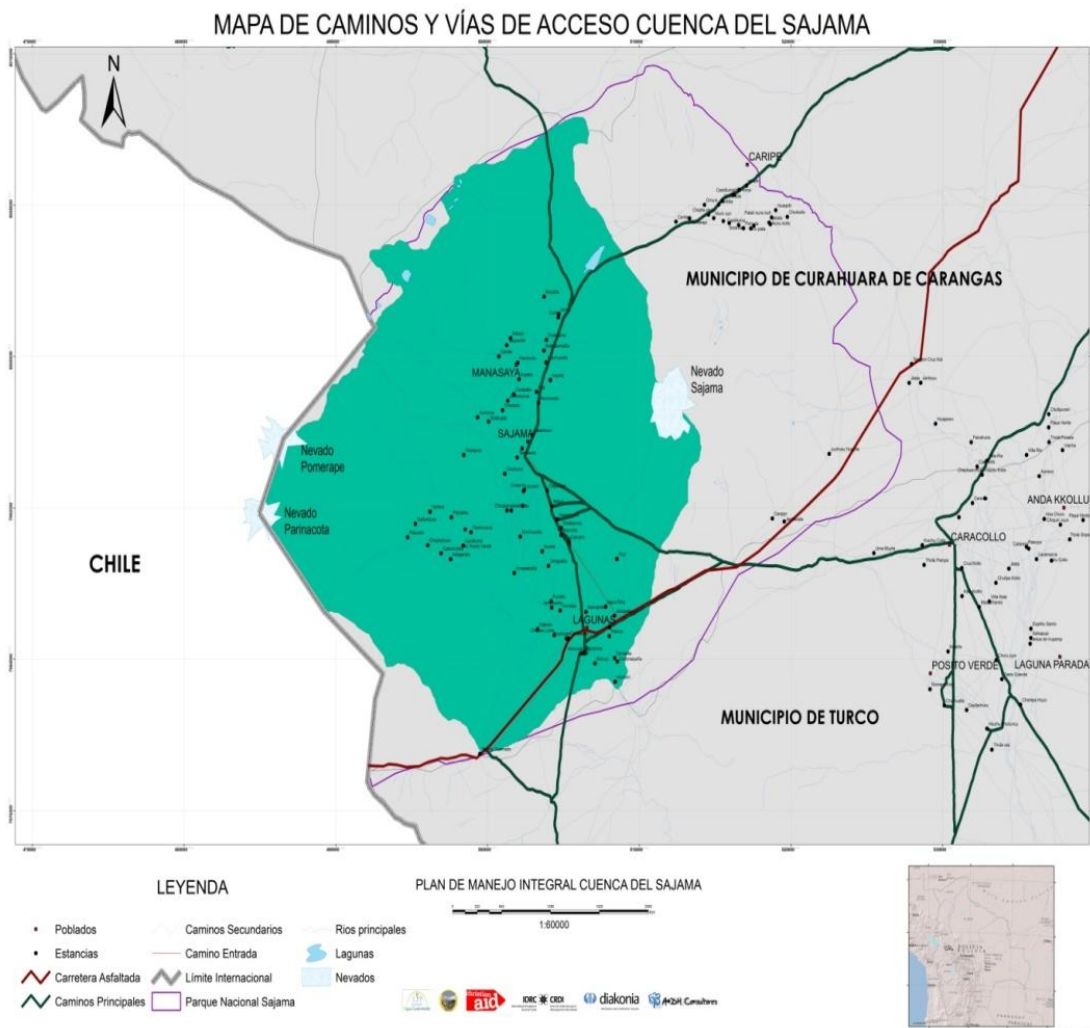


00

Vías De Acceso

La comunidad de Papelpampa se encuentra a una distancia de 275 km desde la ciudad de La Paz y a 302 km desde la ciudad capital de Oruro, con tiempos de viaje de 4:30 horas y 5:00 horas respectivamente desde ambas ciudades capitales, la principal vía de acceso está dada por la carretera internacional La Paz – Patacamaya – Tambo Quemado, o también Oruro – Patacamaya – Tambo Quemado que conecta con el país vecino de Chile, la comunidad de Papelpampa se encuentra al extremo derecho de la cuenca y la zona de emplazamiento de obras está ubicado en diferentes puntos en promedio a distancias aproximadas de 3 km desde la comunidad, con un tiempo de recorrido de 15 a 20 minutos en movilidad.

Figura 3: Principales Vías de Acceso



Fuente: Ramos, P. Agua Sustentable, Plan MIC Sajama 2013

1.3. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DEL PROYECTO

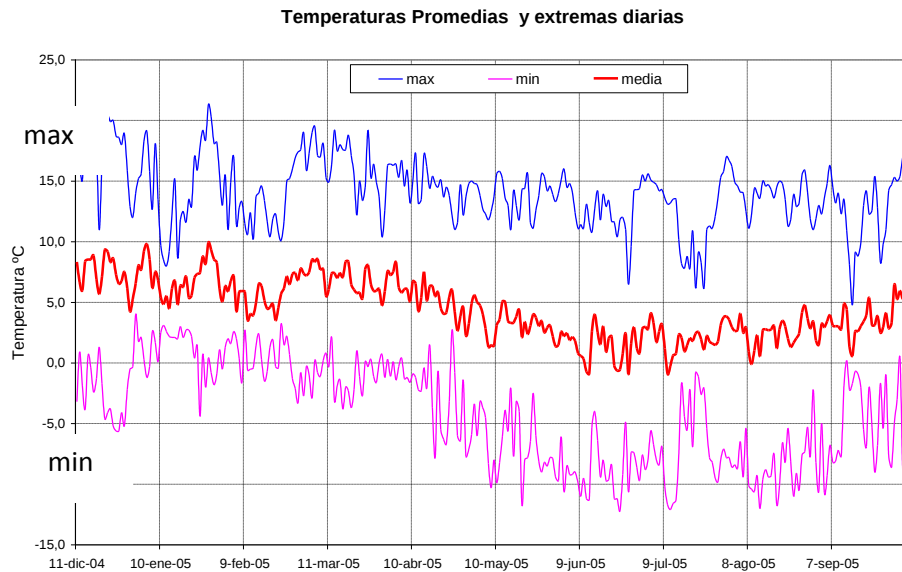
1.3.1. Clima

Debemos señalar que la información presentada en los siguientes acápite es respecto del informe de mediciones meteorológicas y año hidrológico 2003 – 2005, realizado por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI), Instituto de Investigaciones para el Desarrollo (IRD) y el Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH).

a) Temperaturas diarias

La figura 4 muestra las temperaturas promedias y extremas diarias medidas en la estación. Se identifica así también una época fría de mayo a septiembre y una época caliente de diciembre hasta abril. La temperatura promedio anual esta 4.6°C.

Figura 4: Variación de Temperaturas Medias y Extremas Diarias



Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

b) Temperaturas mensuales

El cuadro 1 muestra las temperaturas mensuales promedias y extremas registradas por el captor de la estación automática.

Cuadro 1: Temperaturas medias mensuales medidas por el captor de la Estación automática

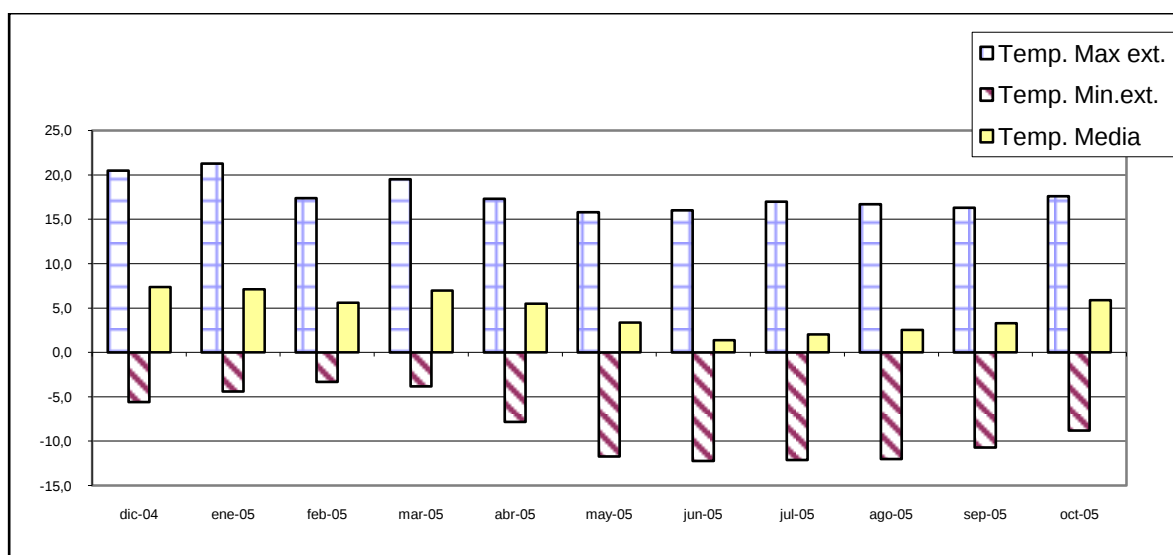
mes-año	Temp. Max.	Temp. Min.	Temp. Media
dic-04	20,5	-5,6	7,3

ene-05	21,3	-4,4	7,1
feb-05	17,4	-3,3	5,6
mar-05	19,5	-3,8	7,0
abr-05	17,3	-7,8	5,5
may-05	15,8	-11,7	3,3
jun-05	16,0	-12,2	1,4
jul-05	17,0	-12,1	2,0
ago-05	16,7	-12,0	2,5
sep-05	16,3	-10,7	3,3
oct-05	17,6	-8,8	5,9

Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

La Figura 5 también ilustra gráficamente las temperaturas medias mensuales registradas por el captor de la estación. Se aprecia el comportamiento estacional, de las temperaturas medias mensuales, en este año hidrológico. Se identifica claramente un periodo frío que va de mayo a octubre y un periodo cálido que va de diciembre 2004 a abril 2005. Las temperaturas más bajas se dan en el mes de junio (-12.2°C) y las más altas en el mes de enero (21.3°C). La diferencia de temperatura más grande ocurre en julio con cuasi 30 grados.

Figura 5: Temperaturas promedias y extremas mensuales



Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

También debemos señalar que de acuerdo a estudios realizados por Agua Sustentable y por lo antes mencionado, climáticamente la zona presenta un período húmedo muy concentrado a los meses de enero a marzo, época propicia para el crecimiento de la vegetación con una precipitación pluvial promedio anual de 320 mm. Los meses restantes (abril a diciembre) son secos con fuertes niveles de aridez que afectan a todos los componentes del ecosistema. La temperatura media anual es de 5.3 °C, con una temperatura máxima promedio de 14.7 °C y una mínima de -4.1 °C bajo cero. La región es afectada por frecuentes heladas contabilizadas en la mayor parte del año. Altitudinalmente, se ubica entre 3900 a 4800 msnm donde se encuentran praderas naturales como los bofedales de Altura; pajonales y queñuales. La disponibilidad de forraje sumada a las limitaciones climáticas hace que la zona tenga una aptitud principalmente ganadera de camélidos, pilar fundamental de la economía del productor, frente a la escasa posibilidad agrícola.

c) Temperatura Mínima

La temperatura mínima se constituye en una de las principales limitantes de la producción agrícola en la zona, la cual debe ser cuidadosamente analizada. Para ello se llevó adelante la evaluación de la variación mensual y diaria de la Tmin con la información disponible de esta variable. Es necesario aclarar que para la zona solo se contó con registros diarios entre 1977 y 1981 y de 2005 a 2011, pues es solo en este periodo que la estación meteorológica de la zona de Sajama estuvo en funcionamiento. En el caso de la Tmin, esta presenta sus valores más elevados, en los meses de máxima recepción energética (Noviembre a Febrero), en los que, gracias a la combinación de mayor recepción energética y mayor humedad atmosférica, las temperaturas nocturnas no descienden a niveles extremos cual en invierno. Sin embargo este proceso no es homogéneo en los dos periodos incluidos en el análisis. La Figura 6, permite apreciar claramente que las Tmin de los meses de Diciembre a Abril han sufrido una clara modificación ascendente que no es evidente en invierno. De esta manera, los valores térmicos de verano se muestran un poco más benignos para el crecimiento de cultivos reduciéndose el periodo con heladas que antes era permanente.

En el presente caso, los meses invernales muestran muy leves incrementos, revelando que el impacto del calentamiento global es menor en las épocas de mayor limitación y reducción de la temperatura, con lo que estos meses se mantienen como de fuertes limitaciones para la agricultura, haciéndola prácticamente imposible en ese periodo.

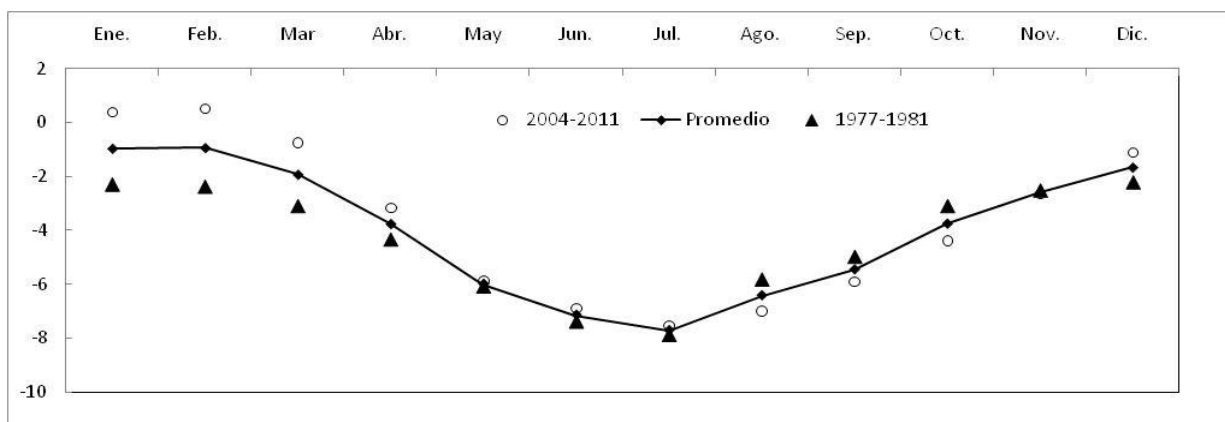


Figura 6. Variaciones mensuales de la Tmin en Sajama para dos periodos de disponibilidad de información y promedio mensual.

Fuente: Garcia, M. Evaluación Agroclimática, Agua Sustentable, 2012

El recuento de la cantidad de días sin helada durante el periodo 2005-2011 muestra que en promedio y entre Diciembre y Marzo, se puede contar con 90 días con temperaturas mínimas superiores a 0 °C. Esto confirma lo presentado en las Figuras previas que muestran que en verano, al presente, existe una mayor posibilidad de llevar adelante agricultura de cultivos de ciclo muy corto y en ambientes protegidos, lo que previamente era prácticamente imposible, pues los ambiente protegidos solamente otorgan un margen de ganancia térmica de entre 2 y 4°C que en condiciones de la década del 1970 no serían suficientes para desarrollar cultivos.

d) Temperatura Máxima

Bajo los mismos registros que los evaluados previamente se presenta la variación mensual y diaria de la Tmax. La Figura 7 muestra la variación mensual de los promedios de la Tmax. La temperatura máxima del aire de la zona presenta sus mayores valores en los meses de transición entre invierno y verano cuando la zona recibe gradualmente mayor energía, pero todavía la circulación global no ha acercado la influencia de la ZCIT.

Esto provoca que la nubosidad sea todavía reducida y por tanto la temperatura se eleva a sus máximos anuales. Como se mencionó en informes previos, las Tmax alcanzan valores razonablemente altos para permitir el desarrollo de especies vegetales con valores bajos extremos, solamente en los meses invernales. Esto muestra que la Tmax no es una limitante para la agricultura y la ganadería especialmente entre Septiembre y Abril, siendo sus valores relativamente bajos entre Mayo y Agosto.

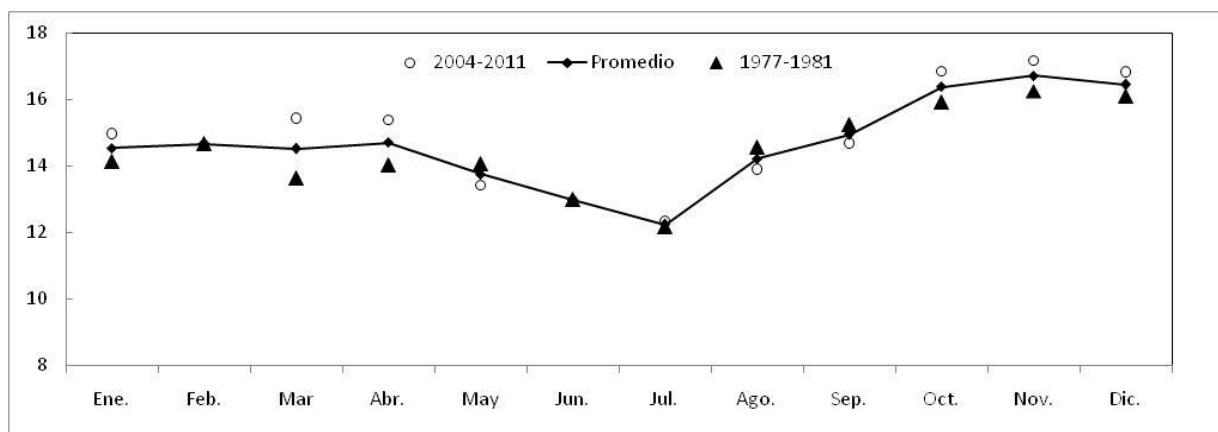


Figura 7. Variaciones mensuales de la Tmax en Sajama para dos periodos de disponibilidad de información y promedio mensual.

Fuente: García, M. Evaluación Agroclimática, Agua Sustentable, 2012

La comparación de los valores mensuales de los periodos 1977-1981 y 2004-2011 denota que los registros máximos se han incrementado claramente en los meses de transición, es decir Octubre-Noviembre y Marzo-Abril. Estos meses son aquellos en que la radiación solar es intensa pero no existe nubosidad lo que favorece mayor recepción de radiación directa sobre la superficie. Es posible que la acumulación de Gases de Efecto Invernadero tenga su máxima influencia en estos meses pues la zona todavía recibe una cantidad razonable de energía directa lo que se almacena gracias a los GEI en la atmósfera. La presencia de nubosidad entre Diciembre y Febrero reduce la intensidad de la radiación recibida y esto provoca menor almacenamiento.

En invierno, ocurre un fenómeno parecido al de las Tmin, pues la mayor distancia al sol y la altitud se combinan para reducir el almacenamiento energético potencial, aún bajo un escenario de calentamiento global. De acuerdo a los estudios y la información generada se puede extrapolar para un periodo de 10 años las temperaturas máximas y las mínimas mismas que se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2: Temperaturas mensuales para un periodo de 10 años

Temperaturas ° C												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximas	17,85	16,1	17,35	16,3	14,75	14,5	14,8	15,3	15,5	16,2	18	18,7
Mínimas	-1,6	-	-2,9	-5,5	-9,4	-10	-	-	-9,1	-	-5,2	-3,7
		2,55					10,3	10,1		7,15		

Fuente: Elaboración Propia

Lo presentado confirma lo previamente estudiado, mostrando que la energía almacenada y retenida en invierno no ha sido sustancialmente modificada bajo el impacto del calentamiento global y que esta época continúa siendo de fuerte limitación para el desarrollo de especies vegetales y consecuentemente también para el desarrollo ganadero de la región.

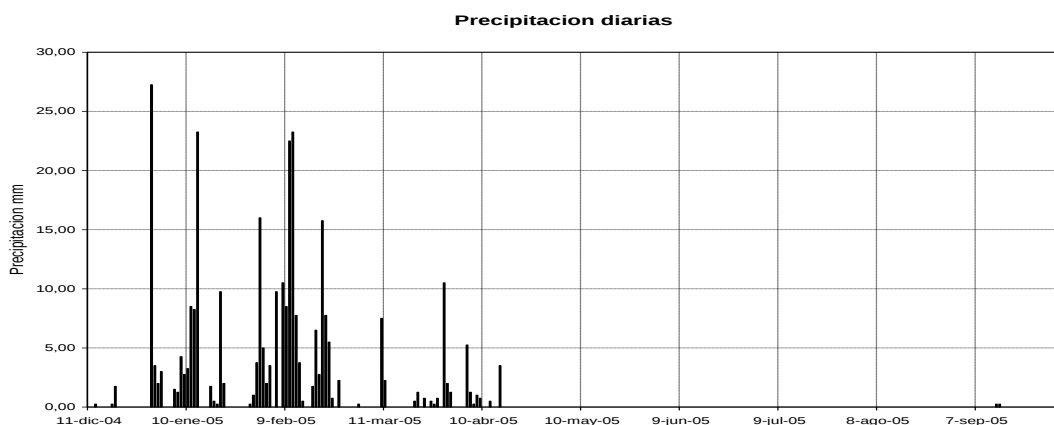
e) Precipitación.

El régimen de precipitación esta manejado por la posición del “Inner Tropical Convergence Zone (ITCZ)” así que los efectos orograficos de los Andes. Las precipitaciones vienen de la cuenca amazónica. Entonces los vientos del nordeste son las fuentes de humedad sobre el altiplano. No hay influencia del Pacifico sobre el altiplano central y la región de Sajama.

f) Precipitación diaria

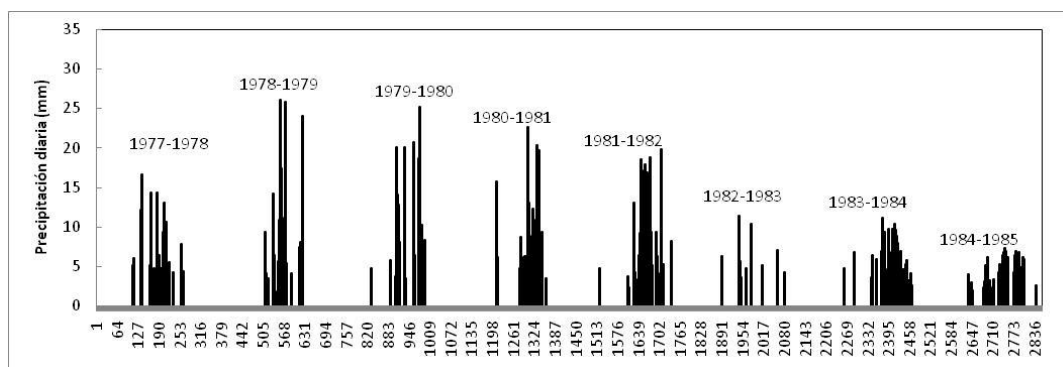
La figura 8 muestra el comportamiento de la precipitación a lo largo del año hidrológico medida en el captor, se puede apreciar que las lluvias están concentradas durante los meses de enero, febrero, marzo y principio de abril. No hubo ninguna lluvia durante los otros meses (excepto unos cuantos milímetros en septiembre).

Figura 8: Precipitación diaria acumulada



Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

Para corroborar la información climática de la zona podemos señalar que de acuerdo a los estudios realizados recientemente por Agua Sustentable, los extremos de precipitación se evalúan a través del análisis de la información diaria y se presentan en la Figura 9. Se percibe que la precipitación mantiene su concentración en los meses de Diciembre a Febrero y que los valores máximos se mantienen entre 25 y 30 mm con una clara concentración de las lluvias.



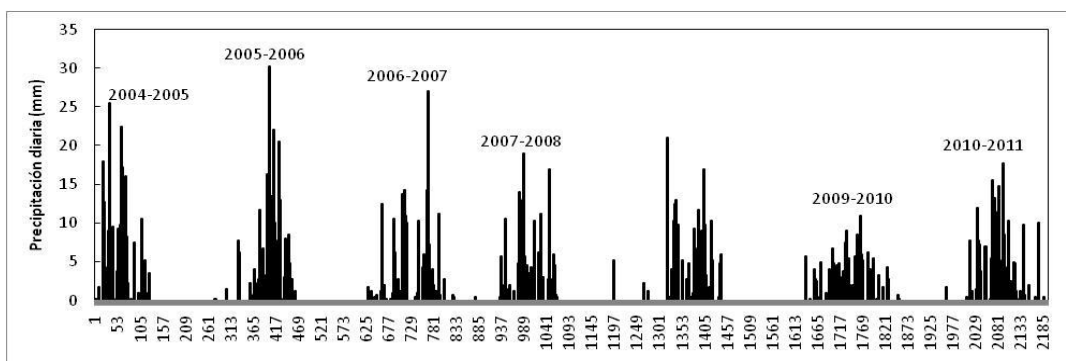


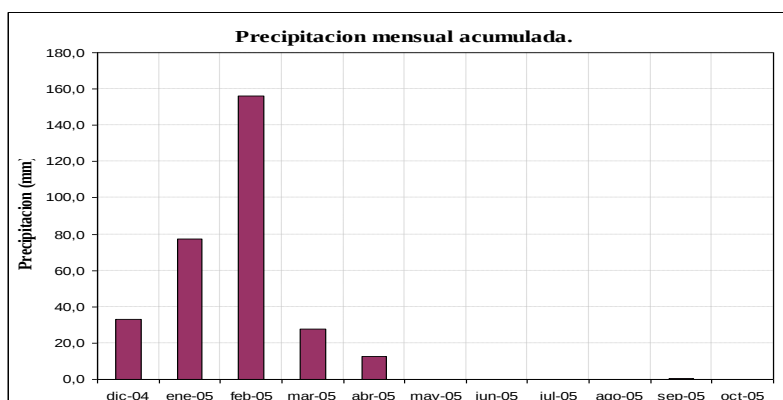
Figura 9. Variaciones diarias de la PP en Sajama para dos periodos de disponibilidad de información. Arriba PP diaria entre 1977 y 1981. Abajo igual pero para 2005-2011.

Fuente: Garcia, M. Evaluación Agroclimática, Agua Sustentable, 2012

g) Precipitación mensual.

La Figura 10 muestra la precipitación mensual. Se identifica bastante bien la época seca y húmeda. En la época de lluvia también se distingue dos meses con mucha precipitación (mayor en enero y febrero) y los demás con una precipitación más baja. El mes de febrero aporta 50 % de las cantidades de las lluvias del año. La precipitación total por el año 2004-2005 (es decir el periodo de medición de diciembre a octubre) esta de 307 mm.

Figura 10: Precipitaciones mensuales medidas



Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

En estos registros se aprecia una reducción de la precipitación desde 1977 en comparación a la PP recibida en las últimas gestiones en los meses tempranos de la época de lluvias, es decir Noviembre a Enero. Febrero se muestra un mes con mayor cantidad de lluvia, lo cual en promedio estabiliza el total de precipitación de los últimos seis años en un 95 % de lo recibido entre 1977 y 1985. Sin embargo, estos registros son muy reducidos como para postular un escenario de reducción real y definitiva de la lluvia recibida, pues es necesario contar con mayor cantidad de datos para evaluar este proceso.

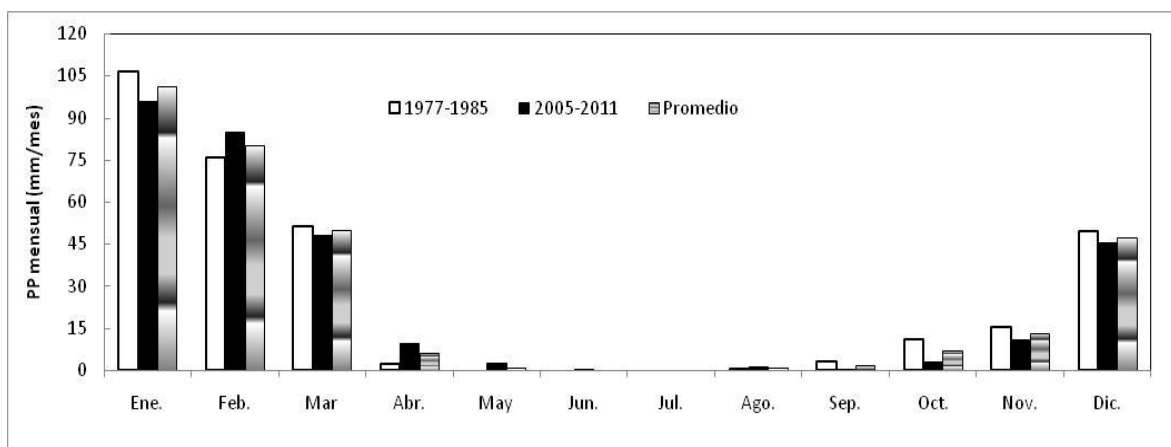


Figura 11. Variaciones mensuales de la precipitación en la zona de trabajo entre los periodos de 1977-1985 y 2005-2011 y su promedio.

Fuente: Garcia, M. Evaluación Agroclimática, Agua Sustentable, 2012

De los estudios realizados podemos y en base a la información recolectada de las diferentes estaciones cercanas y a través de la generación de bases de datos climáticos realizados por agua sustentable podemos señalar que para un periodo de 10 años las precipitaciones mensuales que se presentan en la zona son la que s muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3: Precipitaciones mensuales para un periodo de 10 años

Precipitación mm												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PP anual
90,9	127,6	34,95	12,7	0,2	0	0	0,1	2	2,2	6,55	34,85	312,05

Fuente: Elaboración Propia

En relación a la precipitación se ha evidenciado una muy marcada estacionalidad a nivel mensual dividiendo el año hidrológico en estación seca y estación húmeda. La estación húmeda va de Diciembre a Marzo aportando aproximadamente el 94 % de la lluvia total anual; en cambio la estación seca que va de Mayo a Agosto en promedio no aporta nada los meses de transición entre una estación y otra son Abril y Septiembre aportan aproximadamente el 4 %.

h) Humedad Relativa.

La humedad relativa proporciona en porcentaje el contenido de agua en estado gaseoso en la atmósfera, se tendrá un 100 % de humedad cuando la atmósfera se encuentre totalmente saturada de vapor de agua y se tendrá valores menores a este cuando el contenido de humedad vaya descendiendo. La Figura 12 y 13 muestran la variación diaria de la humedad relativa para la periodo medido en la estación, como es lógico los valores de la humedad relativa tienen una correspondencia directa con la precipitación, dándose los valores más altos en la estación húmeda y los valores más bajos en la estación seca.

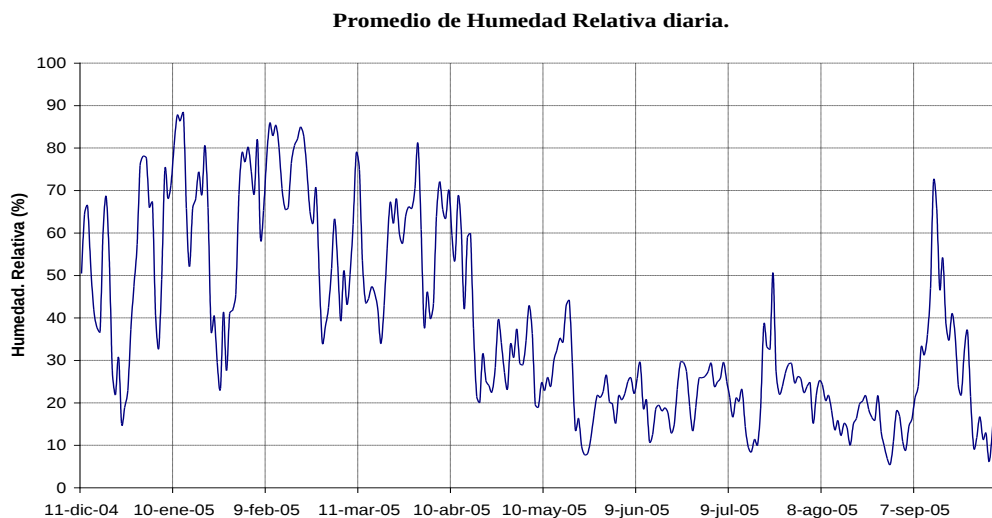


Figura 12: Variación diaria de la Humedad Relativa

Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

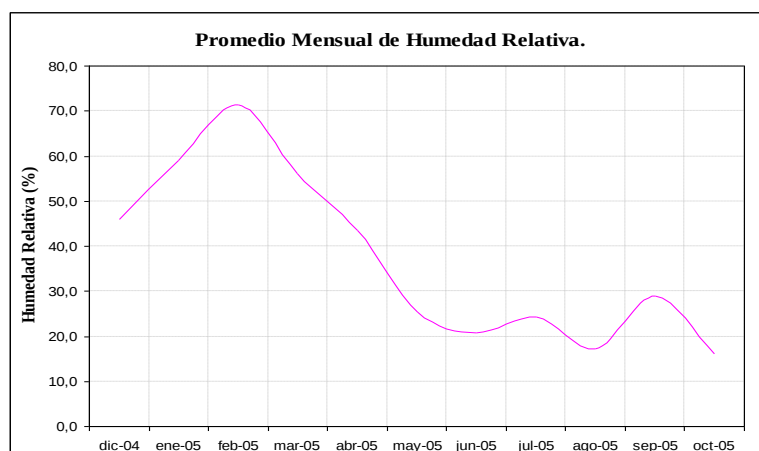


Figura 13: Variación mensual de la Humedad Relativa

Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

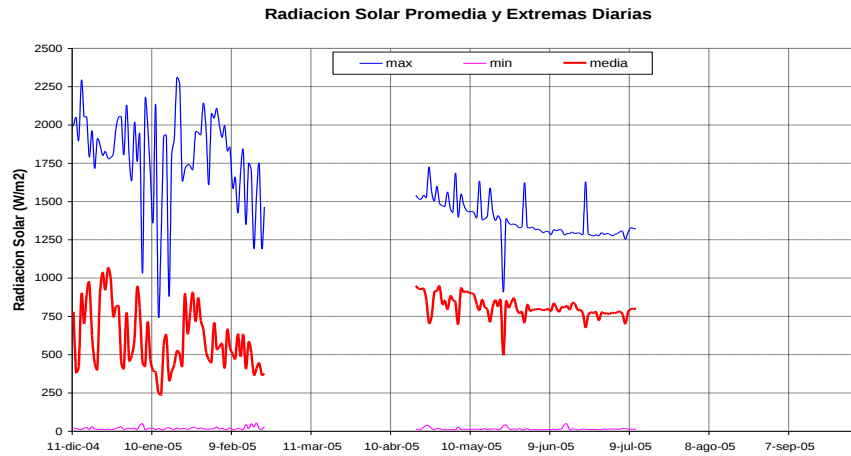
i) Radiación Solar

La radiación solar es la energía, por unidad de área, que el sol emite a la superficie terrestre. La Estación Automática tiene un piranómetro que mide la Radiación de onda corta.

La figura 14 muestra el comportamiento diario de la radiación solar para el periodo diciembre 2004-octubre 2005. Se puede observar dos periodos de lagunas debido al límite de almacenamiento de datos (marzo, abril, julio, agosto, septiembre).

Por lo tanto en las mismas figuras se puede ver que la radiación solar, a lo largo de todo el año, tiene un comportamiento variable; presentándose valores mayores en la época húmeda y menores en la época seca.

Figura 14: Variación diaria de Radiación Solar



Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

El grafico presenta dos periodos de lagunas (21 febrero-20 abril y 09 de julio-4 de octubre, pues la memoria de la central ha sido completa antes el día de su descarga. El grafico presenta tres curvas, el máximo de radiación arriba, el promedio diario en el medio y el mínimo abajo al costado del axis X.

j) Vientos

La figura 15 muestra la frecuencia y los valores de la dirección del viento (en porcentajes), respectivamente la estación húmeda (línea con cuadros) y seca (línea con círculos) medida en la estación. Claramente se presentan direcciones preponderantes, cuales son Sur y Sur Este (ambos representan 50 % de las direcciones). No hay casi ninguna diferencia de estacionalidad en las direcciones de viento. Eso se explica por la posición protegida de la estación por el nevado Sajama de los vientos del Este y Nor.-Este.

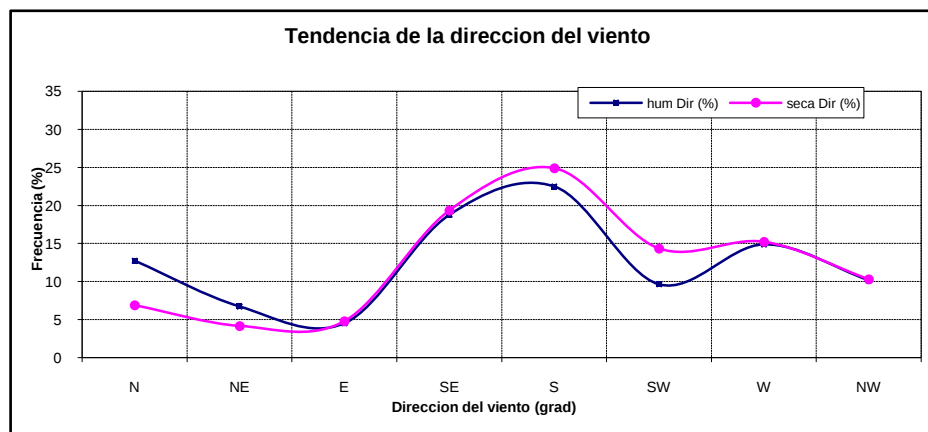


Figura 15: Direcciones de viento por las dos épocas húmeda y seca y porcentaje de sus frecuencias.

Fuente: SENAMHI, IRD, IHH, 2006.

La información obtenida de diferentes fuentes nos permitirá generar la información para realizar el cálculo del área de riego incremental a través del programa ABRO, por tal motivo es importante señalar que los diferentes estudios realizados muestran información de la cuenca en estudio como un área general, ya que la dispersión de las comunidades y las características particulares que presentan las mismas ya que no cuentan con producción agrícola, sino más bien totalmente pecuaria nos permite extrapolar a todas las comunidades de la zona.

1.3.2. Altitud

Los típicos paisajes que integran esta área de estudio son los conos volcánicos estratovolcanes, mesetas ignimbríticas, coladas, flujos de lava, geysers, etc.

El paisaje de relieve montañoso, volcánico se da en lavas Andesíticas –Dacíticas. El volcán Sajama (6542m.s.n.m.) que está ubicado en el centro del área fisiográficamente constituye un estratovolcán. Su cráter no es identificable debido a la cobertura de hielo y nieve permanente.

El volcán Payachatas, constituido por los dos volcanes Paricota (6132m.s.n.m.) y el Pomerape (6222m.s.n.m.) se halla ubicado al Oeste del área de estudio formando un límite natural con la república de Chile

Fisiográficamente constituye un estratovolcán y varias emisiones de lava, motivo por el cual el sector sud del volcán Pomerape y el norte del Parinacota, presentan una mezcla de coladas de lava dando lugar a la apariencia de un solo volcán.

Los volcanes Sajama y Payachatas dominan el paisaje de la región, en tanto que, localmente, resalta la Serranía de Huayllamarca. En ésta, los altos topográficos se presentan a manera de “hog bags” con alturas de hasta 4.200 m.s.n.m., mientras que las quebradas tienen alturas de hasta 3.780.

El paisaje es también producto del drenaje producido por la erosión fluvial, el drenaje en la cuenca es variado presentando diseños radiales centrífugos (laderas de volcanes), dendríticos (transición hacia valles intervolcánicos) y anastomosados (partes bajas de la cuenca). Un aspecto importante que se debe mencionar es que los ríos en los flancos de los volcanes son temporales/estacionarios y presentan discontinuidad/desaparición de drenaje, lo cual refleja que el agua se infiltra tanto en las fracturas de las rocas como en los sedimentos dando origen a aguas subsuperficiales y subterráneas.

1.3.3. Relieve de la cuenca

El Altiplano es una cuenca de antepaís de origen tectónico, rellena por sedimentos cenozoicos provenientes tanto de la Cordillera Oriental como Occidental. Esta cuenca se ha originado con el ascenso de la Cordillera Oriental, que llega a su climax en el Mioceno Superior, cuando alcanza su actual altura y define el paisaje presente. El control tectónico de la región ha favorecido, a partir del Oligoceno, la formación de cuencas endorreicas dando lugar a la depositación de evaporitas.

El contraste topográfico entre las planicies ignimbríticas y los volcanes con alturas desde 4000 a más de 6000 m.s.n.m. hace resaltar edificios volcánicos como el Pomerape, Parinacota y Sajama, los que conservan la mayoría de sus rasgos geológicos debido a su reciente actividad volcánica.

El volcán Sajama presenta una diferencia de relieve de 2,542m con respecto a la localidad de Sajama (4200m.s.n.m.) y una amplitud de relieve de aproximadamente 18 Km.

- Relieve de Serranías Altas en lavas

Son formas complejas de coladas de lava, que se hallan formando serranías altas (mayor a 4.900m.s.n.m.) con cimas agudas y/o convexas. La diferencia de relieve es de 800 a 900m con respecto a la altura de la localidad de Sajama.

- Relieve Plano y/o ligeramente cóncavo

Son áreas localizadas entre los bofedales del río Sajama. Las llanuras de inundación temporal con pendientes de 2% a 3%.

- Relieve de serranías altas

Ubicadas en la parte occidental del volcán Sajama representado por los cerros Wisalla y Wincurata, sobrepasando los 4900m.s.n.m. muestran cimas muy agudas y laderas escarpadas.

2.1 ESTUDIOS BÁSICOS

2.1.1 Aspectos Demográficos

a) Población Actual

La cantidad de habitantes dentro de la comunidad de Sunipapelpampa es de 133 y la comunidad Sajama de 542 habitantes, con un total de 30 familias y 132 respectivamente, resultante de los estudios socioeconómicos realizados dentro del parque nacional de Sajama y las comunidades que conforman el mismo.

b) Población Actual de Proyecto

Se establece la población actual del proyecto a quienes beneficiaría el proyecto es de 30 familias en Papelpampa y 50 familias en Sajama haciendo un total de 400 habitantes aproximadamente. Con este dato se obtiene que la población de diseño ó (Población Futura Pf) será de 602 habitantes proyectados a 20 años con índice de crecimiento de 2.25%.

La cuenca del Sajama de acuerdo a los estudios realizados en la zona cuenta con un número de habitantes de 1.446, sin embargo a esto se le debe adicionar el crecimiento en los últimos años asimismo según el índice de masculinidad del municipio de Curahuara de Carangas es de 114, esto significa que existen más hombres que mujeres. El índice del Departamento de Oruro es 99, al igual que el de Bolivia.

Cuadro 4 Población por Género y Localidad de la cuenca

Localidad	Familias	Habitantes	Hombres	Mujeres
Papelpampa	30	133	68	65
Sajama	125	542	279	263
TOTAL	155	675	347	328

Fuente: Elaboración Propia en base a PDM de Curahuara de Carangas

El número de beneficiarios de manera directa en la comunidad es de 32 familias distribuidas en la comunidad de Sunipapelpampa y 40 familias en la comunidad de Sajama:

Cuadro 5: Población Beneficiaria comunidades Sunipapelpampa - Sajama

Localidad	Familias	Habitantes	Hombres	Mujeres
Sunipapelpampa	32	84	21	11
Sajama	40	186	98	88

Fuente: Elaboración Propia

c) Población económicamente activa

La población económicamente activa se encuentra en un rango de 80 % de acuerdo a información recabada en campo, asimismo esto puede contrastarse a través del Índice de Desarrollo Humano

(IDH), que indica que los municipios de Curahuara de Carangas y Turco, están por debajo del índice de Bolivia y del Departamento de Oruro. El primero alcanza 0,57 y Turco 0,51.

Podemos ver que el municipio de Curahuara de Carangas ocupa el puesto 130 en el Ranking Municipal en función al Índice de Desarrollo Humano, y el municipio de Turco el puesto 237. El Ranking Municipal incluye 314 municipios, el numero 1 significa el que mejor se encuentra con respecto al (IDH) y el 314 el que tiene el índice más bajo.

Cuadro 6 Índice de Desarrollo Humano

	IDH	Ranking Municipal
Bolivia	0,64	
Departamento Oruro	0,62	
Municipio Curahuara de Carangas	0,57	130

Fuente: Vargas, P. Estudio Socioeconómico (Informe de Desarrollo Humano PNUD 2005), Agua Sustentable, 2012

d) Medición de la Pobreza mediante el Método de Necesidades Básicas Insatisfechas.

El método de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) concibe la pobreza como “necesidad”¹. En este sentido, analiza las carencias de los bienes que permiten a un hogar satisfacer sus necesidades esenciales. La fuente de información que se utiliza para la aplicación de este método es el Censo de Población y Vivienda, lamentablemente el último Censo fue realizado el año 2001.

De acuerdo a el método (NBI) el 93,70% de la población del municipio de Curahuara de Carangas es pobre, en el siguiente cuadro se detalla los porcentajes de población que se encuentran dentro la población pobre moderada, indigente y marginal.

Cuadro 7. Indicadores de Pobreza estimados por el método (NBI).

	Población no pobre		Población Pobre				
	Población censada 2011	% población Pobre	Población con NB Satisfechas	Población en el umbral de pobreza	Moderada	Indigente	Marginal
Bolivia	8.274,325	58.60%	16.58%	24.83%	34.22%	21.69%	2.68%
Departamento de Oruro	392.451	67.70%	12.85%	19.34%	38.88%	27.31%	1.62%
Municipio de Curahuara de Carangas	5.278	93.70%	1.33%	4.93%	44.69%	48.89%	0.17%

Fuente: Vargas, P. Estudio socioeconómico (UDAPE – INE 2001), Agua Sustentable, 2012

e) Incidencia de la Pobreza Extrema

¹ Oruro – Estadísticas e Indicadores Socio demográficos – UDAPE – INE cita: Feres y Manero (a) 2001 p10

Para conocer más detalle la pobreza de la zona recurriremos al Mapa de Incidencia de la Pobreza Extrema, que es el porcentaje de personas cuyo consumo (valor de compras, autoconsumo y otras formas de abastecimiento) es menor al valor mínimo de una canasta básica de alientos.

Se llama pobreza extrema cuando las personas no pueden satisfacer al menos sus necesidades alimentarias. El valor calculado para cubrir necesidades alimentarias es de 153,2 Bs./mes por persona.²

También se puede señalar que, en Bolivia el 40,40% de la población tiene consumo menor al valor mínimo de una canasta básica, este porcentaje se incrementa para el departamento de Oruro 46,30%. Para el municipio de Curahuara de Carangas el porcentaje de la población cuyo consumo alimentario es menor a Bs 153,2 mensual por persona es considerablemente alto 81,70%.

Cuadro 8. Incidencia de la Pobreza extrema

	Incidencia de la Pobreza Extrema
Bolivia	40,40%
Departamento Oruro	46,30%
Municipio Curahuara de Carangas	81,70%

Fuente: Vargas, P. Estudio Socioeconómico (UDAPE – INE 2001), Agua Sustentable, 2012

2.1.2 Aspectos Socioeconómicos

a) Características Socio culturales

Las comunidades de Sunipapelpampa y Sajama, se encuentran en un rango altitudinal promedio de 4208 y 4323 msnm, de acuerdo a las diferentes fuentes secundarias y levantamiento en campo, el patrón de asentamiento se caracteriza por una concentración de la población en las capitales de los cantones involucrados y la existencia de unas 80 estancias dispersas, que agrupan al 60% de los pobladores que viven al interior del Parque.

No se cuenta con un número exacto de habitantes dentro de la cuenca, debido al crecimiento poblacional, sin embargo desde el último Censo Nacional de Población y Vivienda que fue efectuado el año 2001 y de acuerdo a un estudio socioeconómico realizado en la zona y la consulta a varias fuentes:

- Según el SERNAP se estima que en la cuenca vive una población de aproximadamente 1.722 habitantes³

² Oruro – Estadísticas e Indicadores Socio demográficos – UDAPE – INE

³ Estudio Socioeconomico realizado por Agua Sustentable

- Según datos del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2001, (INE) la provincia Sajama cuenta con una población de 9,096 habitantes y el área de estudio una población de 1,868 habitantes⁴.
- Según información de campo de Agua Sustentable se tienen en el área de estudio 479 familias, con un número promedio de 4,34 miembros por familia, haciendo un total de 2079 habitantes⁵.
- Según los Planes de Desarrollo Municipal (PDM's) de Curahuara de Carangas y Turco el área de estudio tiene una población aproximada a 2.064 habitantes concentrada en 476 familias⁶.

Posterior a la evaluación de las fuentes, se puede concluir que la información más aproximada a la realidad actual de la cuenca se encuentra en los datos de Agua Sustentable y en los Planes de Desarrollo Municipal de Curahuara de Carangas y Turco.

Señalar que la densidad poblacional de la Provincia Sajama es de 1,57 habitantes por Km² de acuerdo al CNPV 2001. El área de estudio tiene una densidad poblacional de aproximadamente 2,06 habitantes por Km².

Otra característica en la zona es que la población se distribuye en asentamientos un tanto dispersos y la permanencia de la población tanto en sus comunidades y estancias es permanente y rotacional, muchas familias cuentan con dos domicilios, uno en el centro poblado y otro en el lugar denominado Sayañas comunales o familiares.

b) Actividades productivas

La actividad productiva principal en la comunidad es la ganadería a través de la crianza de camélidos (llamas, alpacas y vicuñas). Esto debido a las condiciones climáticas extremas en la zona, no habiendo las condiciones que requieren los cultivos en la zona no hay producción agrícola. Asimismo otro de las fuentes de ingreso es el turismo pero calculan que el turismo solo representa un 8% de sus actividades productivas. Debido a que para este rubro no se tienen las condiciones adecuadas, en la comunidad de Papelpampa los habitantes también en determinadas épocas las personas entre hombres y mujeres (mayor porcentaje de hombres) salen a trabajar hacia el vecino país de Chile, lo que les representa un ingreso adicional para ellos.

c) Ingreso promedio familiar

La ganadería se basa principalmente en el uso de bofedales y pastizales propios del territorio comunal. El uso y gestión de bofedales es observada como parte de la gestión de todo el territorio.

Sin duda la principal actividad productiva de la zona es la ganadería. Las características climáticas y ecológicas hacen que no sea posible el desarrollo de cultivos, por tanto las familias obtienen todos los productos alimenticios de la canasta familiar a través de la compra o el trueque en otras regiones con vocación agrícola.

⁴ Estudio Socioeconomico realizado por Agua Sustentable

⁵ IDEM

⁶ IDEM

Una actividad complementaria que va adquiriendo mayor importancia es el turismo. La belleza paisajística de la zona con el nevado Sajama y los Payachatas, aguas termales, geiseres, iglesias coloniales y otros, son de interés del turismo mayormente internacional que aporta a la dinámica económica de las comunidades.

La ganadería se centra en la crianza de camélidos, especialmente en el rubro de alpacas, con tendencia al aprovechamiento de la fibra. En el PDMO (2007 - 2011) han clasificado a los productores ganaderos del municipio en tres categorías.

- Los infrasubsistentes, aquellos productores con menos de 100 cabezas, a los que la ganadería camélida no les genera suficientes recursos económicos para cubrir sus gastos de primera necesidad;
- Los de subsistencia, a quienes la producción ganadera les proporciona suficientes ingresos como para cubrir los gastos más primordiales para su familia, son los productores que tienen entre 100 a 200 cabezas; y
- Los excedentarios, aquellos que tienen por encima de las 200 cabezas, a los que la ganadería camélida si les genera recursos para cubrir sus gastos y una proporción para su ahorro.

Cuadro 9. Tipo y nivel de explotación de animales domésticos región Sunipapelpampa y Sajama.

Región	Nº de Familias	Especies Principales Identificadas	% regional de tenencia por especie	Interés Productivo	Promedio de Animales por Familia	Tipo de explotación imperante	Información adicional
Papelpampa	29	Alpacas	48%	Lana	150	Extensiva	No se crían otras especies como: Bovinos, Suinos o Aves de corral. No todas las familias crían ovejas y la crianza de Equinos, se limita a Burros en pocas familias y número mínimo.
		Llamas	48%	Carne - Lana	150	Extensiva	
		Ovejas	4%	Carne - Lana	40	Extensiva	

Región	Nº de Familias	Especies Principales Identificadas	% regional de tenencia por especie	Interés Productivo	Promedio de Animales por Familia	Tipo de explotación imperante	Información adicional
Sajama	80	Alpacas	50%	Lana	130	Extensiva	La crianza de otras especies como: Equinos (Burros y Caballos), Ovinos o Aves de corral, es mínima, con respecto a las especies principales. Solo una familia cría 8 vacas.
		Llamas	50%	Carne - Lana	130	Extensiva	

Según el PDMO, en la región Occidental (zona de estudio) la mayoría de los productores son del estrato de subsistencia (38% de los productores), seguida por los excedentarios (31%) y los infra subsistentes (31%). Esta zona se encuentra en condiciones ventajosas en relación a las otras dos microrregiones donde la mayoría recaen en la categoría de infra subsistencia (microrregión central 54%, microrregión oriental 88%).

Al tratarse de un proyecto nuevo se tiene planificado realizar las tareas de resiembra, labores culturales para el desarrollo de la vegetación en los bofedales en la época húmeda, debido a que es cuando se cuenta con una mayor cantidad de agua, siendo que estos pastizales ya han mostrado una respuesta más favorable bajo estas condiciones, asimismo se deberá enfrentar las condiciones climáticas extremas que se presenta en la zona y el uso de tecnología alternativa para las tareas de manejo de agua en los bofedales, asimismo se apoyará en técnicas que se han probado en otras áreas de manejo y conservación de suelos para la producción de los pastizales nativos que viven en estos bofedales.

Actualmente en la zona no se cuenta con sistemas de producción agrícolas por lo tanto no existe la presencia de trabajo mecanizado o con yunta, asimismo si se practica el riego en bofedales para es mínima, asimismo uno de los problemas con los que se tropieza es la gestión del agua al momento de redistribuir ya que los bofedales requieren una elevada cantidad de agua y pero también algunas prácticas de labores culturales que permitan la distribución del agua de manera uniforme en los bofedales que sirven para el pastoreo.

d) Valor de la producción agropecuaria actual.

El ajuste del PDMO del 2006 realizó un diagnóstico complementario del Municipio donde se incluye el resultado de encuestas en las distintas microrregiones con información socioeconómica. La zona de estudio corresponde a la microrregión Occidental donde se tomó una muestra relativamente pequeña de 15 familias, pero los resultados son representativos del aporte de las actividades productivas al ingreso familiar.

Cuadro 10: Fuente de ingresos familiares de la microrregión

FUENTES DE INGRESOS FAMILIARES	MONTO (Bs)	%
Ingresos generados por ganadería	12199	83.5
Alpacas	5993	41
Llamas	4612	31.6
Ovinos	155	1.1
Vacunos	0	0.0
Ingresos generados por Agricultura	9	0.1
Ingresos generados por otras actividades	2393	16.4
Transporte	160	1.1
Turismo	173	1.2
Trabajos temporales en	1693	11.6

ciudades		
Otros trabajos fuera de la agropecuaria	367	2.5
INGRESO PROMEDIO POR FAMILIA (BS/AÑO)	14601	100

Fuente: Villaroel, E., Perez, J. Informe Mapeo de Derechos, Agua Sustentable, 2012

El cuadro confirma la preponderancia de la actividad ganadera en la zona. Muestra que el turismo todavía no brinda ingresos significativos a la población local e introduce otra actividad mencionada en las entrevistas del presente trabajo que son los trabajos temporales fuera de la comunidad.

Los entrevistados dijeron que los varones suelen migrar en los meses de marzo a enero por temporadas de hasta seis meses. Dijeron que la mayoría suele ir al vecino país de Chile para trabajar en construcción y transporte.

e) Manejo de la Vicuña

Desde la gestión 2003, la Dirección del PNS y el Proyecto MAPZA han trabajado en el manejo de la vicuña, pues nace como una propuesta de solución ante la problemática de la competencia de la fauna silvestre con el ganado camélido; para ello se organizaron en seis Comunidades Manejadoras de Vicuña. Según los censos de vicuñas realizados en el año 2004 y 2005, en la zona del PNS existen alrededor de cuatro mil vicuñas.

El manejo de la vicuña en el Parque Nacional Sajama, asumido por los comunarios de la región, como la conservación y protección de la especie, ha dado esperanzas para el incremento de sus ingresos mediante la producción de la fina fibra del animal destinada a mercados internacionales para el desarrollo sostenible en la ecoregión del país.

De acuerdo al PDMO se identifica un tipo de manejo generalizado en el Municipio, que es muy probable que sea el que se aplica en la cuenca de estudio específicamente. Para esto dividen el año en tres épocas, época lluviosa (diciembre a abril), época seca con congelamiento (mayo a agosto) y época seca sin congelamiento (septiembre a noviembre).

Las llamas pastorean en época de lluvias en las praderas a secano cerca de las estancias en la mañana y de 15:00 a 17:00 ingresan al bofedal. En ambas épocas secas pastorean en praderas alejadas llamadas “anacas” 1.5 a 3 días y luego bajan al bofedal por medio día a tomar agua. Esta práctica es la que parece haberse eliminado en la zona de estudio por la dificultad de dejar las llamas en las zonas altas alejadas debido al puma.

Las alpacas pastorean en época lluviosa desde las 6:00 en la pradera a secano y de 9:30 a 10:00 ingresan al bofedal hasta las 17:30. En época seca con congelamiento recién salen del corral a las 7:30 y se quedan en la pradera seca hasta las 11:30 a 13:00 dependiendo del deshielo en el bofedal, luego ingresan al bofedal hasta las 17:00. En época seca sin congelamiento salen del corral a la misma hora pero ingresan al bofedal más temprano, de 10:00 a 10:30 aproximadamente y se quedan hasta las 17:00. (PDMO Curahuara, 2007 – 2011).

El PDMO estableció la carga animal para el Municipio en base al estudio de Alzérreca (2001) realizado para la zona del PNS (precisamente la zona del presente estudio) el cual encontró un rendimiento total de biomasa para los bofedales de 4001 Kg MS/Ha y un rendimiento en forraje de 2801 Kg MS/Ha. (PDMO Curahuara, 20017 – 2011)

Las comunidades parecen estar conscientes de este hecho y al no poder contar con la antigua estrategia de dispersión de la comunidad en nuevos espacios, están buscando alternativas como la individualización de las sayañas para poder mejorar el manejo de los bofedales y por tanto la calidad del ganado.

No es difícil predecir las dificultades futuras de esta estrategia cuando las sayañas relativamente grandes tengan que dividirse entre los hijos de los sayañeros originales en una a dos generaciones. Recurrimos nuevamente a un dato interesante del PDMO donde calculan el tamaño mínimo rentable del hato ganadero para poder obtener beneficios económicos con la producción ganadera, señalando que con hatos menores a 50 cabezas ya no llegan a recuperar los costos de inversión.

Cuadro 11: Costos de producción camélida según tenencia de ganado camélido

Categoría productores según tenencia de ganado	Costo promedio (Bs/cabeza)	Rango promedio precio de venta (Bs / camélido)
Productores con menos de 50 cabezas	350 a 400	300 a 500
Productores que tienen entre 51 a 100 cabezas	280 a 320	
Productores que tienen entre 101 a 150 cabezas	250 a 270	
Productores que tienen entre 151 a 200 cabezas	200 a 240	
Productores que tienen entre 200 a 300 cabezas	150 a 180	
Productores con más de 300 cabezas	100 a 140	

Fuente: Villarroel, E., Perez, J. Informe Mapeo de Derechos (PDMO Curahuara, 2007 – 2011, Diagnóstico complementario 2006), Agua Sustentable, 2012

De acuerdo al diagnóstico pecuario los promedios del hato ganadero por familia fluctúan de 100 a 190 cabezas tanto para llamas como para alpacas. En la percepción de los comunarios los hatos actuales están al límite de la capacidad de carga de las Sayañas, si éstas se dividen, los hatos también tendrían que disminuir de tamaño. Por tanto, en las condiciones actuales, estaríamos al límite del tamaño de rentabilidad aceptable del hato ganadero.

f) Servicio de Saneamiento Básico

Agua Potable

Dentro del distrito B del municipio de Curahuara de Carangas las comunidades que cuentan con este servicio son la comunidad de Sajama, Lagunas sin embargo el sistema de agua no está en buenas condiciones. Sin embargo debemos señalar que los habitantes de la región durante ciertas épocas del año habitan sus hogares denominados Sayañas, mismas se encuentran alejadas de los centros poblados más importantes haciendo así que la población se encuentre dispersa de su mancha urbana original, **razón por el cual se elabora el presente proyecto.**

En Papelpampa no se cuenta con ningún sistema de agua potable, los habitantes se abastecen de un pozo antiguo perforado el cual ha dejado de brindar agua potable, por lo que los vecinos se abastecen de vertientes o de ríos en lugares demasiado alejados de la zona

Existe una serie de enfermedades que pueden asociarse al agua, como consecuencia de su contaminación como heces fecales humanas y animales, o por la presencia de sustancias químicas nocivas a la salud humana. Las enfermedades de transmisión hídrica más comunes

peligrosas son: salmonellosis, shigellosis, y el cólera; y de las de origen hídrico, Saturnismo (exceso de plomo en el agua) la Metahemoglobinemia (altas concentraciones de nitrato).

Alcantarillado Sanitario

En la comunidad de Sajama se cuenta con un sistema de alcantarillado, que sin embargo su sistema de tratamiento y eliminación de las excretas en estos años ha llegado a colmatarse, en las demás comunidades (como Papelpampa) solo se cuenta con pozos ciegos y la mayor parte de la población realiza sus necesidades a campo abierto, siendo un factor que influye en la contaminación.

Eliminación de excretas

La forma tradicional de eliminación de excretas se hace mediante las letrinas sanitarias tipo pozo ciego. Sin embargo se conoce que el 80% de la población realiza su eliminación de excretas al aire libre

g) Otros Servicios.

Energía Eléctrica.

Todas las comunidades y centros poblados dentro el Parque Nacional de Sajama, cuentan con el servicio de energía eléctrica.

Residuos Sólidos.

No se cuenta con ningún servicio de recolección de residuos sólidos, la población en general realiza el retiro de su basura por doquier

2.1.3 Aspectos relacionados con la fase de operación del proyecto

Una vez terminado el proyecto y luego de realizar los respectivos talleres de capacitación, la operación y mantenimiento de las bombas manuales será entera responsabilidad de los miembros de las comunidades de Sunipapelpampa y Sajama.

La operación conjuntamente con el mantenimiento del sistema se sintetiza en un programa de asistencia técnica y social denominado programa de capacitación comprendidas en:

- Capacitación comunal; dirigida a la población general beneficiada del proyecto, en las tareas de educación sanitaria, salubridad, uso adecuado de los sistemas, etc.
- Transferencia de tecnologías.

2.1.4 Disponibilidad de Mano de Obra y Materiales de Construcción Local.

Los materiales de construcción necesarios para la ejecución del proyecto se pueden clasificar de la siguiente manera.

Materiales Locales:

En la zona los materiales que pueden extraerse son mínimos ya que el material que existe es de mala calidad por ende se deberá traer de otras zonas donde se cuente con los materiales necesarios para el uso en los sistemas de soporte y base de las bombas manuales.

Materiales No locales:

Estos materiales generalmente provienen de las ciudades de La Paz y Oruro, para ello existe un camino carretero estable de asfalto desde ambas ciudades, sin embargo se podrían conseguir algunos materiales en el centro poblado de Curahuara de Carangas como sede municipal en donde existen algunas casas proveedoras de materiales como ser cemento, fierro de construcción y de plomería, etc.

Cabe mencionar que la tubería PVC para las bombas, así como de los insumos para las perforaciones se puede adquirir de la ciudad de La Paz de las distintas firmas fabricantes o distribuidoras nacionales.

2.2 ESTUDIOS TÉCNICOS

2.2.1 Evaluación de la fuente de Agua.

La fuente de agua para el sistema de agua potable por bombas manuales estará concentrada básicamente en aguas subterráneas, debido a estudios y experiencias anteriores sobre el uso de estas aguas podemos señalar que las aguas que se encuentran en la subsuperficie de estos suelos son aptos para el consumo humano.

Según informes verbales recabados de los beneficiarios indican que la fuente de agua subterránea tiene un curso regular de caudal constante de acuerdo al nivel del agua que fluye en el río y casi permanente durante todo el año, lo que garantizará su dotación a la población de manera constante.

Este estudio que se viene realizando cuenta con tres grupos de piezómetros instalados en los bofedales para monitorear las variaciones en los niveles de agua o gradientes hidráulicos (un grupo de piezómetros en Aychuta, otro en la comunidad Lagunas y otro en la parte central de la cuenca del Río Sajama aguas arriba del Puente Sajama); dos grupos de sensores de presión para la medición de las variaciones en los niveles de agua completan la red de piezómetros (un grupo en Aychuta y otro grupo en la parte central de la cuenca del Río Sajama). Estos piezómetros son someros y llegan a captar agua del acuífero libre (menor a 6 metros de profundidad), que está en contacto con los bofedales y la infiltración inmediata según Soria, 2011. Por lo que se garantiza la dotación de agua durante todo el año.

Es importante conocer algunos aspectos generales sobre hidrogeología y geología de la zona (aguas subterráneas y sobre los acuíferos), y también enfatizar en la responsabilidad que tienen sus usuarios de protegerlos y conservarlos para que puedan ser aprovechados por las generaciones futuras.

a) Aguas subterráneas

Proviene de la infiltración en el terreno de las aguas de lluvias o de lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas, denominadas acuíferos.

Existen básicamente dos diferentes tipos de acuíferos:

Acuíferos libres, son generalmente someros, donde el agua se encuentra relleno de poros y fisuras por acción de la gravedad. La superficie hasta donde llega el agua es denominada superficie freática y en los pozos es conocida como nivel freático.

Acuíferos confinados, en estos acuíferos el agua se encuentra a presión entre capas impermeables, de modo que si se extrae agua no queda ningún poro vacío, sólo se disminuye la presión del agua que colabora con la sustentación de todos los materiales, pudiendo en casos extremos, llegar a producirse asentamientos del terreno.

La superficie virtual que se formaría si se perforaran infinitos pozos en el acuífero confinado se denomina superficie piezométrica y dentro de un pozo es conocida como nivel piezométrico. Los acuíferos son explotados a través de varios tipos de captaciones, entre las cuales las más comunes son:

Pozos profundos, perforados a través de muchas técnicas y que generalmente requieren de grandes equipos de perforación.

Aljibes, que son pozos poco profundos generalmente excavados a mano y algunas veces revestidos en piedra, ladrillo o cemento.

Manantiales, que son exposiciones naturales de las aguas subterráneas en superficie y que son aprovechados directamente, sin necesidad de grandes obras.

La elección de alguna de estas formas de acceder a los acuíferos dependerá tanto de las características hidrogeológicas de la zona en particular, como de las necesidades de abastecimiento de agua y de las condiciones socio-económicas de la región.

Una de las grandes ventajas de las aguas subterráneas en el Parque Nacional de Sajama, es que generalmente son de buena calidad para consumo humano por estar protegidas naturalmente por capas de suelos arenosos y/o rocas que tienen la capacidad para atenuar, retardar o retener algunos contaminantes, además de ser menos susceptibles que las aguas superficiales a cambios.

Por otro lado, una vez contaminadas las aguas subterráneas como consecuencia de alguna actividad en la superficie (agrícola, industrial disposición de residuos y de efluentes, etc.) será casi imposible o demasiado costosa su recuperación. Por lo anterior cuando accedemos a estos recursos hídricos implícitamente nos debemos comprometer con su protección y conservación para garantizar su aprovechamiento futuro.

La perforación manual de pozos profundos se realiza mediante una técnica relativamente fácil, rápida, económica. Esta técnica combina los sistemas de rotación y percusión, donde el origen de la fuerza motriz es la fuerza humana de los operadores o perforadores.

Podemos señalar que el equipo de perforación está integrado por una torre de perforación, un sistema para rotación (broca, tubería y manija), un sistema de percusión y un sistema de inyección de lodo (fosas de lodo y bomba de lodo).

Las bombas manuales de agua instaladas en los pozos, tienen una capacidad de extracción aproximada entre 0,6 litros por golpe (presión de la manija). Sin embargo debe recordarse que los caudales a extraer de un acuífero no sólo dependen de la capacidad de las bombas, también de las condiciones hidrogeológicas de los acuíferos, la buena construcción y estado del pozo, la limpieza de los filtros, entre otros.

2.2.2 Calidad de las aguas.

El agua que será empleado para el funcionamiento de las bombas manuales, de acuerdo a informes de la implementación de bombas manuales en la zona a través de Agua Sustentable el 2012, establece que la calidad es aceptable para consumo humano, presentando niveles físico químicos aceptables dentro de los parámetros de comparación a excepción de la presencia de sales en algunas zonas, razón por la cual se proyecta buscará el aprovechamiento de aguas subterráneas y no así aguas muy profundas.

Con relación al parámetro bacteriológico, los resultados presentan cierto nivel de contaminación por nitratos, que se puede atribuir al pastoreo de ganado camélido principalmente, por tal razón se deberá proteger las áreas donde se encuentren ubicadas las bombas manuales.

2.2.3 Estudios de suelos y Geotécnicos.

La morfología actual se debe principalmente a procesos endógenos, siendo el más importante el volcanismo, el cual ha modelado la superficie construyendo complejos volcánicos y planicies ignimbríticas.

Dentro de los procesos exógenos, la glaciación juega un papel importante como agente modelador del relieve ubicado por encima de los 4000 metros. Circos, artesas glaciales y valles colgados son las formas predominantes, evidenciándose en las partes más altas de los edificios volcánicos. Muchos circos glaciares alcanzan profundidades de hasta 500m, ejemplo como éste se encuentran en el volcán Sajama, Condoriri, Oke Okeni, y en la parte noroeste del Parinacota.

Producto de la intensa actividad glacial se pueden observar depósitos morrénicos laterales, de frente y de fondo los cuales son los más frecuentes, encontrándose en las partes más bajas de los volcanes.

Otros rasgos sobresalientes del área de estudio son observados al suroeste del volcán Sajama, los cuales corresponden a cuerpos dómicos y cúmulos de lava. El domo Chucacero se encuentra desmantelado por la intensa actividad glacial, en cambio los cúmulos de lava Huisalla y Khohuiri Tarakkollu, donde no se registran evidencias de la actividad glacial.

a) Paisaje

Los típicos paisajes que integran esta área de estudio son los conos volcánicos estratovolcanes, mesetas ignimbríticas, coladas, flujos de lava, geysers, etc.

El paisaje de relieve montañoso, volcánico se da en lavas Andesíticas –Dacíticas. El volcán Sajama (6542m.s.n.m.) que está ubicado en el centro del área fisiográficamente constituye un estratovolcán. Su cráter no es identificable debido a la cobertura de hielo y nieve permanente.

El volcán Payachatas, constituido por los dos volcanes Paricota (6132m.s.n.m.) y el Pomerape (6222m.s.n.m.) se halla ubicado al Oeste del área de estudio formando un límite natural con la república de Chile

Fisiográficamente constituye un estratovolcán y varias emisiones de lava, motivo por el cual el sector sud del volcán Pomerape y el norte del Parinacota, presentan una mezcla de coladas de lava dando lugar a la apariencia de un solo volcán.

Los volcanes Sajama y Payachatas dominan el paisaje de la región, en tanto que, localmente, resalta la Serranía de Huayllamarca. En ésta, los altos topográficos se presentan a manera de “hog bags” con alturas de hasta 4.200 m.s.n.m., mientras que las quebradas tienen alturas de hasta 3.780.

El paisaje es también producto del drenaje producido por la erosión fluvial, el drenaje en la cuenca es variado presentando diseños radiales centrífugos (laderas de volcanes), dendríticos (transición hacia valles intervolcánicos) y anastomosados (partes bajas de la cuenca). Un aspecto importante que se debe mencionar es que los ríos en los flancos de los volcanes son temporales/estacionarios y presentan discontinuidad/desaparición de drenaje, lo cual refleja que el agua se infiltra tanto en las fracturas de las rocas como en los sedimentos dando origen a aguas subsuperficiales y subterráneas.

b) Unidades geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas que se pueden observar en la Cuenca son:

- Erosión glacial
 - Circos y Valles colgados

Formas que ocurren en las partes altas de los volcanes y que evidencian erosión glacial en diferentes direcciones, épocas y con diferentes intensidades.

- Valles en U

Formas típicas que ocurren en las partes bajas de los volcanes y es asociada a la erosión glacial en cuyo fondo se forman humedales y/o lagunas.

- Morrenas

Estos depósitos glaciales se encuentran ubicados en las partes más bajas del volcán, diferenciándose tres tipos de morrenas: morrenas de fondo, laterales y frontales.

- Morrenas de Fondo

Se encuentran ocupando los pisos de los valles, están mejor desarrolladas en la parte Este de las quebradas Pahoconi y Jacha Khala, las cuales se encuentran bien conservadas debido a su fuerte compactación.

- Morrenas Laterales

Se encuentran ubicados en las laderas de todos los valles, caracterizándose por ser depósitos poco consolidados, conteniendo bloques de las diferentes unidades lávicas del volcán.

- Morrenas Frontales

Se encuentran mejor desarrolladas en la parte Este del volcán en las quebradas, sellando muchas veces los valles fluvioglaciares.

c) Geología

El área de estudio, que abarca la parte oeste del Volcán Sajama, este de los volcanes Pomerape y Parinacota (Payachatas) y la planicie intervolcánica entre ellos, está conformada por rocas ígneas efusivas (lavas), explosivas (piroclásticas), extrusivas (domos) e intrusivas (diques) del Cenozoico superior, edad miocena al reciente, y por algunos afloramientos de rocas precámbricas que constituyen el basamento cristalino de la región. También ocurren depósitos glaciales, eólicos aluviales y coluviales, en su mayoría de edad holocena.

La actividad volcánica está registrada desde el Mioceno superior hasta el Pleistoceno. Los eventos volcánicos del Neomioceno superior a Plioceno están representados por la caldera de Turaquiri y los volcanes Chullcani, Anallajchi, Asu Asuni, Oke Okeni, Huarmisilla y Chingurate caracterizados por presentar niveles de erosión profundos, mostrando amplias zonas de alteración hidrotermal propicias para una exploración de recursos minerales. Las unidades de edad pleistocena están representadas por los volcanes Sajama (Foto 1), Pomerape y Parinacota (Foto 2).



Foto 1. Volcán Sajama



Foto 2. Volcán Pomerape y Parinacota (Payachatas)

d) Litología

- Sistema Precámbrico

Las rocas de esta unidad son las más antiguas en el área de estudio, la más antigua se encuentra hacia el sur-este del volcán Chullcani, donde afloran rocas gneísicas de color gris a rojizo, con bandeamiento metamórfico. Según algunas dataciones Rb/Sr se registran una edad de 1859 +/- 200 Ma y correspondería al Proterozoico inferior, esto según Troeng et al., 1994. Autores como Aitcheson et al., 1995 indican que probablemente formaría parte del Macizo de Arequipa-Huarinina y su ocurrencia estaría asociada a la falla San Andrés que marca el límite entre la faja volcánica Occidental y la cuenca noraltiplánica.

● Sistema Cuaternario

○ Mioceno Superior – Plioceno

Este tipo de rocas pertenecen a un ambiente volcánico y epizonal subvolcánico y están asociadas a fases magmáticas de la evolución de los estratovolcanes de composición calcoalcalina. A continuación se hará una breve descripción de los materiales existentes en el área de estudio:

- Complejo Volcánico Chullcani: se encuentra al sur del volcán Sajama, en su base afloran depósitos piroclásticos correspondientes a la unidad de tobas Khalani considerada como la más antigua. De composición riolítica y coloración marrón rojiza.
- Tobas Khalani: descansan sobre este complejo volcánico Chullcani; consisten en una alternancia de flujos de lava de andesita basáltica, andesita y dacita. La edad radiométrica Ar/Ar de estas rocas que colindan con el cerro Uyarani es de 6.13 +/- 0.12 Ma, corresponden al Mioceno Superior.
- Tobas Turaquiri: consisten en riolitas de flujo con contenidos de cuarzo, feldespatos, biotita, pómez y litoclastos de lava y tobas, asociadas a la Caldera de Turaquiri. Estas tobas se encuentran en discordancia con las lavas Turaquiri que son de color gris blanquesino en superficie fresca y gris oscuro en superficie alterada, con una datación de 5.51 +/- 0.11 Ma. (JICA-SERGEOMIN,2000).

- Lavas Asu Asumi: se sobreponen a las lavas Turaquiri. Consisten en lavas andesíticas ricas en piroxeno en el miembro inferior y en el miembro superior ricos en hornblenda. La edad radiométrica K/Ar medida en cristales de hornblenda es de 4.1 +/- 1.2 Ma. (Mobarec y Murillo, 1996).
 - Ignimbrita – Formación Pérez: depósitos de tobas de flujo de composición riolítica de edad 2.815 +/- 0.005 Ma. (Marshall et al., 1992).
 - Lavas Wichukollu: se encuentran al sur del volcán Sajama y están asociadas al complejo volcánico Chullcani, de composición andesítica donde se sobreponen a las ignimbritas de la Formación Pérez. Edad radiométrica K/Ar es de 2.3 +/- 0.2 Ma. y corresponde al Plioceno superior.
 - Lavas Huarmisilla: se encuentran en el noreste del volcán Sajama, corresponden a lavas andesíticas y dacíticas las cuales descansan en forma disconforme sobre las ignimbritas de la formación Pérez.
 - Lavas Chinchircomani: Neopliocenas con una edad radiométrica K/Ar de 2.23 +/- 0.03 Ma. (JICA-SEGEOMIN, 2001) se encuentran disconformes a las ignimbritas Pérez y consisten en una secuencia lávica andesítica.
 - Lavas Oke Okeni y Quimsa Chatas: estas lavas se intercalan con secuencias piroclásticas conformando los estratovolcanes Oke Okeni y Quimsa Chata.
 - Lavas Condoriri: conforman el Complejo volcánico Condoriri del Mioceno superior. Se compone de tres edificios volcánicos principales que muestran altos niveles de erosión, donde se observan valles profundos disectados por la erosión glacial (Uribe, 2000).
- Pleistoceno
 - La actividad volcánica está representada por los volcanes Quisi Quisini, Sajama, Pomerape y Parinacota.
 - Lavas Quisi Quisini: se encuentran al suroeste del volcán Sajama, son secuencias volcánicas de composición andesítica a dacítica y se hallan dispuestas radialmente a partir del centro de efusión más conspicuo por donde cruza un lineamiento estructural de dirección NNW. La extensión superficial abarcan estas lavas son de 90 km².
 - Edificios Volcánicos de Parinacota y Pomerape: más conocidos como Payachatas, por su génesis y evolución magmática, se encuentran en la parte oeste de la región, marcan uno de los eventos de actividad volcánica más reciente. Las lavas Pomerape correspondientes a flujos de andesita tienen una edad radiométrica de 0.106 +/- 0.007 Ma. Sobreponiéndose al norte del volcán Pomerape se encuentran las lavas Parinacota, de composición andesítica, con edad radiométrica K/Ar de su secuencia lávica más joven de 0.012 +/- 0.015 Ma. (Worner, et al., 1988).

- Holoceno

Los depósitos sedimentarios cuaternarios se hallan distribuidos en una gran extensión, formando depósitos bien consolidados. En el área los depósitos glaciares pleistocenos a holocenos ubicados generalmente en las partes más bajas de los volcanes. El holoceno sedimentario aluvial y coluvial, compuesto por arenas de grano medio se encuentran en las partes más bajas de la región.

e) Estructuras

Según Galarza 2002, el área se encuentra controlada por lineamientos de dirección NNW, WSW y WNW. El principal lineamiento a escala regional, denominado Sajama y de dirección NNW, se extiende desde la parte Sur del Complejo -volcánico Chullcani, atravesando el volcán Sajama, prolongándose hacia el Norte hasta el estratovolcán Anallajchi.

Paralelo a este lineamiento, una segunda estructura, de menor extensión, se prolonga desde el sur, donde afloran cuerpos dómicos del complejo volcánico Chullcani hasta el sector Norte, interceptando al domo Pahokhoni y al cono parásito Huayna Potosí, ubicados al sureste y al noreste del volcán Sajama respectivamente.

La estructura de mayor importancia en la evolución y morfología actual del volcán Sajama tiene una dirección WSW, alineando a los cúmulos lava Kohuiri, Tarakkollu, Jachasilo, al domo Chucarero, al centro de efusión ubicado en la parte central del volcán y al cono Huayna Potosí. Otro lineamiento con dirección WNW se encuentra asociado al cúmulo lava Huisalla, domo Chucarero y al centro de efusión ubicado en la parte central.

Un análisis espacial de las estructuras regionales y sus características físicas, permite inferir que no existe una relación directa entre dichas estructuras y la ocurrencia de agua subterránea. Esta más bien se debería a la presencia de estructuras locales (diaclasas) en las rocas ígneas volcánicas.

f) Unidades Geológicas Descripción

Las unidades geológicas-volcánicas desarrolladas en el área de estudio son las siguientes:

- Tobas Sajama: conforman la parte basal del volcán, se encuentran mejor desarrolladas por la quebrada Aychuta. Estas oleadas piroclásticas se encuentran compuestas por ceniza volcánica no consolidada en un 80% y por clastos de roca de composición andesítica en un 20%.
- Lavas Aychuta: afloran en las partes más distales del edificio volcánico, sus afloramientos más representativos se encuentran en el sector oeste del volcán, estas lavas son de mayor extensión, presentando un bandeamiento. Estas lavas andesíticas son de textura porfídica.
- Lavas Ramarami: afloran hacia el noreste del domo Chucarero, el afloramiento de aproximadamente de medio km², presenta lavas en forma masiva con una aparente textura fluidal y de composición dacítica con textura porfídica de grano fino.
- Lavas Viscachani: se presentan de forma masiva, el espesor de estas tobas es variable llegando a un máximo de 2m., son de composición andesítica y de textura porfídica de grano fino.
- Lavas Jaillahuani: están expuestos en la parte noreste del volcán Sajama, se encuentran suprayaciendo a las lavas Viscachani e infrayaciendo a las lavas Huayna Potosí. Son lavas de composición andesítica y de textura porfídica de grano medio.
- Lavas Huayna Potosí: se ubican en el cerro Huayna Potosí y están asociados a un cono parásito. Se disponen en dirección radial, descansan sobre las lavas Jaillahuani y exhiben una estructura bandeada.
- Lavas Jincho Asjata: afloran en la parte noroeste del volcán Sajama, aproximadamente tiene 4 km² de extensión. Presentan un bandeamiento fluidal y es de composición andesítica y textura porfídica.
- Lavas Tara Kkollu: afloran en la parte SSW el Sajama, estas lavas son masivas de grano grueso y composición andesítica y textura porfídica.

- Lavas del Domo Chucarero: afloran en la parte sudoeste del volcán Sajama, conforman un domo que ha sido extraído a través de las lavas Aychuta y las lavas Ramarami. Actualmente este domo se encuentra desmantelado, producto de la actividad glacial, tienen una composición andesítica y una textura porfídica.
- Lavas Sayara: se ubica en la parte central del volcán subyaciendo a las lavas Huaytaña, sobreyaciendo a las lavas Aychuta. Se diferencian dos miembros. El primero se caracteriza por ser bandeado, entre delgados flujos lávicos de color gris oscuro y se intercalan con lavas de color marrón claro a oscuro que es el segundo miembro.
- Lavas Huaytaña: aflora en la parte central del Sajama, abarca una extensión aproximadamente de 16 km², están asociadas al conducto central, dispuesta en forma divergente a partir del mismo, estas rocas de com posición dacítica y textura porfídica de grano grueso.
- Lavas Huisalla: afloran en el sector este de la población Sajama, son coladas de lava masiva que no han sido afectas por la glaciación, razón por la cual conservan su forma original.
- Lavas Cielo Loma: se encuentran en el monte cielo Loma al sudoeste del Sajama, se extiende cubriendo una superficie aproximada de 1.5 km² y se caracteriza por ser masivas de textura porfídica de grano medio y composición dacítica.
- Tobas Jacha Khala: ubicados al sureste del volcán y se caracteriza por presentar depósitos de piroclastos de caída.
- Lavas Colquen Wilkhi: afloran en la parte sureste del volcán Sajama, alcanzan 6km² aproximadamente, presenta una composición andesítica de textura porfídica que ocasionalmente se intercalan con flujos de barro.
- Lavas Kkota Kkotani: afloran al noreste en la parte más distal del volcán Sajama, presentan un aspecto escoráceo donde se advierten pequeñas vesículas, su composición es andesítica y de textura porfídica.

g) Caracterización geológica

La cuenca de estudio, geológicamente pertenece a la Provincia morfoestructural del Altiplano, y forma parte de la Cordillera volcánica de los Andes Centrales (CVC) y se ubica por debajo del paralelo 18° de latitud sud, zona de mayor deformación del codo de Arica u Oroclino Boliviano.

La formación de la cuenca está íntimamente relacionada a la subducción de la Placa Oceánica de Nazca, por debajo de la Placa Continental, donde la placa de Nazca se sumerge por debajo en forma ortogonal a la Plaza Sudamericana, con un ángulo de 30°. El espesor de la corteza para este sector está calculado aproximadamente entre 70 y 74 km (Zappettini, 2001).

En esta zona de estudio se observan diferentes estructuras, una paralela a la falla de San Andrés la cual atraviesa por la parte central del volcán Sajama. Esta estructura conocida como Lineamiento Sajama, se intercepta en la parte central del volcán con otros dos lineamientos ENE y NNW.

El estrés extensional en el pasado promovió el ascenso del magma a través de la corteza, comúnmente proveídos de conductos o zonas de debilidad originando los volcanes que se emplazan en la zona.

La configuración geológica de la Cuenca responde a la actividad volcánica de edad cuaternario que formó edificios estrato-volcánicos que fueron erosionados por actividad glacial en el pasado y

eólica en el presente, dando origen a coladas de lava fraturadas y erosionadas al pie de los volcanes y a la sedimentación de arenas y limos en los valles intervolcánicos, cuyos espesores pueden variar de unos pocos metros hasta más de 60 metros.

Las características físicas de las diferentes litologías existentes en la cuenca, como su porosidad primaria y secundaria, permiten inferir la existencia de acuíferos libres someros en rocas volcánicas fracturadas y en sedimentos no consolidados a diferentes profundidades.

3.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

3.1.1 Descripción de alternativas

Se plantearon 2 alternativas:

- Alternativa 1: Construcción de un sistema de agua potable con Obra de toma y línea de aducción de más de 15Km para servir a 80 familias dispersas,
- Alternativa 2: Implementación de bombas manuales para dar la mayor cobertura posible.

Tras el análisis correspondiente la alternativa 1 se considero demasiado costoso volviendo el proyecto no factible por lo que se decidió optar por la alternativa 2, toda vez de que se atendería una mayor cobertura y por los bajos costos de mantenimiento

Debido a estos factores podemos señalar que la presente propuesta se basa en el aprovechamiento de las aguas subterráneas como fuente para la dotación de agua a las familias dentro del área de influencia del plan de manejo integral de la cuenca. Asimismo en los siguientes acápite desarrollaremos algunas de las etapas principales para la implementación de las bombas manuales para la dotación de agua potable.

3.2 EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA

La alternativa seleccionada llega a ser la más viable ya que debido a que las fuentes de agua se encuentran a grandes distancias a las comunidades, asimismo hace que se priorice esta opción como única ya que los hogares (Sayañas) se encuentran alejadas y hace inviable la instalación de un sistema de agua potable a través de una red.

3.3 ALTERNATIVA ELEGIDA

Podemos indicar que la solución propuesta se ajusta al marco general para el proyecto. Para el presente estudio, adoptamos un grado de cobertura total en el horizonte a lo que se refiere el área a edificar por el proyecto.

3.4 ASPECTOS LEGALES

La fuente y el espacio para construir este proyecto se encuentran dentro los limites de Distrito Puerto Carmen, por tal razón se garantiza su ejecución en las diferentes etapas del proyecto.

4.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1.1 Elección de fuente de agua

La dotación está garantizada por la fuente de aguas subterráneas naturales cuyo nivel oscila entre los 1 metro a 4 metros por debajo del terreno. El caudal de diseño se asume como el mismo utilizado para el monitoreo de aguas subterráneas el cual varía entre 5 a 10l/s a una profundidad promedio de 6 metros.

La ubicación final de los pozos será realizado en ocasión de la construcción de los mismos mediante la participación conjunta de comunarios así como de los técnicos hidrogeólogos a contratar.

4.1.2 Aspecto legal de la fuente

Actualmente las comunidades involucradas en el Proyecto, a la cabeza del Comité de Agua Potable y Saneamiento, manifestaron la tenencia legal de los terrenos y la conformidad de uso del mismo en actas.

4.2 MEMORIA DE CÁLCULO

4.2.1 Parámetros básicos de diseño

Los parámetros básicos de diseño son:

Datos de la Población		
Po =	400	[hab]
icp =	2.25%	[%]
t =	20	[años]
Datos de la Dotacion		
Do =	50	[l/(hab.d)]
icd =	0.50%	[%]
Datos p/Cálculo de Caudales		
k1 =	1.2	[]
k2 =	2	[]

Utilizando las siguientes formulas:

DOTACION FUTURA

$$D_f = D_0 * (1 + icp)^t$$

CAUDALES DE DISEÑO

$$Q_{med} = \frac{P_f * D_f}{86400}$$

$$Q_{max-d} = K1 * Q_{med}$$

$$Q_{max-h} = K1 * K2 * Q_{med}$$

Tenemos:

AÑOS	Población Pf prom [hab]	Dotación Df [l/(hab.d)]	Q med [l/s]	Q max-d [l/s]	Q max-h [l/s]
0	400	50	0.231	0.278	0.556
1	409	50	0.238	0.285	0.571
2	418	51	0.244	0.293	0.587
3	427	51	0.251	0.301	0.602
4	437	51	0.258	0.309	0.619
5	446	51	0.265	0.318	0.635
6	456	52	0.272	0.326	0.652
7	465	52	0.279	0.335	0.669
8	475	52	0.286	0.343	0.687
9	485	52	0.293	0.352	0.704
10	495	53	0.301	0.361	0.722
11	505	53	0.309	0.370	0.741
12	515	53	0.317	0.380	0.760
13	526	53	0.325	0.389	0.779
14	536	54	0.333	0.399	0.798
15	547	54	0.341	0.409	0.818
16	558	54	0.349	0.419	0.839
17	568	54	0.358	0.430	0.859
18	580	55	0.367	0.440	0.880
19	591	55	0.376	0.451	0.902
20	602	55.2	0.385	0.462	0.924

De donde queda garantizada la dotación puesto que el valor medido en terreno es 5 veces más que el necesitado de cálculo.

4.2.2 Cálculo Hidráulico

No corresponde el cálculo hidráulico pues las bombas manuales brindan caudales entre 5 y 10l/s

4.3 CÓMPUTOS MÉTRICOS

Los cómputos métricos se encuentran detallados en planos y planilla Excel anexo

4.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Ver Anexo 5

4.5 PRESUPUESTO DE OBRAS Y ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO

El monto total del proyecto asciende a 499,917.73 Bolivianos con el siguiente detalle

N º	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	INSTALACION DE FAENAS	glb	1.00	10,788.58	10,788.58
2	REPLANTEO Y CONTROL	m	1.00	0.35	0.35
3	POZO H=10M D=1.0M CON BOMBA YAKU	pza	80.00	6,114.11	489,128.80
	Total presupuesto:				499,917.73
	Son: Cuatrocientos Noventa y Nueve Mil Novecientos Diecisiete con 73/100 Bolivianos				

Los siguientes cuadros muestran estos montos por componente y la estructura financiera:

MONTO EN BS DE COMPONENTES DEL PROYECTO

INFRAESTRUCTURA:	Bs		499,917.73
SUPERVISION	Bs	3%	14,997.53
AT (ASISTENCIA TECNICA Y DESCOM)	Bs		0.00
TOTAL PROYECTO	Bs		514,915.26

ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO

FINANCIADOR	Bs	80%	411,932.21
CONTRAPARTE MUNICIPAL	Bs	15%	77,237.29
CONTRAPARTE GOBERNACION	Bs	5%	25,745.76
TOTAL PROYECTO	Bs		514,915.26

4.6 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRAS

Ver anexo 8

4.7 CRONOGRAMA FÍSICO FINANCIERO

Ver anexo 8

4.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación se describen las especificaciones técnicas para los principales ítems.

4.8.1 Instalación de faenas.

Definición

Este ítem comprende la construcción de instalaciones mínimas provisionales que sean necesarias para el buen desarrollo de las actividades de la construcción.

Estas instalaciones estarán constituidas por una oficina de obra, galpones para depósitos, caseta para el cuidador, sanitarios y cercos de protección, instalación de agua, electricidad y otros servicios. Asimismo comprende el traslado oportuno de todas las herramientas, maquinarias y equipo para la adecuada y correcta ejecución de las obras y su retiro cuando ya no sean necesarios.

Comprende también la fabricación y colocado del letrero de obras en un lugar visible definido por el Supervisor de Obras de acuerdo al formato establecido por el ente financiador.

Materiales, herramientas y equipo

El Contratista deberá proporcionar todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para las construcciones auxiliares, los mismos que deberán ser aprobados previamente por el Supervisor de Obra. En ningún momento estos materiales serán utilizados en las obras principales.

Procedimiento para la ejecución

Antes de iniciar los trabajos de instalación de faenas, El Contratista solicitará al Supervisor de Obra la autorización y ubicación respectiva, así como la aprobación del diseño propuesto.

El Supervisor de Obra tendrá cuidado que la superficie de las construcciones esté de acuerdo con lo presupuestado.

El Contratista dispondrá de serenos en número suficiente para el cuidado del material y equipo que permanecerán bajo su total responsabilidad. En la oficina de obra, se mantendrá en forma permanente el Libro de Ordenes respectivo y un juego de planos para uso del Contratista y del Supervisor de Obra. Al concluir la obra, las construcciones provisionales contempladas en este ítem, deberán retirarse, limpiándose completamente las áreas ocupadas.

Medición Y Forma de pago

La instalación de faenas será medida en forma global, considerando únicamente la superficie construida de los ambientes mencionados y en concordancia con lo establecido en el formulario de presentación de propuestas.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con las presentes especificaciones, medido de acuerdo a lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada.

Dicho precio será compensación total por todos los materiales mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

4.8.2 Replanteo y control

Definición

Este ítem comprende todos los trabajos necesarios para la ubicación de las áreas destinadas a albergar los pozos así como la reubicación y replanteo de los mismos para localizar el mejor lugar con nivel freático adecuado de acuerdo a la hidrogeología y geología local y dar comienzo con las excavaciones de acuerdo a los planos de construcción y/o indicaciones del Supervisor de Obra.

Asimismo comprende el replanteo de obra de toma, obras de arte, y otros.

Materiales, herramientas y equipo

El Contratista suministrará todos los materiales herramientas y equipo necesarios para ejecutar el replanteo y trazado de las edificaciones y de otras obras, que mínimamente deberá contar con un GPS, Auger o barreno de perforación y sondas medidoras de nivel

Procedimiento para la ejecución

El Contratista solicitará al Supervisor de Obra, la autorización correspondiente con cinco (5) días de anticipación. Para efectuar el replanteo de las obras. Este replanteo no podrá exceder de un circuito por cuadrilla de trabajadores.

El Contratista será responsable de la corrección y exactitud de la topografía del replanteo de las OBRAS con relación a los puntos originales, líneas y niveles de referencia establecidos y dados por escritos por el Supervisor de Obra, y de la exactitud de las posiciones, niveles, dimensiones y alineamientos de todas las partes de las OBRAS, así como de la provisión de todos los instrumentos y herramientas, estando a cargo de la empresa Contratista el suministro de mano de obra (ayudante-alarife), de acuerdo al tiempo estipulado en el precio unitario.

Si durante la ejecución de las OBRAS aparecieran errores de posición, nivel, dimensión o alineamiento en cualquier parte de las OBRAS, El Contratista, bajo simple requerimiento del Supervisor de Obra, rectificará a su propio costo, dichos errores, a entera satisfacción del Supervisor de Obra, a menos que dichos errores provengan de una información incorrecta, proporcionada por el Supervisor de Obra, caso en que El Contratista no será económicamente responsable de la corrección respectiva.

La verificación de cualquier replanteo o de cualquier línea o nivel efectuado por el Supervisor de Obra, no relevará en ningún caso al Contratista de su responsabilidad sobre la exactitud de los mismos y El Contratista velará por la preservación de todas las estacas o marcas utilizadas en el replanteo.

El Contratista dará al Supervisor de Obra todas las facilidades para efectuar la verificación del replanteo de las OBRAS. El Contratista será el único responsable del cuidado y reposición de las estacas y marcas requeridas para la medición de los volúmenes de obra ejecutada. El trazado deberá recibir aprobación escrita del Supervisor de Obra, antes de proceder con los trabajos siguientes.

Medición y Forma de pago

El replanteo de las obras no será objeto de ninguna medición en particular, pero se verificará la existencia de todos los puntos, ejes auxiliares necesarios, estacas, etc.

Los trabajos consignados en este ítem serán cancelados de acuerdo con el monto y la unidad de medida consignada en el contrato de trabajo. Este trabajo estará íntegramente a cargo de El Contratista.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos y las presentes especificaciones, medido de acuerdo a lo señalado aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada.

Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

4.8.3 Pozo H=10m D=1.0m con bomba yaku

Definición de la actividad

Este ítem se refiere a la perforación y desarrollo de pozos de producción de agua, provision e instalación de la bomba manual y obras complementarias de acuerdo con los planos de detalle, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del SUPERVISOR.

Los trabajos que deben ser ejecutados por el CONTRATISTA, sin ser limitativos, son los que se detallan a continuación:

- Movilización y desmovilización del personal, materiales y equipo.
- Perforación del pozo
- Ensanche del pozo piloto.
- Provisión e instalación de de la bomba manual.
- Provisión, preparación e instalación del filtro artificial de grava o empaque de grava.
- Lavado preliminar del pozo.
- Limpieza y desarrollo del pozo.
- Provisión, instalación y remoción del equipo de bombeo.
- Desarrollo por bombeo y aforo del pozo.
- Prueba de bombeo del pozo.
- Prueba de alineación y verticalidad del pozo.
- Sello sanitario o cementación.
- Base de concreto.
- Cuidado del pozo durante la obra
- Garantías
- Registros y documentos de la perforación

Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo

El CONTRATISTA debe suministrar y emplear personal calificado y con la experiencia respectiva en la construcción de pozos, así como también los materiales, herramientas y equipo de perforación. Asimismo, la provisión del agua y otros materiales secundarios no especificados y necesarios para la perforación deben ser proporcionados por el CONTRATISTA.

Los materiales y suministros en general deben ser certificados por alguna entidad correspondiente del fabricante, que verifique la calidad exigida de acuerdo a la normativa vigente en la medida en que se introduzca en el país la obligatoriedad de la certificación de calidad, todos los materiales que se utilice deberán contar con su correspondiente certificado.

Procedimiento para la ejecución

La localización de los pozos a construir debe corresponder a lo indicado en los planos.

La perforación de los pozos se efectuará de acuerdo a la localización establecida en los planos y/o instrucciones del SUPERVISOR.

El CONTRATISTA debe solicitar obligatoriamente a la Entidad Contratante, a través del SUPERVISOR, toda la información necesaria, antes de iniciar los trabajos correspondientes.

El CONTRATISTA debe ejecutar la perforación del pozo, utilizando las técnicas necesarias requeridas en este tipo de trabajo y de acuerdo a lo señalado en los planos, en especial referente a materiales, diámetros y profundidades de los pozos.

Etapas para la perforación de pozos

[1] Movilización y desmovilización del personal, materiales y equipo.

La movilización y desmovilización comprende el transporte de los materiales, personal, herramientas, equipos, el ensamblaje de los mismos equipos y otros que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos correspondientes, hasta y desde el lugar de perforación de los pozos.

Incluye la limpieza del lugar de la obra y su restauración a su condición inicial, una vez concluidos todos los trabajos de perforación de los pozos.

[3] Perforación del pozo piloto

La perforación del pozo piloto se debe efectuar con un trépano no menor de 6 pulgadas, ni mayor a 8 pulgadas y la profundidad definitiva será establecida y autorizada por el SUPERVISOR.

El lodo a emplearse en la perforación debe ser bentonítico, reuniendo todas las características de densidad, viscosidad y contenido de arena, de acuerdo a las especificaciones de la AWWA, a fin de garantizar la seguridad de los trabajos.

Las características del lodo de perforación deben ser controladas durante todo el proceso de perforación del pozo piloto y ensanche del mismo.

La toma de las muestras se realizará cada metro de profundidad y las muestras deben ser depositadas en cajones de muestreo. Su obtención se efectuará considerando las velocidades de retorno del lodo en el agujero.

Las muestras deben tener aproximadamente un kilogramo, clasificando cuidadosamente de acuerdo con su orden de extracción, profundidad y además de datos adicionales que faciliten su identificación. Estas muestras deben ser colocadas en bolsitas de polietileno.

De los acuíferos a ser explotados se tomarán muestras de por lo menos un kilogramo para un mejor control de las mezclas del empaque de grava, previo análisis granulométrico de las muestras más finas.

Se deben llevar los siguientes registros diarios:

- Descripción detallada de los estratos atravesados.
- Perfil litológico del pozo.
- Profundidades de perforación.
- Velocidad de perforación.

- Características del lodo bentonítico.
- Curva granulométrica (una vez concluido el pozo piloto), que servirá de base para el diseño definitivo del pozo.

Las muestras litológicas, informes diarios que hubiesen sufrido alguna alteración al ser verificados por el SUPERVISOR, el CONTRATANTE puede rechazar la totalidad de los trabajos efectuados por el CONTRATISTA.

Si como consecuencia de la mala información se realizara un diseño defectuoso que condujera los trabajos a un fracaso o resultados inaceptables para los intereses del CONTRATANTE, opcionalmente el CONTRATANTE tendrá derecho de rescindir el contrato por incumplimiento a las especificaciones.

[5] Ensanche del pozo piloto

El CONTRATISTA ensanchará el pozo piloto hasta un diámetro tal que asegure su espesor de empaque de grava entre 10 a 20 centímetros y una profundidad equivalente al diseño del pozo con un número adicional conveniente que podría ser del 10% aproximadamente.

Las características del lodo de perforación deben ser similares a las utilizadas en la perforación del pozo piloto.

El costo de cualquier variación de la profundidad del ensanche será efectuado en base al precio unitario del contrato.

Durante la perforación deben medirse y registrarse las pérdidas del fluido hacia el o los acuíferos y las profundidades donde esto ocurra y otras particularidades semejantes que se presenten.

El CONTRATISTA no iniciará las operaciones de ensanche hasta que tenga en el lugar de la obra todo el equipo y herramienta necesaria para la ejecución del indicado trabajo.

[6] Provisión e instalación de la bomba manual y tuberías.

La bomba debe contar con el Certificado de Buena Calidad otorgado por el fabricante. Las bombas deben ser instaladas ajustándose estrictamente a las especificaciones del fabricante.

La bomba debe instalarse en el sitio indicado en los planos, siendo asegurada firmemente mediante pernos de anclaje a los elementos estructurales, de acuerdo a planos de detalle.

Durante la instalación de la bomba el CONTRATISTA debe verificar la verticalidad del eje de cada unidad de bombeo. El CONTRATISTA debe verificar las dimensiones y funcionamiento de las válvulas, accesorios, piezas especiales y otros de forma que el trabajo de plomería pueda ser realizado sin inconvenientes y en forma correcta.

Todos los elementos de anclaje deben recibir dos capas de pintura anticorrosiva.

El CONTRATISTA debe entregar el certificado de calidad y manuales de operación que otorga el fabricante, al comité de agua de la zona de proyecto; para cada bomba instalada.

El CONTRATISTA, al concluir la instalación de las bombas manuales debe efectuar las pruebas correspondientes, requisito sin el cual los trabajos no serán considerados concluidos.

No se deben admitir soluciones impropias o irregularidades en las instalaciones. Todo cambio de dirección o derivación debe ser efectuado utilizando piezas especiales que se ajusten a los requerimientos de la instalación. Todo cambio debe ser previamente probado y apuntado por el SUPERVISOR.

El CONTRATISTA suministrará la tubería de revestimiento y filtros especialmente para pozos de agua, de acuerdo a las especificaciones de la Standard Specifications of ASTM u otras especificaciones vigentes (AWWA, API).

El CONTRATISTA debe adjuntar las características de composición química y resistencias estructurales del tipo de tubería y filtros propuestos, tomando en cuenta que el índice de Langueir del agua subterránea es de 0.5 y la conductividad eléctrica podrá estar en el orden de 500 y 1100 micrómetros en 25 grados centígrados.

Además debe indicarse las siguientes especificaciones de la tubería de revestimiento y los filtros:

TUBERÍA DE REVESTIMIENTO

- Descripción Unidad
- Diámetro Pulgadas
- Espesor Milímetros
- Longitud Metros/pieza
- Tipo de unión

FILTROS (REJILLA)

- Diámetro Pulgadas
- Espesor Milímetros
- Abertura pulgadas
- Longitud metros cada pieza
- Tipo de filtros de ranura continua
- Área de abertura/metro lineal centímetro cuadrado
- Tipo de unión

La última parte de la perforación consiste en instalar la bomba de agua, que es el dispositivo que permite la extracción del agua subterránea del acuífero.

Estas bombas de agua pueden suministrar un caudal hasta de 20 litros por minuto, tiene la capacidad de bombear el agua unos 30 metros de altura y por distancias hasta de 300 metros lineales. Se debe anotar que el caudal de agua producido por el pozo dependerá de las características hidrogeológicas del acuífero.

La longitud de la bomba depende de la ubicación del nivel estático y de la profundidad del pozo, teniendo una longitud de 20 a 50 cm menor que la camisa o encamisado del pozo. Una forma sencilla de detectar el nivel estático para este fin, es introduciendo una manguera hasta el fondo del pozo entubado y observar la profundidad de la parte que aparece mojada.

a) Cabezal

El cabezal es la parte externa de la bomba, tiene una longitud que puede variar entre 65 y 74 cm y un peso aproximado de 8 Kg. Está compuesto por la manija en T, la descarga, y el cilindro o cuerpo, los cuales serán descritos a continuación:

La manija en T es el agarrador externo, para bombear el agua el operador debe sujetar esta manija y realizar movimientos ascendentes y descendentes.

La descarga es el orificio de salida del agua, se localiza en la parte inferior de la manija en T.

El cilindro o cuerpo es un tubo que tiene una rosca en el extremo superior donde se conecta con la descarga.

b) Conjunto inferior de la bomba

Las bombas de agua son construidas con politubos flexibles, el conjunto inferior de la bomba es la parte que se encuentre en el interior del pozo. Está conformado por el cilindro o cuerpo, el pistón, la válvula de pie del pistón, la válvula de pie del cilindro y el filtro.

A continuación serán descritas cada una de las partes de la bomba de agua:

El cilindro o cuerpo es un tubo de PVC de 1" de diámetro o mayor, que contiene al pistón. En su parte superior está conectado a un adaptador macho de PVC de 1" y a un buje reducción galvanizado de 1" a ¾" o mayor.

Pistón es un tubo PVC de ½" de diámetro y va unido al cabezal de la bomba mediante una unión de ½".

Válvula PVC de pie de pistón se ubica en la parte inferior del pistón y va dentro del cuerpo o cilindro. Su movimiento permite el paso del agua del cuerpo o cilindro al pistón. Está conformada por un buje reducción para asegurar la varilla pasador de PVC, un niple de PVC de

½", una unión rosca PVC de ½", una empaquetadura de cuero o sellos y una unión PVC de ½", cortada.

Válvula del cuerpo o cilindro se localiza en el cuerpo o cilindro de la bomba, por debajo de la válvula PVC de pie de pistón.

Está fija y permite el paso del agua del pozo al cuerpo o cilindro en un solo sentido.

El filtro está ubicado en el extremo inferior de la bomba, se une a la válvula del cuerpo por un buje de reducción PVC de 1" a ¾". Tiene una longitud de 25 centímetros y un diámetro de ¾".

c) Montaje de la bomba de agua

El montaje se realiza en el interior del pozo, de acuerdo a los siguientes pasos:

Inicialmente se une la válvula de pie de pistón al pistón y la válvula de pie de cilindro al cilindro. Se introduce el cilindro o cuerpo (tubo de 1") dentro del pozo, adicionando y uniendo los tubos hasta alcanzar la profundidad deseada que debe ser 20 a 50 centímetros menor que la longitud del pozo.

Se corta el tubo sobrante y se pega un adaptador macho de 1", asegurándolo, con una unión galvanizada de

1" a ¾", a la base del pozo en el niple de dos pulgadas.

Posteriormente se introduce dentro del cilindro el pistón (tubo de ½") uniendo los tubos necesarios hasta alcanzar la profundidad deseada (30 o 40 centímetros menor que la profundidad del cilindro).

Se corta el tubo (de ½") sobrante y se instala la manija o agarrador en T (cabezal).

[7] Provisión, preparación e instalación del filtro artificial de grava o empaque de grava

Previo inicio del proceso de instalación de filtros y tubería de revestimiento, se debe repasar la perforación del pozo ensanchado, a fin de eliminar cualquier deformación que se pudiese producir durante el proceso del ensanchado.

El extremo superior de la tubería de revestimiento debe quedar a 50cm como mínimo de la superficie general del terreno y a no menos de un metro cuando los terrenos sean inundadizos

En la sarta de la tubería y filtros se soldarán centralizadores separados 120 grados entre sí y con una distancia de 15 a 20 metros entre juego y juego. Los centralizadores serán de tal naturaleza que no impidan la colocación del empaque de grava.

La unión entre pieza y pieza de tubería y filtros debe ser adecuadamente ejecutada e instalada en el pozo. Si la unión fuera soldada, el procedimiento a seguir deberá ajustarse a las prácticas de la A.W.S.

La unión de dos tramos de tubería de diferentes diámetros se debe efectuar por medio de un cono de acero, formado por el material de la misma tubería y el cual deberá quedar soldado de acuerdo a las prácticas de la A.W.S. El sumidero deberá terminar en cono y la longitud se determinará en cada caso particular.

Bajo ningún concepto el entubado apoyará en el fondo del agujero. Una grampa de soporte apoyará en superficie, manteniendo al entubamiento colgado libremente en el agujero.

En la parte superior de la tubería de revestimiento se deberá colocar un pequeño tubo de dos pulgadas de diámetro y de una longitud de siete pulgadas con su respectivo tapón. Este tubo deberá formar un ángulo de 30 grados con la tubería

[8] Lavado preliminar del pozo

Este trabajo consiste en desalojar del interior del pozo y de los filtros, la máxima cantidad de lodo bentonítico utilizado durante el proceso de perforación, para cuyo objetivo se inyectará agua al pozo por medio de la bomba de lodo y de la tubería de perforación.

El CONTRATISTA debe disponer de la cantidad de agua necesaria para efectuar la inyección en forma continua e interrumpida.

Al efectuar la circulación del agua a través de la tubería de perforación, ésta debe descender hasta la profundidad total del pozo. A medida que vaya brotando agua limpia por el brocal a boca de pozo, se irá recogiendo lentamente la tubería de perforación hasta llegar al brocal.

La operación del lavado preliminar debe continuar hasta que por la boca del pozo brote agua completamente limpia, libre de sólidos y coloides en suspensión o hasta que no salga agua porque los acuíferos la absorben.

[9] Limpieza y desarrollo del pozo

El trabajo consiste en producir una agitación mecánica en el interior del pozo, filtros y formaciones circundantes, así como la limpieza del pozo extrayendo del mismo todos los sedimentos depositados durante las operaciones de perforación.

La agitación mecánica podrá producirse siguiendo cualquiera de los siguientes métodos: pistoneo, aire comprimido o chorro de agua a alta velocidad.

[10] Provisión, instalación y remoción del equipo de bombeo

La bomba y el motor tendrán la capacidad necesaria para descargar no menos de 125 % del caudal de producción normal del pozo.

La descarga de la bomba será controlada desde 1/3 a 2/3 del caudal de producción.

Todo el equipo deberá ser capaz de operar por períodos de 24 horas de operación continua.

El CONTRATISTA dispondrá de una sonda eléctrica para la medición de los niveles.

Para la medición de los caudales se empleará el método orificio circular y se instalará una válvula de control en la bomba para permitir la regulación de los gastos, admitiéndose una variación de 5 % del gasto promedio.

El SUPERVISOR debe aprobar el equipo y la instalación del aparato de medida, el cual deberá estar precalibrado.

[11] Desarrollo por bombeo y aforo del pozo

Para aumentar la porosidad y permeabilidad del empaque y de las formaciones acuíferas circunvecinas del pozo, se deberá realizar el desarrollo por bombeo. Para el efecto se puede emplear una bomba tipo turbina de 6 pulgadas de diámetro y un motor de combustión interna de 50 HP, con un gasto mínimo de 35 [lt/seg] contra una carga dinámica de 45 metros (50% mayor al caudal del pozo proyectado) para pozos de 8 pulgadas de diámetro.

Se procederá al bombeo del pozo partiendo de un caudal mínimo, el cual debe irse incrementando en la medida que vayan disminuyendo los sólidos en suspensión en el agua bombeada, hasta lograr el caudal máximo, el cual deberá ser bombeado libre de sólidos en suspensión.

Alcanzado el gasto máximo de bombeo durante el desarrollo del pozo y estando bombeando agua limpia completamente libre de sólidos en suspensión, previa autorización del SUPERVISOR se

procederá a efectuar el aforo del pozo, siempre y cuando se hubieran trabajado un mínimo de 50 horas en el desarrollo.

El aforo debe durar 24 horas y consistirá la operación en mantener en el mismo escalón de velocidad el equipo de bombeo durante el tiempo necesario para que se estabilice el nivel dinámico correspondiente. Se irá disminuyendo la velocidad en cada escalón, de tal manera que se obtenga un gasto 30 % menor que el gasto anterior. En cada una de las operaciones se registrará el caudal y el nivel dinámico estabilizado, obteniéndose con el nivel estático también registrado la gráfica: Gastos- Abatimiento.

El CONTRATISTA deberá entregar diariamente al SUPERVISOR informes de trabajos de desarrollo y aforo en formularios que para el efecto debe elaborarse.

Una vez construida la gráfica de la curva de aforo, el SUPERVISOR dictaminará si el aforo fue correctamente ejecutado y en caso contrario, el CONTRATISTA estará obligado a repetirlo con instrumentos correctos cuantas veces sea necesario.

El CONTRATISTA no deberá retirar el equipo de bombeo del pozo, sin que antes el SUPERVISOR de Obra apruebe el aforo y dé su consentimiento para el retiro del equipo.

[12] Prueba de bombeo del pozo

Durante la prueba de bombeo la descarga se medirá mediante el sistema de orificio circular o cualquier otro método debidamente aprobado por el SUPERVISOR.

Cuando los niveles de bombeo sean medidos en el mismo pozo de bombeo, se deberá instalar una cañería de 1 1/2 pulgada de diámetro y hasta una profundidad que llegue por encima del cuerpo de la bomba, a fin de evitar la turbulencia del agua por la acción del funcionamiento de la bomba.

Se deberá realizar las mediciones de los niveles de bombeo a intervalos apropiados, con el propósito de obtener curvas de depresión o recuperación bien definidas.

En el caso de que una prueba de bombeo fallara, la misma deberá repetirse después de conseguir una recuperación completa del nivel del agua por un tiempo mínimo igual al que fue sometido el pozo a bombeo.

[13] Prueba de alineación y verticalidad del pozo

La verticalidad del pozo será comprobada hasta la profundidad de 50 metros (profundidad de colocación de la bomba) por el método de bajar en el pozo una cañería de 40 pies de longitud con un diámetro exterior de 0.5 pulgadas por debajo del diámetro de la tubería de revestimiento a comprobar (ocho pulgadas). Si fallara el movimiento libre de la cañería en la comprobación, la alineación y verticalidad del pozo deberá corregirse. Este trabajo de corrección deberá efectuarlo el CONTRATISTA a su propio costo.

Si el CONTRATISTA dispusiera de otro equipo para la prueba de verticalidad, éstos deben ser incluidos en la descripción del trabajo.

[15] Sello sanitario o cementación

Las dos etapas que comprenden la colocación del sello sanitario o cementación son: la mezcla de los materiales y el método de instalación.

La lechada de cemento deberá obtenerse mezclando una bolsa de cemento por cada 23 litros de agua limpia. El CONTRATISTA inyectará la lechada de cemento en el espacio anular comprendido entre las paredes de las formaciones perforadas y el ademe del pozo, lo cual se hará utilizando una bomba que abastecida en forma continua e ininterrumpida se evite totalmente las inclusiones de aire. Se inyectará la lechada de cemento por medio de una tubería de diámetro adecuado que se hará descender hasta el nivel inferior en la zona que será cementada. Este nivel estará consignado en el diseño del pozo que deberá entregar el SUPERVISOR.

En la descripción del trabajo debe indicarse la forma en que se cuidará la separación entre el empaque de grava y el sello sanitario o cementado.

La lechada deberá ser preparada en el mismo sitio de los trabajos del pozo, a medida que se vaya inyectando, con el objeto de que no ocurra un fraguado prematuro que sería perjudicial para los fines perseguidos con la cementación.

Una vez terminada la cementación se deberá suspender todos los trabajos en el pozo durante tres días con el objeto de permitir el fraguado del cementante.

[16] Base de concreto

La construcción del bloque de concreto se efectuará después de que la columna de la tubería del ademe quede bien asegurada en su parte superior y rígidamente alineada dentro la verticalidad del pozo.

Las dimensiones y dosificación del concreto para la construcción del bloque serán: 60x60cm y 1:2:3 respectivamente. Este bloque deberá encontrarse a 60cm de altura por encima de la superficie del terreno, altura a la cual deberá encontrarse el último tubo de revestimiento del pozo.

[17] Cuidado del pozo durante la obra

Durante todo el tiempo que dure el trabajo, el CONTRATISTA tomará las medidas necesarias para prevenir cualquier daño del pozo o la entrada de material extraño dentro de él, ya que será el único responsable por cualquier daño que se haga a la obra y sus consecuencias hasta la terminación total y recepción del pozo por el SUPERVISOR.

Después de la terminación del pozo, el CONTRATISTA suministrará e instalará un tapón roscado, de tal manera que evite la entrada de cuerpos extraños que puedan obstruir o contaminar el pozo.

[18] Garantías

El CONTRATISTA garantizará que todos los materiales, equipo y trabajo realizados no sean defectuosos en mano de obra y/o materiales, por un período mínimo de un año después de terminado el pozo. Si fallara cualquiera de sus partes dentro de este tiempo, el CONTRATISTA las

reemplazará y restablecerá la operación normal y original del pozo sin ningún costo para la entidad Contratante.

[20] Registros y documentos de la perforación

Concluido el trabajo, el CONTRATISTA debe entregar al Contratante los registros y documentos de la perforación consistentes en:

- Perfil geológico del pozo, con dos copias debidamente firmadas por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.
- Original y dos copias del perfil eléctrico del pozo.
- Un perfil del pozo en el que se indique la ubicación de la tubería de revestimiento, rejillas y accesorios, empaque de grava, sello, etc. Este perfil será entregado con dos copias y una escala vertical de 1:200. Este perfil podrá estar incluido en el perfil geológico.
- Registro de todas las pruebas de bombeo, incluyendo fechas, niveles del agua, caudales y tiempos de arranque y parada de la bomba.
- Curvas granulométricas del o de los acuíferos donde se instalarán rejillas y de grava para el empaque.
- Registro de las pruebas de verticalidad y alineación del pozo.

Medición

La perforación de pozos será medida por pieza realmente ejecutado y aprobado por el SUPERVISOR de obra o de acuerdo a la unidad establecida en el formulario de presentación de propuestas. Las bombas manuales se deben medir por pieza debidamente instalada, verificada y aprobada en forma escrita por el SUPERVISOR

Forma de pago

El pago será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR. El pago de la bomba manual será realizado una vez verificado el cumplimiento de todos los trabajos para la ejecución del ítem cualitativa y cuantitativamente. La verificación debe ser realizada en forma conjunta por el CONTRATISTA y el SUPERVISOR.

4.9 MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

a) Operación

La operación del sistema será realizada por los beneficiarios de manera directa, sin embargo deberán ser capacitados durante la etapa de construcción e intervenir en el proceso de la construcción.

La capacitación deberá ser hecha por el organismo financiador, mediante la asistencia técnica y la participación de un capacitador con conocimientos teóricos y prácticos.

Dentro las actividades de operación del sistema se puede describir lo siguiente:

- En todo este proceso la intervención humana solo se reduce a la manipulación de la manija que permite succionar el agua, cuidando de no forzar los accesorios que comprende la bomba manual.
- En cuanto a todos los beneficiarios se les deberá capacitar en los cursos y talleres llevadas a cabo en la fase constructiva del sistema dentro del programa de Capacitación.
- Se estima que una sola persona puede operar estos equipos, sin embargo los niñas, niños y mujeres también están en la capacidad de poder manipular dichas bombas manuales.

b) Mantenimiento del sistema

Sus actividades se pueden centralizar en los siguientes acápites:

- El operador responsable de las tareas de mantenimiento deberá ser una persona un tanto más calificada, apto para trabajos de plomería y albañilería en todos los componentes del sistema.
- Vigilar permanentemente toda la infraestructura y ver las condiciones físicas con que se encuentran, como en su funcionamiento.
- También inspeccionará las cámaras domiciliarias, pozos, verificar el funcionamiento hidráulico de las aguas.
- Inspeccionar el componente de calidad de agua extraída de los pozos.
- El operador debe anticipar con la experiencia adquirida tanto en los cursos de capacitación como en el desarrollo de los trabajos mismos, posibles problemas, desperfectos, etc, en el sistema para tomar previsiones adelantadas.

5.1 LÍNEAS DE ACCIÓN

Para la implementación de Desarrollo comunitario, se plantean Líneas de Acción, con la transversalidad de la perspectiva de género, que tienen como propósito generar las condiciones de sostenibilidad y el uso apropiado de estos servicios.

Lo que significa, que la transversalidad de la perspectiva de Género se constituirá en parte principal de cada una de las Líneas de Acción planteadas.

Las Líneas de Acción que deberán ejecutarse en forma integral en la implementación del Proyecto de Agua por bombas manuales y en relación a las Fases de ejecución, son las siguientes:

Fase I de Pre-Inversión:

- Organización de la comunidad

Fase II de Inversión:

- Movilización de la comunidad.
- Fortalecimiento de Gestión comunitaria.
- Educación Sanitaria y Ambiental
- Operación y Mantenimiento.

Fase III de Post-Inversión:

- Refuerzo de Áreas Críticas de Desempeño.

5.2 PRESUPUESTO

No corresponde puesto que la misma empresa contratista brindara el acompañamiento TECNICO necesario al trabajo y que deberá estar descrito como tal en los TDR's.

Sin embargo al ser este trabajo parte de un Manejo Integral de Cuenca, se prevé tener un solo equipo tanto para DESCOM (de los sistemas de agua potable) como para AT (de los sistemas de riego)

5.3 CRONOGRAMA (DESCOM)

Debido a la naturaleza del trabajo el DESCOM trabajara paralelamente a la implementación de las bombas manuales por lo que su cronograma tendrá los mismos tiempos que el del CONTRATISTA

6.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA – FINANCIERA

La Evaluación Económico – financiera del proyecto, sigue las orientaciones diseñadas en las Normas Básicas del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), y que rigen para todos los proyectos que, en sus diferentes etapas, pretenden las instituciones públicas concretarlas para provecho de la población beneficiaria, en el contexto de las reformas estructurales implantadas en Bolivia, destinadas a la modernización de la gestión pública.

Esta norma define el ciclo de proyectos de inversión pública, asimismo las funciones y competencias del Órgano Rector que es el Vice ministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE), de igual manera define las funciones y responsabilidades de las entidades operativas como las prefecturas, municipios y otras descentralizadas del Estado.

El Reglamento Básico de Pre inversión del SNIP, establece los procedimientos, instrumentos y reglas comunes de la pre inversión: define la evaluación socioeconómica, los indicadores socioeconómicos y los parámetros de valoración para la evaluación de los proyectos.

En el presente proyecto, precisamente se han aplicado los indicadores socioeconómicos y parámetros de evaluación de proyectos definidos que coadyuvarán a la toma de decisiones por parte de las entidades involucradas, como el municipio, y las entidades financieras a ser identificadas.

6.2 Evaluación ambiental

Según lo expuesto en la parte de gestión ambiental, el proyecto respecto al impacto ambiental en su mayoría son positivos, donde se ha previsto las medidas de mitigación correspondientes, dentro de las actividades de la construcción, por lo cual puede afirmarse que el proyecto no entraña riesgos ambientales.

6.3 Situación ambiental - sin proyecto

El proyecto hace que se implemente la vegetación natural, de la zona, tampoco la contribución al desarrollo de la producción agrícola es significativa, ya que los agricultores permanecerían con la explotación a secano obteniendo cantidades bajas de producción y de mala calidad, de sus productos, por tal motivo no podrían satisfacer su autoconsumo y mucho menos tener un excedente que les genere ingresos económicos, para el bienestar de sus familias.

6.4 Situación ambiental - con proyecto

La implementación del proyecto en su etapa de construcción de obras civiles no alterará el, medio ambiente en forma puntual y son poco significativas desde el punto de vista ambiental, además no se corre riesgo de extinción de la flora y fauna de la zona.

En la etapa de operación se contribuirá a un mejor aprovechamiento del agua para consumo humano que nos permitirá mejorar la calidad de vida, la salud principalmente.