

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

1.1 Identificación de problemas, potencialidades y justificación del proyecto

1.1.1 Antecedentes.

La comunidad de Gamoneda cuenta con escasos recursos hídricos para la producción agrícola, ya que sólo pueden realizar la siembra a secano y de productos tradicionales que no generan recursos suficientes para los pobladores. Con la incorporación del riego, la zona no sólo contará con mayores áreas de cultivo, sino también podrán diversificar sus cultivos por aquellos que tienen mayor rentabilidad económica.

En el proceso de elaboración de la factibilidad del Proyecto de Riego Calderas se esperaba la inclusión de todas las áreas de la comunidad Gamoneda al perímetro de riego del canal, por lo que se realizaron las encuestas correspondientes, estableciéndose el número de familias que resultarían beneficiadas, el uso actual y potencial del suelo, la tenencia de tierras y otros datos de interés agronómico. No fue hasta que se realizó el estudio topográfico a detalle que se pudo comprobar la dificultad de la inclusión de varias parcelas de Gamoneda al riego brindado por la regulación de la presa de Calderas.

Durante la etapa de elaboración del perfil del Proyecto de Ingeniería Civil que se presenta, se pudo realizar una revisión de planos y visita a la zona del proyecto en la que se puede observar los esfuerzos realizados en la etapa de Diseño Final en la que se trató de incluir a la mayor parte de las parcelas para que puedan que se beneficien del riego; pero dada la topografía accidentada de la zona se puede concluir que existen grandes limitaciones para atender el riego mediante obras de conducción por gravedad, únicamente.

Los propietarios de las parcelas excluidas del riego del canal principal realizaron los reclamos correspondientes a las autoridades y se decidió definir un caudal destinado para esa parte de la comunidad, el mismo que sería atendido por un sistema de bombeo.

Su diseño debía ser elaborado por el personal de la Gobernación del departamento. Este compromiso quedó plasmado en el documento a Diseño Final del cual se extrae el siguiente párrafo: “En Memoria Técnica referida a los Canales Primarios y Secundarios de la Margen derecha se hace mención en Tabla 8.2 que para la progresiva 15 + 340 se deberá operar de forma exclusiva para proveer a una estación de bombeo que impulsará un caudal de $0,022 \text{ m}^3/\text{s}$ con destino a la Comunidad Gamoneda, ubicada fuera del perímetro de riego del proyecto”.

Hasta el presente no existe una respuesta institucional que honre ese compromiso. Es importante mencionar que los pobladores autorizarían el paso del canal por sus parcelas mientras el riego les beneficiara; en caso de incumplimiento, existe la posibilidad de generarse conflictos sociales que no permitan la construcción de los canales, lo que afectaría en gran medida al cumplimiento de los objetivos del proyecto Calderas, que es un proyecto macro en comparación a las necesidades de una pequeña comunidad como es Gamoneda.

Conociéndose esta problemática es que se plantea el diseño de las obras hidráulicas necesarias para la inclusión de las áreas afectadas a los derechos de riego de Calderas como modalidad de profesionalización para la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, mediante las asignaturas Proyecto de Ingeniería Civil CIV – 501 y CIV -502.

1.1.2 Justificación

Como modalidad de titulación en el programa de Ing. Civil de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” se tiene las asignaturas Proyecto de Ingeniería Civil I y II (CIV 501 y CIV 502) en las que el estudiante puede generar un proyecto a diseño final como aporte social y a la vez académico, en procura de atender una problemática particular de una población.

En el proceso de elaboración del Proyecto de Riego Calderas se realizaron estudios socioeconómicos sobre el uso del suelo en la comunidad Gamoneda, quedando establecido que 24,48 Has tienen uso agrícola a secano y existe un área potencial de 73,46 Ha que podrían ser aprovechadas (5) (Apéndice 5 Planes de Ordenamiento Predial – Tomo 8). El sector queda mencionado como área bajo riego y a la fecha no se cuenta con un diseño final para satisfacer esta necesidad.

Razones sociales

Poder brindar agua de riego a las comunidades rurales que viven principalmente de la agricultura, garantiza un desarrollo económico y social importante. Gracias a la cercanía de Gamoneda a la ciudad de Tarija, los cultivos que se produzcan tendrán un mercado asegurado y a costos de producción más bajos que aquellos de comunidades más alejadas.

Los pobladores de Gamoneda participaron de la elaboración del Proyecto de Riego Calderas, en todas sus etapas de identificación y diseño, mediante la medición de sus terrenos, las encuestas y la participación en las reuniones de presentación del proyecto. Todo esto generó una gran expectativa de contar con agua para riego. Si esta imperiosa necesidad no fuese satisfecha se podrían generar problemas sociales que perjudicarían al desarrollo de la región.

Razones económicas

Realizándose la construcción de las obras para riego de la comunidad Gamoneda se generan mayores posibilidades de producción agrícola en la zona teniendo un impacto positivo en la economía de la zona y de la ciudad de Tarija.

Razones técnicas

Para asegurar la utilidad de las obras en un periodo considerable de tiempo, éstas se diseñarán utilizando criterios técnicos adecuados, junto con un plan de mantenimiento que será complementado con el acompañamiento y asesoramiento brindado a las comunidades regantes del Proyecto Calderas.

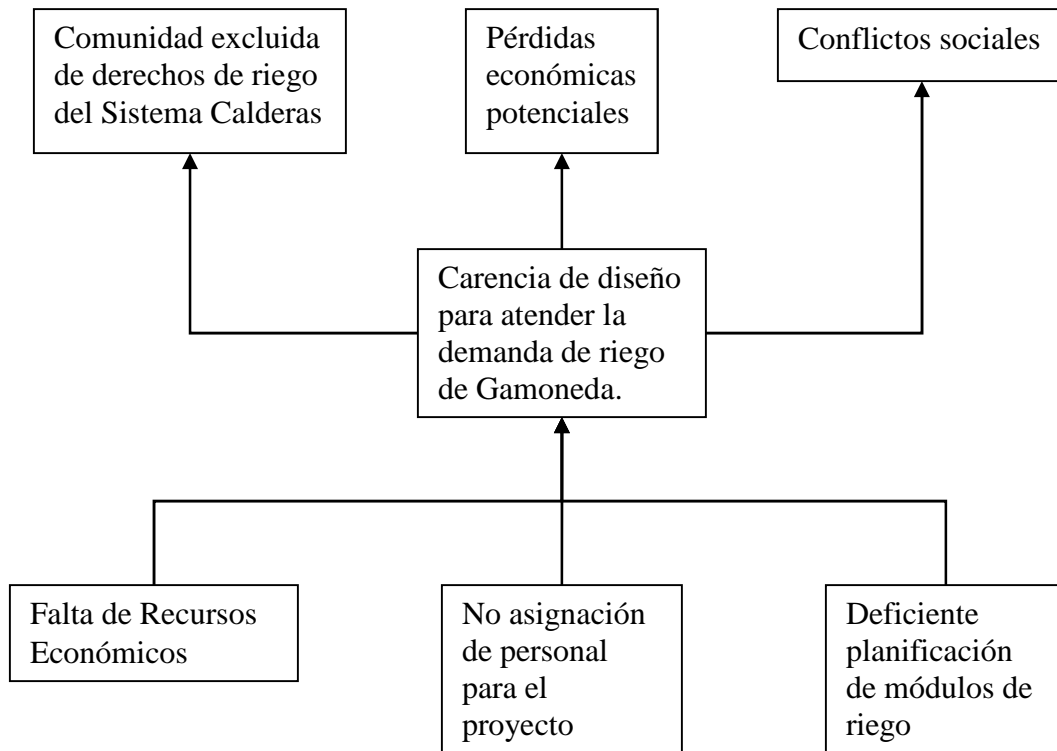
1.1.3 Planteamiento del problema.

El proyecto de Diseño Hidráulico del Sistema de Micro riego Gamoneda complementará los alcances del Proyecto Calderas, pues proporcionará toda la información necesaria para la construcción de las obras hidráulicas destinadas a satisfacer la necesidad de riego para la comunidad Gamoneda, una vez estén concluidas las obras de cabecera.

La comunidad, que desde la etapa de pre factibilidad del proyecto Calderas, participó en reuniones y colaboró con la gestión de dicho proyecto, está dispuesta a brindar la colaboración necesaria para el mantenimiento y operación del sistema de riego, mediante la conformación de una asociación de regantes. Es importante recalcar la importancia de la inclusión de las áreas agrícolas para ayudar con las metas de garantizar la seguridad alimentaria de la población, evitar la migración temporal o permanente, mejorando la calidad de vida de los habitantes que podrían realizar dos cosechas al año, posibilitando un mayor desarrollo económico.

En un escenario de implementación de las obras diseñadas en este proyecto, se tiene que los mayores riesgos provienen de las condiciones climáticas que pueden imposibilitar la implementación del riego por bombeo. Este riesgo se define como la dificultad que puedan encontrar los pobladores en cubrir los gastos de operación y mantenimiento del sistema de bombeo, por el limitado beneficio económico de las cosechas, las pérdidas por fenómenos como el granizo, la helada, sequías ó una mala operación en la regulación de la presa de Calderas y los problemas que esto generaría.

La falta de presupuesto y de personal asignado para que trabaje específicamente el proyecto, junto con fallas en la distribución de módulos de riego para las comunidades a la finalización del canal de Riego de la Margen derecha del Sistema de Riego Calderas, deviene en la carencia del diseño del sistema de micro riego que atienda la demanda de la comunidad de Gamoneda, potencialmente en riesgo de quedar excluida de los derechos de riego del Sistema Calderas, que podría derivar en conflictos sociales para comunidades aguas abajo y, a su vez, pérdidas económicas potenciales para sus pobladores.



1.1.4. Objetivo General.

Mejorar la calidad de vida de los pobladores de Gamoneda y la posibilidad de generar mayores ingresos económicos, incrementando la producción agrícola, con la instalación de equipos y construcción de obras complementarias al canal de riego de la presa Calderas.

1.1.5. Objetivos Específicos.

- ✓ Mejorar las condiciones para la actividad productiva agropecuaria, asegurando dos cultivos rotacionales por año.
- ✓ Convertir las áreas cultivables a secano, a terrenos bajo riego complementario óptimo.
- ✓ Utilizar todos los criterios técnicos que optimicen el uso de los recursos y de equipos.

1.1.6. Alcance

El alcance del presente proyecto es realizar el diseño hidráulico de las obras que constituyen el sistema de micro riego para la comunidad de Gamoneda. Sobre la temática, se analizará a detalle las alternativas técnicas que justifiquen las decisiones adoptadas y los cálculos hidráulicos necesarios para el diseño de las obras.

En este sentido que se muestra a continuación los diseños realizados:

1. Cárcamo de bombeo.
2. Tubería de impulsión.
3. Tanque de regulación.
4. Canales de distribución.
5. Obras hidráulicas de conducción especiales (sifones invertidos, caídas verticales)

Quedan entonces fuera de los alcances del proyecto la evaluación socio económica.

1.2 Ubicación del área del proyecto

1.2.1 Localización:

1. Departamento: Tarija
2. Provincia: Cercado
3. Municipio: Cercado
4. Comunidad: Gamoneda

1.2.2 Ubicación geográfica:

El proyecto de Micro riego Gamoneda está ubicado entre las coordenadas geográficas $21^{\circ} 29'$ a $21^{\circ} 24'$ de latitud sur y $64^{\circ} 37'$ a $64^{\circ} 42'$ de longitud oeste a una altura promedio de 2100 m.s.n.m. El área del proyecto se encuentra en la Primera Sección Municipal Cercado del Departamento de Tarija. El área corresponde a la cuenca de cabecera del río Gamoneda que confluye al río Santa Ana. La comunidad se sitúa al Este de la ciudad de Tarija.

Figura. 1.1
Área del Proyecto de Micro riego Gamoneda en Bolivia, en Tarija y en la Primera Sección Municipal Cercado.



1.2.3 Vías de acceso:

El acceso a la zona de interés se realiza por carretera, que partiendo de la ciudad de Tarija, discurre por la carretera asfaltada del tramo Tarija – Villamontes (Ruta F011) hasta el puente de Santa Ana, ubicado a 21 Km. de la ciudad de Tarija. Tiempo que se cubre en unos 15 minutos.

A partir de este punto se sigue por una carretera con plataforma ripiada, en condiciones aceptables de circulación todo el año, hasta el cruce del camino que se dirige hacia Caldera Grande, ubicada a una distancia de 5 Km. al norte a partir del cruce de la ruta asfaltada. Finalmente, se continúa por un camino vecinal hasta cercanía de la comunidad. Tiempo que se cubre en unos 20 minutos.

1.3 Características de la cuenca de aprovechamiento

1.3.1 Datos generales:

La comunidad se encuentra en la cuenca de cabecera del río Gamoneda que tiene una superficie aproximada hasta el punto de confluencia con el río Santa Ana de unos 14.3 Km². con una altitud promedio de 2100 m.s.n.m. y en cuya superficie viven cerca de 303 habitantes.

1.3.2 Características biofísicas:

Fisiografía:

La cuenca del río Gamoneda, pertenecen al sistema fluvial del Río de la Plata. Sus redes de drenaje están constituidas por varias quebradas de fuerte pendiente.

Desde el punto de vista fisiográfico, el valle es muy estrecho, tienen varios aunque reducidos sectores planos. En general, en las laderas que circundan las partes planas, se tienen pendientes abruptas.

En el fondo del valle del río Gamoneda se presentan sitios con pendientes suaves. En las partes altas las pendientes son fuertes y, por ello, el problema de la erosión y el arrastre de sedimentos es alto.

Geomorfología:

Geomorfológicamente los ríos de la zona se encuentran en un ciclo de juventud en la parte más alta y de madurez temprana en las partes más bajas de la cuenca. Estos ríos son temporales y sus lechos presentan poco caudal en época seca pero, presentan grandes caudales en temporada de lluvias. Los depósitos aluviales de estos ríos son de poca potencia debido a que, por las características turbulentas de su flujo, predominan los procesos erosivos sobre los de deposición. En las márgenes de los ríos existen pocas terrazas antiguas de gravas y, las existentes, no son de gran potencia.

La zona está formada por colinas de baja altura, cubiertas por coluvios y suelos de formación reciente de poco espesor. Eventualmente se identifican terrazas fluviales de poca extensión que son, principalmente, zonas de meandros abandonados con depósitos de gravas arenosas con bolones irregulares con diámetros de hasta 80 cm. Las laderas del cauce presentan poca pendiente y no existen zonas de deslizamientos y/o afectadas por movimientos de remoción en masa, a lo largo de la zona. *PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA, Diseño Final Sistema de Riego Calderas (2004).*

1.3.3 Uso actual del suelo.

Aprovechando los datos generados en la encuesta de la etapa de factibilidad del Proyecto de Riego Calderas es que se pudo realizar el análisis de la situación agrícola y ganadera de la comunidad Gamoneda y a continuación se muestra el cuadro que indica el uso actual del suelo de cada uno de los propietarios de la comunidad.

Cuadro 1.1
Uso actual del suelo en la comunidad de Gamoneda

Propietarios	Agrícola a Riego	Agrícola a Secano	Pastoreo en tierras de descanso	Pastoreo extensivo en pasturas naturales	Pastoreo extensivo en matorrales y churquiales	Pastoreo extensivo en suelos erosionados	Bosques Implantados	Total
Simeón Sandoval					0.09			0.09
Vicente Martínez		2.35			3.68			6.03
Agustín Arenas		4.94	4.67		8.53			18.14
Germán Flores		1.55	1.1		3.1			5.75
Elva Arenas			1.81		1.98			3.79
Luciano Sandoval		2.95			1.14			4.09
Julián Sandoval		0.88			0.82			1.7
Edulio Gudiño		0.42			0.19			0.61
Domingo Bautista		5	5.38	0.06	5.36			15.8
Miguel Bautista		3.41	3.4		7.24			14.05
Simón Gudiño		1.08		2.33				3.41
Total		22.58	16.36	2.39	32.13			

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta de factibilidad Proy. Calderas

Analizando este cuadro se puede ver que no existen áreas bajo riego en la comunidad, la actividad agrícola depende únicamente de la cosecha a secano, que posee sus limitaciones importantes como se describió previamente.

Además puede verse que la mayor parte del terreno actual es utilizado para el pastoreo extensivo de ganado en matorrales y churquiales. El principal ganado es el caprino y el ovino que se adaptan al clima, topografía accidentada y escasa vegetación características de la zona.

Los terrenos que se desean implantar bajo riego con los alcances de este proyecto corresponden a aquellos que se encuentran debidamente delimitados y actualmente son utilizados para las siembras a secano, por lo que la adecuación al riego será rápida, luego de la construcción e instalación de las obras propuestas.

1.3.4 Características socioeconómicas relacionadas a la cuenca hidrográfica:

Debido a los escasos recursos económicos de los pobladores y para garantizar el crecimiento de sus cultivos para el autoconsumo es que se hace común el uso de pesticidas, plaguicidas y fertilizantes orgánicos que por sus residuos contaminan los cursos de río y quebradas.

1.4 Condiciones socioeconómicas de los beneficiarios

La población de Gamoneda ubicada al Noreste de la ciudad de Tarija tiene según el último Censo del INE del año 2001 una población de 303 habitantes que son 154 hombres y 149 mujeres. El índice de crecimiento intercensal para la provincia Cercado es de 3.77 %. Al ser la comunidad enteramente rural, se tiene que la mayor parte de las familias viven de la agricultura y de la ganadería, como actividad principal, seguido por trabajos en la construcción y trabajos en canteras de piedra propias de la zona.

En promedio, las unidades familiares del área de influencia del proyecto, están constituidas por cuatro miembros. La pirámide de edades de la zona de interés presenta una merma de población adulta joven causada por emigración temporal y definitiva, situación que de no revertirse, establece un grave limitante a la actividad productiva de la zona.

La Población Económicamente Activa, comprendida en el rango de 10 a 64 años de edad, alcanza a 185 habitantes, vale decir que representa el 61.05 % de la población total del área de influencia del proyecto.

La emigración temporal o definitiva hacia zonas de absorción de mano de obra no calificada en el departamento de Tarija y en la República Argentina caracteriza a la zona del proyecto como una zona expulsora de población.

La migración, pese a ser negativa para el desarrollo productivo de la zona, se constituye en una importante fuente adicional de ingresos, ya que de esa manera los campesinos generan ingresos complementarios para la satisfacción de sus necesidades familiares. Existe suficiente mano de obra familiar para las labores productivas en la zona.

Los servicios básicos en la zona del proyecto son actualmente insuficientes, con excepción de la electricidad, que tiene una cobertura del 100%. Los sistemas de agua potable son insuficientes debido a la dispersión de la población. El servicio de alcantarillado sanitario sólo beneficia a las viviendas que cuentan con agua potable.

Los servicios de educación y salud son insuficientes. El servicio de salud es muy limitado y sólo se cuenta con una posta sanitaria en Yesera Norte, atendida por auxiliares de enfermería. El servicio de educación está bien distribuido geográficamente, sin embargo, no cubre todos los niveles de instrucción ya que no existe nivel de educación secundaria.

La base de la economía en el área de estudio es la actividad agrícola y ganadera; los excedentes generados por estas actividades son mínimos, caracterizándose como una zona con una economía de subsistencia.

Un importante número de campesinos (34,27%), poseen propiedades mayores a 6 hectáreas, el 42,13% tiene terrenos con una extensión entre 2 a 6 hectáreas y el resto, que alcanza al 23,60% posee propiedades de hasta 2 hectáreas de terreno. Sólo el 49,41% de las propiedades rurales cuenta con título de propiedad y el 50,59% no tiene título.

Los cultivos más relevantes de acuerdo al orden de importancia son: maíz, trigo, arveja y papa. Estos cultivos se orientan en porcentajes importantes al autoconsumo. Las superficies cultivadas, en orden de importancia son: maíz (36,54% de la superficie cultivada en la campaña agrícola 2002-2003); trigo (30,04%); arveja (15,22%), y papa (11,59%).

Los tipos de cultivos que se practican actualmente en la zona de influencia del proyecto, no garantizan la subsistencia de los productores debido a que la mayor parte de las superficies actualmente labradas no disponen de riego, y los rendimientos obtenidos están bastante por debajo de los promedios departamentales y nacionales.

No existe una relación consistente en la relación semilla/cosecha de cada cultivo entre diferentes comunidades. También se ve en general que los rendimientos obtenidos son muy bajos. Desde el punto de vista técnico, esta situación refleja la aplicación de técnicas agrícolas inadecuadas, una falta de planificación del Uso de la Tierra y una falta de conocimientos agronómicos de los campesinos para poder optimizar el uso del recurso suelo en las condiciones actuales del sistema productivo y de los atributos de la tierra en la zona del proyecto.

En la zona de interés, todos los productores utilizan algún fertilizante, químico o natural. Los fertilizantes químicos gozan de la preferencia de los productores. Los productores del área están habituados al uso de insecticidas. Los fungicidas y abonos foliares son utilizados en pequeña escala.

Los cultivos perennes en la zona del proyecto se refieren en especial a especies frutales como: durazno, nogal, pera e higo. La mayor parte de las plantas frutales tienen varios años de edad y por lo general están ubicadas en las orillas de los terrenos de cultivos anuales.

Los fenómenos naturales que más afectan a la producción agrícola son: sequía, granizo, heladas, y el eventual exceso de lluvias, que afectan con más frecuencia a los cultivos de maíz, arveja, trigo y papa, alimentos que constituyen la base de la seguridad alimentaria de los campesinos en la zona de interés; los productores de esta zona son muy vulnerables a

los fenómenos naturales que les causan pérdidas en sus cultivos y hace falta estructurar estrategias de combate a los fenómenos naturales negativos.

La agricultura de la zona que nos ocupa, se practica a secano. El período de escasez de agua abarca las estaciones de otoño, invierno y primavera, es decir, entre los meses de marzo y noviembre.

La ganadería también es muy importante para las familias campesinas, puesto que permite una mejor utilización de sus pequeñas propiedades, no aptas para la agricultura en un gran porcentaje, diversificando de esta manera sus actividades con la crianza de animales, que a la larga les representa un ahorro de inmediata liquidez. Se crían vacas, bueyes, ovejas, cabras, burros, caballos, chanchos y aves de corral, que sólo son comercializados en caso de apremiante necesidad. En el caso de los bueyes, son considerados como un capital de inversión dada su fundamental utilización en las tareas agrícolas. La cría de ganado lechero es incipiente en el área del proyecto. El ganado lechero es exclusivamente criollo y no está orientado a la producción comercial de leche. Los rendimientos son, en consecuencia muy bajos. No existen indicios de introducción sistemática de razas mejoradas para el ganado vacuno.

1.5 Situación actual de la producción agropecuaria y del mercado

La economía campesina en las comunidades vinculadas al Proyecto de Riego Calderas, tiene como base la actividad agrícola y ganadera, pese a las limitaciones existentes en la zona, especialmente por la escasa disponibilidad de agua para riego. La principal fuente de ingresos es la venta de los limitados excedentes de la producción agrícola.

Un hecho que no puede dejarse de lado en la zona, pese a los perjuicios que ocasiona, es la migración, dado que se constituye en una fuente adicional de ingresos complementarios para satisfacción de las necesidades familiares.

La agricultura se constituye en la actividad principal de la zona de estudio, sin embargo, sus características dependen fundamentalmente de la disponibilidad de agua para riego y del clima. En la zona de interés existe pequeñas áreas de producción agrícola con riego complementario, especialmente cerca de las márgenes de los cursos de agua más importantes. La superficie más importante tiene un sistema de producción a secano. En tal sentido, la producción de estas zonas se halla sujeta a restricciones de tipo climáticas y económicas; condicionando su producción al auto abastecimiento de sus requerimientos de seguridad alimentaria, hecho que ocasiona normalmente un empobrecimiento progresivo del recurso suelo y por consiguiente una disminución de los rendimientos de los cultivos.

El método de labranza se realiza mediante el uso de arados jalados por bueyes, las labores de desbroce, aporque, aplicación de abonos y plaguicidas las realizan los comunarios mediante trabajo manual, es decir, no existe tecnificación en la agricultura. Existe poca o ninguna posibilidad de créditos debido a la inseguridad de no contar con riego para asegurar los cultivos, en cuanto a asistencia técnica, ésta se encuentra prevista dentro de los objetivos del proyecto Calderas que realizará un asesoramiento y acompañamiento a las poblaciones para que apliquen de mejor manera el riego y se acostumbren a un nuevo calendario agrícola con dos cosechas al año.

Con dichos antecedentes, se explica que los rendimientos promedio de los cultivos principales son muy bajos, fundamentalmente por la falta de agua de riego y la inexistencia de una planificación adecuada del uso de la tierra. El calendario agrícola para la mayor parte de los cultivos corresponde a las actividades de preparación del terreno, siembra, labores culturales y cosecha, todo comprendido entre los meses de noviembre y marzo principalmente, época en la cual se cosecha la producción a secano. Algunos pobladores que poseen tanques para almacenar el agua de lluvia pueden realizar un riego complementario a las lluvias durante los meses próximos a la cosecha. Esta infraestructura básica servirá también para los fines del proyecto ya que los dueños de los mencionados tanques podrán recibir su volumen de riego asignado en dichos tanques lo que optimizará sus tiempos de operación.

1.5.1 Producción agrícola actual.

Para cuantificar los volúmenes de la producción agrícola actual, consideramos la distribución de los cultivos por superficie y el rendimiento promedio de cada cultivo en base a la información obtenida en la zona.

Cuadro 1.2
Producción agrícola actual en la
comunidad Gamoneda

CULTIVOS	SUPERFICIE CULTIVADA ANUAL	RENDIMIENTO PROMEDIO	VOLUMEN TOTAL DE PRODUCCIÓN
	(Has.)	(Tn/Ha.)	(Tn)
Maíz grano	5	1.8	9
Trigo	1	16.0	16
Papa misca	4	8.0	32
Arveja verde	2	3.5	7
T O T A L	12		64

Fuente: Elaboración propia

1.5.2 Destino de la producción actual.

Cualquier actividad productiva solo prospera cuando se tiene un mercado adecuado para lograr la comercialización y/o transformación de los productos agrícolas.

En el caso de la zona del proyecto, tiene como mercados naturales y potenciales a los centros poblados de Tarija y otros del interior del país, sin embargo los altos costos de producción y bajos precios de los productos es lo que caracteriza a la comercialización de los productos agrícolas de la zona.

En consecuencia, la producción agrícola actual de la zona del proyecto, tiene un patrón de destino anual que se le asigna a la misma, la cual en términos generales es la que se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro 1.3
Destino de la producción agrícola actual en la
comunidad Gamoneda

CULTIVOS	VOLUMEN TOTAL PRODUCCIÓN		AUTOCONSUMO		VENTA	
	(%)	(Tn)	(%)	(Tn)	(%)	(Tn)
Maíz grano	100	9.0	20	1.8	80	7.2
Trigo	100	16.0	100	16.0	0	0.0
Papa misca	100	32.0	30	9.6	70	22.4
Arveja verde	100	3.5	10	0.4	90	3.2
T O T A L	100	60.5	40	27.8	60	32.8

Fuente: Elaboración propia

1.5.3 Valor de la producción agrícola sin proyecto

En el Anexo 9 se presentan las hojas de costos de producción de los cultivos, asimismo los rendimientos promedios que se obtienen en la zona del proyecto y en el cuadro que sigue, se presenta el valor de la producción agrícola total actual e ingreso neto o utilidades.

Cuadro 1.4
Valor de la producción agrícola actual en la
comunidad Gamoneda

CULTIVOS	Superficie	Ingreso Bruto Unit.	Ingreso Bruto Total	Costos Unitarios	Total Costos	Ingreso Neto Total
	(Has)	(\$US / Ha)	(\$US)	(\$US/Ha)	(\$US)	(\$US)
Maíz grano	5	405.18	2025.90	244.06	1220.30	805.60
Trigo	1	900.80	900.80	309.48	309.48	591.32
Papa misca	4	1440.00	5760.00	990.00	3960.00	1800.00
Arveja verde	2	630.00	1260.00	368.85	737.70	522.30
T O T A L			9946.70		6227.48	3719.22

Fuente: Elaboración propia

El valor e ingreso neto de la producción agrícola total sin proyecto en el área de influencia del mismo es bajo, ello se debe a varios factores, principalmente al sistema tradicional de producción, bajos precios, bajos rendimientos, etc.

Este valor o ingreso neto alcanza a 3719.22 \$us por año que representa un ingreso neto promedio de 619.87 \$us por familia considerando a las 6 familias o usuarios existentes en la zona del proyecto.

1.6 Características fisiográficas y agro climáticas del área del proyecto

La única estación que se encuentra en la cuenca de estudio es la estación de Gamoneda que se constituirá como la base de nuestros cálculos referidos a las demandas de los cultivos, las lluvias mensuales y otros datos hidrológicos directos e indirectos que sirven para fines del proyecto. Se complementará la información con aquella existente en estaciones cercanas y que fueron tomadas en consideración también para el proyecto Calderas, estas estaciones son: Yesera Norte y Junacas.

Datos climáticos

Para la determinación del Balance Hídrico y Área Incremental, se utilizó la información siguiente: Humedad relativa y temperaturas de la estación de Yesera Norte ubicada a unos 15 Km. y la precipitación pluvial fue estimada en base a los resultados del análisis regional en el que se definieron las isoyetas de la zona.

Se asume dicha información por ser la más cercana al área del proyecto y porque se estima que es la más adecuada a las condiciones agro climáticas de zona del proyecto y en particular a las áreas de riego. El resumen de los datos se presenta a continuación y en anexos se encuentran los datos obtenidos del SENAMHI.

Precipitación pluvial

La precipitación anual, se caracteriza por un periodo seco de mayo-octubre con escasa o muy baja precipitación y un periodo húmedo de noviembre-abril, en el que se concentra la precipitación. La precipitación media anual en el área de riego es de 485.3 mm.

Temperaturas

De acuerdo a registros de la estación climatológica de Yesera Norte (SENAMHI), las temperaturas están caracterizadas por un periodo frío de invierno y otro periodo templado-caluroso de verano, la temperatura media anual es de 15.4 °C, la temperatura máxima media es de 23.6 °C y la temperatura mínima media es de 7.2 °C.

Humedad relativa

De igual manera, de acuerdo a los registros de humedad relativa de la estación climatológica de Yesera Norte, ésta alcanza una media anual de 69.4%.

Precipitaciones máximas en 24 hrs.

Para conocer los caudales máximos de crecidas en las quebradas que deben cruzarse se hará un estudio hidrológico de crecidas en las que se usará las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Gamoneda. La mayor precipitación registrada es de 74.5 mm.

Cuadro 1.5
Resumen climatológico

Parámetros Climáticos	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	TOTAL MEDIA
Temp. Media (°C)	12.9	11.9	13.1	14.3	16.5	17.3	18.9	17.8	17.0	16.3	15.1	13.4	15.4
Temp. Máxima media(°C)	23.7	22.3	22.9	22.8	24.1	23.9	25.4	24.3	24.0	23.1	23.3	23.4	23.6
Temp. Mínima Media (°C)	2.2	1.5	3.3	5.9	8.8	10.7	12.5	11.4	9.9	9.5	6.8	3.4	7.2
Humedad relativa (%)	58.7	57.9	59.9	64.1	67.3	71.4	75.3	79.6	80.5	77.3	74.5	67.0	69.4
Precipitación media (mm)	0.3	0.3	2.9	5.8	20.2	52.9	88.3	124.8	96.5	72.5	16.0	4.8	485.3
Precipitación máxima 24 hrs. (mm)	2.6	3.0	18.2	18.6	45.5	62.5	74.5	56.1	55.7	69.8	32.2	35.7	74.5

Fuente: SENAMHI

Fenómenos naturales adversos

En la zona del proyecto, se presentan algunos fenómenos naturales adversos, como las heladas, que se presentan en el periodo junio-agosto, las granizadas que se registran, en algunos años, en el periodo diciembre-enero y finalmente las sequías que ocurren por el retraso de las lluvias en algunos años o cuando se suspenden temporalmente las mismas en pleno periodo de lluvias, causando pérdidas en la producción agrícola.

1.7 Recurso agua: disponibilidad y calidad de agua

1.7.1 Fuentes de Agua

Al tratarse éste proyecto de un aprovechamiento hídrico de la regulación que brinda la presa Calderas para los fines de riego, no se hará una estimación de los caudales medios mensuales del río Gamoneda porque éstos no serán aprovechados en este diseño.

Pero para futuros estudios se puede establecer que a primera vista los caudales del río no son perennes y en época de estiaje el río se presenta seco o con caudales superficiales menores a 3 Lt/s, por lo que el aprovechamiento debe ser estudiado mediante el uso de galerías de infiltración.

1.7.3 Calidad de Agua

En lo referente a la calidad del agua para riego, se mencionan a continuación, las conclusiones obtenidas de los ensayos realizados en la etapa de Diseño Final del Proyecto Calderas cuyas muestras fueron de los ríos Calderas y Yesera que son los afluentes aprovechados con la construcción de la presa y cuya agua servirá para riego. *PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA, Diseño Final Sistema de Riego Calderas (2004).*

Río Calderas

- El agua de este curso es de salinidad baja, y puede utilizarse para riego sin riesgos de salinización de suelos.
- El contenido de sodio del agua es bajo, y puede utilizarse en la mayoría de los cultivos y suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.
- El pH del agua es 7,85.
- La conductividad medida es de 65,36 mho/cm.
- El índice de absorción de sodio (RAS) es igual a 0,03.

Río Yesera

- El agua de este curso de agua es de salinidad baja, y puede utilizarse sin riesgos de salinización de suelos.

- El contenido de sodio del agua es bajo, y puede utilizarse en la mayoría de los cultivos y suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.
- El pH del agua es 7,91.
- La conductividad medida es de 152,51 mho/cm.
- El índice de absorción de sodio (RAS) es igual a 0,82.

1.8 Recurso suelo: evaluación de suelos en el área de riego

Del Estudio Agronómico de la Factibilidad del Proyecto de Riego Calderas se extrae la siguiente información acerca de la situación actual del suelo para el área de Gamoneda y Barbecho. *PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA, Diseño Final Sistema de Riego Calderas (2004).*

“Las características de la Asociación Barbecho – Gamoneda (P.5.1), constituida por la cima del abanico-terraza fuertemente disecado, con una extensión aproximada de 418 ha que significa el 12,4% del área total, son de aptitud regular (A2) para alfalfa con limitaciones para el uso de implementos agrícolas; restringida (A3) para el ajo, con problemas de disponibilidad de oxígeno por el grado de compactación de horizontes subyacentes; la papa y vid con problemas para el uso de implementos agrícolas por la pedregosidad superficial y disponibilidad de oxígeno por la compactación de los horizontes subyacentes; y no aptos (N) para el haba por la imposibilidad de uso de implementos agrícolas por el porcentaje de pedregosidad superficial; el maíz choclo con dificultades para el uso de implementos agrícolas y disponibilidad de oxígeno y el durazno por deficiencia en la disponibilidad de oxígeno”.

Del estudio a diseño final del Proyecto Calderas se estudió el potencial agrícola de cada uno de los terrenos contenidos en el proyecto, es por eso que se extrae la siguiente información referente a Gamoneda.

El Plan de Ordenamiento Predial (Mapa de Usos Asignados a la Tierra), es la asignación de usos con categorías de acuerdo a su capacidad de uso mayor, cuya designación de usos se realizó sobre superficies homogéneas delimitadas con ayuda de cartografía, imagen satelital y comprobaciones de campo, mediante observación de los atributos de la tierra para cada unidad.

En las comunidades respectivas se definieron cinco categorías de uso mayor, que son: Cultivos Intensivos en Limpios (CIL), Cultivos Intensivos Anuales Asociados a Pasturas (CIAP), Cultivos Perennes (CP), Pastoreo – Campos Naturales de Pastoreo (CANAPAS) y Forestal (F), además de tres unidades de protección o servidumbres ecológicas: Unidad de Protección de Laderas (UP-L), Unidad de Protección de Tierras Pedregosas o Superficiales (UP – TP/S) y Unidad de Protección – Franja de Protección Ribereña (UP-FPR).

Cultivos Intensivos en Limpios (CIL).

Son tierras que tienen como aptitud natural el máximo uso, por sus condiciones o atributos que permiten un uso sostenido e intensivo de las tierras, sin que se degraden. Son aquellas unidades planas o casi planas (hasta un 5% de pendiente), con suelos con textura y profundidad adecuadas, buen drenaje, no susceptibles a inundaciones o anegamientos, agroecológicamente poco susceptibles a la erosión y otros factores de degradación de la zona.

Las condiciones de su manejo deben ser las adecuadas, con práctica de conservación de tierras. La clasificación de tierras para este uso, no significa que se las pueda dedicar a cualquiera de los otros usos de menor impacto potencial. En este caso de tierras cuyo laboreo no sea mecanizado, se podrá determinar áreas de CIL aún en zonas de pendiente superior al 5%, pero con condiciones específicas de conservación y manejo, por ejemplo barreras arbóreas, arbustivas o herbáceas anti erosivas, surcos de contorno en curvas de nivel, terrazas pre construidas o de formación lenta, etc.

Dentro de esta unidad se emplearán cultivos hortícolas principalmente, en parcelas cultivadas bajo riego permanente, los cultivos predominantes serán: arveja, haba, garbanzo, poroto, vainita, ajo, pimentón, tomate, zanahoria, repollo, papa, cebolla, maíz choclo; cultivados en forma intensiva y practicando rotación de cultivos.

Cultivos Intensivos Anuales Asociados a Pasturas (CIAP).

Son tierras que por sus condiciones o atributos permiten un uso sostenido e intensivo de las tierras, sin que se degraden, pero, empleando prácticas agronómicas de conservación, como la asociación con cultivos anuales, además en los casos en que el propietario decida libremente dedicar a pastos tierras aptas para cultivos intensivos en limpio.

Dentro de esta unidad se emplearán cultivos intensivos anuales asociados a pasturas, en parcelas cultivadas bajo riego permanente, los cultivos anuales empleados serán: ajo, poroto, vainita, pimentón, tomate, papa, cebolla, maíz choclo; asociados con alfalfa o pastos perennes manejados bajo dichas condiciones a considerar. Las pendientes de los suelos asignados a este uso no sobrepasará de ninguna manera los 10% de pendiente.

Cultivos Perennes (CP).

Son tierras con pendientes mayores 10 y menores al 30% o tierras planas con limitaciones edafológicas y climáticas evidentes, en las que solo se permitirán cultivos perennes o permanentes que no impliquen remoción continua de la capa arable y protejan al suelo con su cobertura foliar o de la vegetación arbórea o arbustiva asociada a los cultivos.

Por las limitaciones que presentan estas tierras se requerirá de ciertas prescripciones de manejo, para la intervención de estas tierras asignadas en el mencionado uso, tales como surcos en contorno o curvas de nivel, terrazas, zanjias de infiltración, barreras anti erosivas arbóreas, arbustivas o herbáceas, con sus respectivas distancias y sentido de orientación, asociación de cultivos, etc.

Las especies utilizadas dentro de esta unidad, serán: duraznero, vid, manzano, naranja, mandarina, granada, higuera, nogal y membrillo. Se podrán definir áreas para cultivos permanentes con pendientes superiores al 30% siempre que las condiciones agro ecológicas del predio lo permitan (suelos profundos, poco deleznable) y se justifique debidamente su intervención con sistemas agroforestales o agrosilvopastoriles y prácticas de labranza y cultivo que garanticen la conservación del suelo.

Pastoreo – Campos Naturales de Pastoreo (CANAPAS).

Son tierras que tienen condiciones naturales para dicho fin, como Campos Naturales de Pastoreo (CANAPAS) o praderas naturales, pasturas por ramoneo extensivo en bosques frágiles para conversión a otros usos, etc, o tierras cuyas condiciones agro ecológicas limitantes o riesgos de vulnerabilidad a la degradación solo pueden ser utilizadas sosteniblemente con pastos de cobertura total o usos silvopastoriles (básicamente por condiciones de pendiente, precipitación pluvial, calidad de los suelos, fragilidad de los bosques naturales o difícil regeneración natural).

Estas áreas están destinadas principalmente al pastoreo extensivo de diferentes especies de animales, entre los que predominan la presencia de caprinos, ovinos, vacunos y en menor escala asnos, porcinos y caballos. La vegetación predominante corresponde a especies nativas de pastos, especies arbustivas y algunas especies arbóreas, destinadas al pastoreo y ramoneo de animales de manera semi controlada durante gran parte del año, siendo indispensable que el titular del predio cumpla con todas las reglas de intervención del POP.

Forestal (F).

Son aquellas tierras que se determinaron en virtud de la vocación preferente de sus suelos, así como aquellas que el propietario libremente decidió asignar para dicho uso, salvo el caso de tierras de protección. Es decir se delimitaron como tierras forestales aquellas unidades con presencia predominante, verificable a simple vista, de bosques con cierto volumen o aptitud de regeneración natural, así como aquellas áreas no convertidas con

suelos marginales para usos agropecuarios por su baja fertilidad y tierras sujetas a inundaciones o muy susceptibles a degradación por cambio de uso o por otros factores de degradación.

El cuadro mostrado a continuación se elaboró en base al análisis de dicha información y el detalle del mismo se encuentra en el Anexo 4 “Estudio de Suelos según su Aptitud para Riego”.

Cuadro 1.6
Distribución de áreas según
el Plan de Ordenamiento Predial - Gamoneda

Categoría de Suelo según el Plan de Ordenamiento Predial	Áreas (Ha)
Cultivos intensivos en limpio (CIL)	2.54
Cultivos intensivos anuales asociados a pasturas (CIAP)	6.91
Cultivos perennes (CP)	9.25
Pastoreo (CANAPAS)	25.64
Forestal (F)	26.12
<i>Servidumbre ecológica</i>	3.00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta del Proyecto de Riego Calderas

1.9 Sistema actual de riego.

1.9.1 Infraestructura

En la actualidad se tienen pequeños reservorios de tierra compactada que sirven para almacenar el agua de la época de lluvias y utilizarla para los riegos complementarios a la finalización del periodo húmedo previo a la cosecha a secano realizada en los meses de

marzo y abril (en su mayoría). Los tanques de tierra se encuentran en condiciones regulares de operación, el deterioro es producto de una falta de mantenimiento preventivo de las obras, causa por la cual van perdiendo eficiencia de almacenaje.

1.9.2 Gestión del sistema del riego

Al ser los tanques de tamaño reducido, sólo pueden atender las demandas parcelarias de los propios dueños que realizan la gestión de riego de acuerdo a sus propios requerimientos y de sus cultivos. Se aclara que el agua de los tanques es utilizada sólo para algunos cultivos, generalmente son para aquellos más sensibles a la carencia de agua como la arveja verde, alfalfa y el trigo.

1.10 Situación ambiental actual y de riesgos

Entre los problemas ambientales generados por el ser humano se encuentran:

Degradación del recurso suelo: Debido a la falta de rotación de cultivos. Para garantizar la seguridad alimentaria de la población se hace frecuente el cultivo de los mismos productos en cada gestión agrícola, esto es, la siembra de maíz, papa y trigo. Al no existir una rotación es que se fijan y consumen elementos químicos específicos degradando el suelo, con la consecuencia de bajos rendimientos agrícolas generando un ciclo de empobrecimiento de los pobladores. A esto se suma el uso de productos químicos como insecticidas, plaguicidas y abonos orgánicos, que dejan sus residuos en los productos agrícolas, en el suelo y por consiguiente en los cursos de agua.

Degradación de la Vegetación: Actualmente la vegetación está sometida a prácticas destructivas como la remoción directa de la cubierta vegetal, el sobre pastoreo, el chaqueo y la quema. Como resultado, en la mayoría de los tipos de vegetación nativa se observa la proliferación de especies invasoras, algo típico de un estado de sucesión secundaria (Gastó et al. 1993), mientras en algunos tipos de vegetación además se presenta una reducción en la cobertura vegetal. En el área de estudio, la vegetación natural ha sufrido fuertes cambios

por la deforestación; la evidencia es el predominio de matorrales xerofíticos de sustitución como los churquiales.

Erosión de suelos: El sobre pastoreo, debido a la actividad pecuaria sin manejo adecuado, en conjunto con la extracción selectiva de las especies leñosas y arbóreas, es posiblemente el factor causante de la erosión antrópica más importante en la zona. Con relación al origen antrópico de la erosión de los suelos, también debe señalarse la actividad agrícola en áreas no aptas o con fuertes limitaciones naturales (suelos pobres, pendientes escarpadas, etc.) sin el manejo adecuado.

Impactos sobre la fauna silvestre: Los procesos de degradación de hábitat y amenazas a la conservación de la biodiversidad es un problema de largo tiempo en el valle central de Tarija, realidad de la cual no escapa el área de estudio.

En un escenario de una correcta implementación de riego y dadas las condiciones favorables del clima seco y con viento, es que el riego será un factor importante de desarrollo, que al posibilitar los cultivos de invierno y verano dará como resultado una rotación de cultivos que enriquecerá el suelo asegurando mejores producciones.

CAPÍTULO II

PARÁMETROS DE DISEÑO

2.1 Selección del sistema de bombeo.

2.1.1 Equipos de bombeo.

Dentro del diseño de sistemas de conducción de agua es común la instalación de equipos de bombeo, una correcta selección de la bomba permite tener eficiencias altas en el equipo por lo tanto consumos menores de energía y costos anuales más bajos.

En el mercado existen vario tipos de bombas: centrífugas, de flujo axial y flujo mixto entre otras. En los rebombes regularmente se utilizan bombas centrífugas y en pozos profundos las de flujo axial.

2.1.2 Definiciones

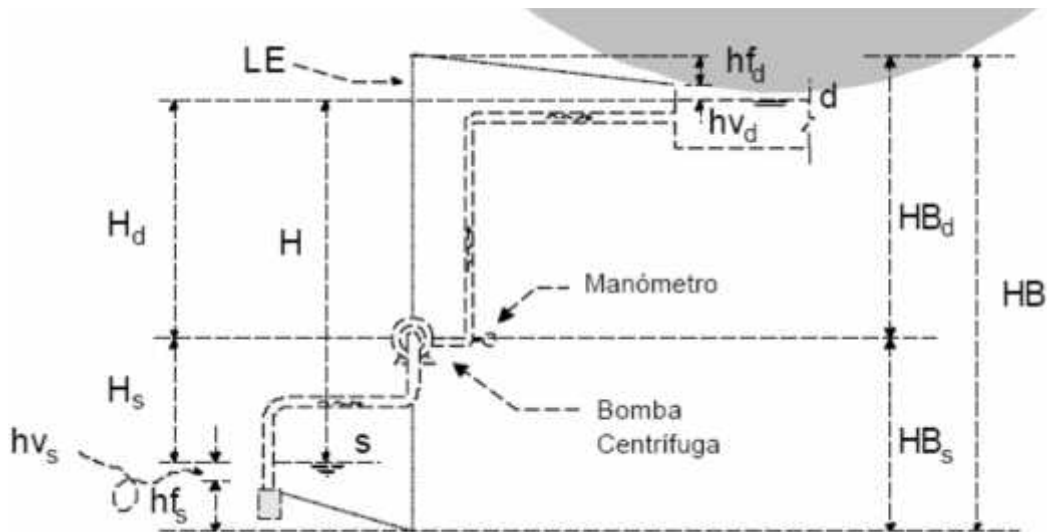
Las siguientes definiciones fueron tomadas de la norma NOM-101-SCFI-1994 (Estados Unidos Mexicanos), publicada en el Diario Oficial de la Federación del viernes 13 de enero de 1995 (páginas 20-28).

- ✓ **Bomba Centrífuga:** Es aquella que suministra energía al fluido de trabajo para que éste aumente su velocidad dentro de la carcasa a valores mayores que los que ocurren en la válvula de descarga, de tal forma que las subsecuentes reducciones de velocidad producen un incremento en la presión.
- ✓ **Carga:** La carga en una red hidráulica es la presión a la que se encuentra el fluido de trabajo.
- ✓ **Caudal o Gasto:** Es el volumen del fluido de trabajo que fluye por unidad de tiempo. En una bomba se refiere a la cantidad de agua que es capaz de entregar para una condición de carga dada.
- ✓ **Eficiencia:** Es la razón de la potencia en el agua a la salida de la bomba entre la potencia de entrada a la flecha de la bomba.

2.1.3 Relaciones hidráulicas de un equipo típico de bombeo.

Al hacer el análisis de una línea de bombeo se usa la relación propuesta por Bernoulli, para ello nos referiremos a la siguiente figura:

Fig. 2.1 Esquema hidráulico de una línea de conducción con equipo de bombeo



Fuente: Criterios de Diseño de Agua Potable Empleando Tubería de PVC – DURALÓN®

Al aplicar la ecuación de Bernoulli entre las superficies libres del agua (SLA) s y d tenemos:

$$Z_s + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + HB = Z_d + \frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + ht_{s-d} \quad (2.1)$$

Siendo:

HB : Carga de bombeo (m)

ht_{s-d} : Pérdidas de carga en la succión y la descarga (m)

$$ht_{s-d} = hf_s + hf_d = f_s + hx_s + f_d + hx_d$$

hf_s : Pérdidas de carga en la succión (m).

hf_d : Pérdidas de carga en la descarga (m).

f_s : Pérdidas de carga por fricción en la succión (m).

f_d : Pérdidas de carga por fricción en la descarga (m).

hx_s : Pérdidas de carga locales (por conexiones) en la succión (m).

hx_d : Pérdidas de carga locales (por conexiones) en la descarga (m).

La carga por presión $h_p = P/\rho g$ se elimina en ambos miembros de la ecuación por estar expuestos a la presión atmosférica. La carga por velocidad $h_v = V^2/2g$ en el cárcamo de bombeo tiende a cero, en la descarga si la tubería esta ahogada (figura anterior) la h_v también tiende a cero; si la descarga es libre es necesario calcular el valor de h_v . La diferencia entre las cargas por posición $Z = Z_d - Z_s$ es el desnivel entre las SLA de los tanques, o entre la SLA del cárcamo y la altura de la tubería cuando la descarga es libre.

La ecuación (4.1) queda de la siguiente manera, al despejar para la carga de bombeo (HB) en ambos casos:

Descarga ahogada :
$$HB = \Delta Z + ht_{s-d} \quad (2.2)$$

Descarga libre :
$$HB = \Delta Z + hv_d + ht_{s-d} \quad (2.3)$$

Dónde:

HB : Carga de bombeo (m).

Z : Desnivel entre la SLA del cárcamo y la SLA del tanque o nivel de la tubería de descarga (m).

$$Z = Z_d - Z_s$$

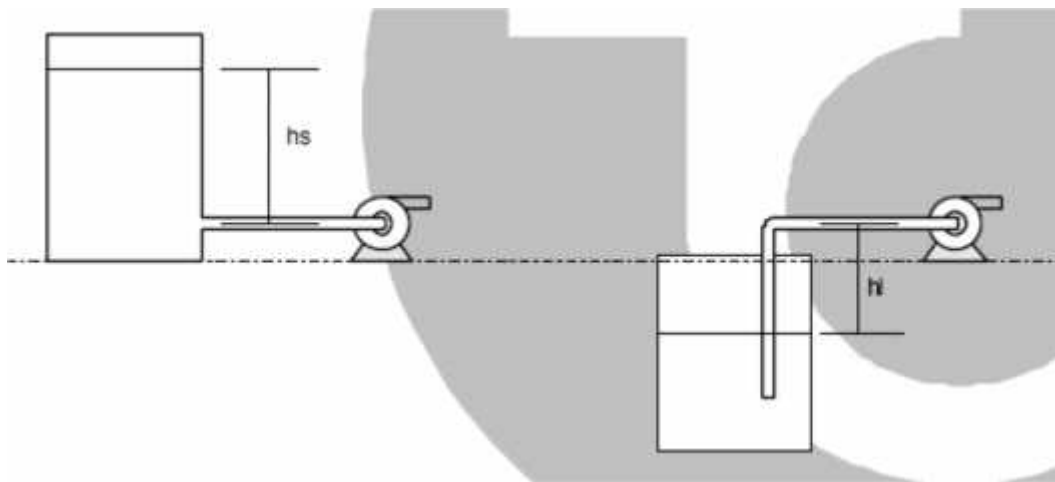
hv_d : Carga por velocidad de la tubería de descarga (m).

ht_{s-d} : Pérdidas de carga por fricción y locales entre la succión y la descarga (m).

Carga Neta Positiva de Succión (CNPS) (Net Positive Suction Head – NPSH)

La carga positiva de succión (CNPS) puede ser definida como la carga absoluta total de succión a la entrada de la bomba menos la presión de vapor del agua. La cavitación ocurre cuando el CNPS disponible en la entrada de la bomba es menor que el CNPS mínimo requerido. El CNPS mínimo requerido es determinado por los fabricantes de bombas mediante pruebas a cada modelo. En la siguiente figura se muestran los dos casos de posición del tanque en la succión.

Fig. 2.2. Posición del tanque en la succión



Fuente: Criterios de Diseño de Agua Potable Empleando Tubería de PVC – DURALÓN®

hs = Carga de succión positiva

hl = Carga de succión negativa (Carga de levantamiento)

El CNPS disponible puede ser calculada con la siguientes ecuaciones:

a) Para carga de succión positiva (h_s)

$$CNPS_{disp} = h_s - hf_s + P_{atm} - P_v \quad (2.4)$$

Dónde:

$CNPS_{disp}$: Carga Neta Positiva de Succión disponible (m)

h_s : Carga de succión positiva (m)

hf_s : Pérdidas de carga por fricción y locales en la descarga (m)

P_{atm} : Presión atmosférica (m) $P_{atm} = \frac{P_{bar}}{gs}$

P_{bar} : Presión manométrica (m) (Cuadro 2.1)

gs : Gravedad específica (adim) (Cuadro 2.1)

P_v : Presión de vapor (m) (Cuadro 2.2)

b) Para carga de succión negativa (h_l)

$$CNPS_{disp} = P_{atm} - h_l - hf_s - P_v \quad (2.5)$$

Dónde:

h_l : Carga de succión negativa (m)

Cuadro 2.1

Presión barométrica para diferentes alturas sobre el nivel del mar

Altitud (m.s.n.m.)	Presión Barométrica	
	bar	mca
1600	623.44	8.47
1700	615.77	8.37
1800	608.19	8.27
1900	600.71	8.16
2000	593.32	8.06
2100	586.02	7.97
2200	578.81	7.87
2300	571.69	7.77
2400	564.65	7.67
2500	557.71	7.58
2600	550.84	7.49
2700	544.07	7.4
2800	537.37	7.3
2900	530.76	7.21
3000	524.23	7.13

Cuadro 2.2

Presión de vapor y gravedad específica (gs) a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Presión de vapor (m)	gs
15.6	0.18	0.999
21.1	0.27	0.998
26.7	0.37	0.997
29.4	0.43	0.996
32.2	0.49	0.995
37.8	0.67	0.993
43.3	0.91	0.991

*Fuente: Criterios de Diseño de Agua Potable
Empleando Tubería de PVC – DURALÓN®*

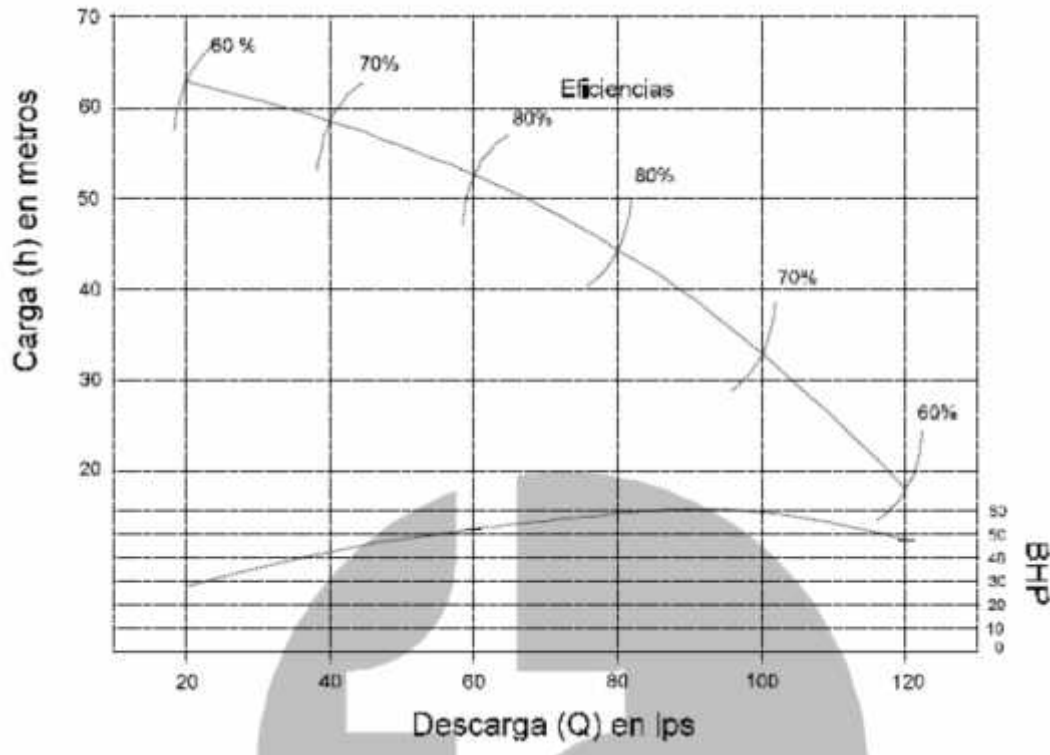
Curvas características de las bombas

Las curvas características describen el funcionamiento de las bombas, dichas curvas consisten en:

- (I) **Curva de Carga vs. Descarga (H vs. Q):** La cual describe la gama de gastos de funciona-miento de la bomba y las cargas asociadas a ellos. Se utilizan para seleccionar la bomba cuyas características se adapten al flujo y cargas necesarias a la máxima eficiencia.
- (II) **Curva de Eficiencia vs. Descarga (h vs. Q):** Describe las eficiencias asociadas a diferentes relaciones de H y Q . Las bombas tienen un punto de eficiencia máxima por lo que al seleccionar el equipo se debe buscar la relación $H - Q - h$ idónea. Las eficiencias de las bombas son obtenidas en laboratorio.
- (III) **Curva de Potencia vs. Descarga (BHP vs. Q):** Describen la potencia al freno en caballos de potencia (Horse power) asociados a diferentes relaciones de H y Q
- (IV) **Curva de Carga Neta Positiva de Succión requerida vs. Descarga ($CNPS_{req}$ vs. Q):** Muestra la carga en la boquilla de succión de la bomba, necesaria para vencer la suma de todas las pérdidas en la succión de la bomba hasta que el fluido entra en el impulsor. Es mínima a bajo flujo y se incrementa conforme aumenta el flujo.

La siguiente figura muestra de forma esquemática las curvas características de una bomba.

Fig. 2.3. Curvas características de una bomba



DURALÓN ®, Criterios de diseño para redes de agua potable utilizando tubería PVC, 2006, México.

2.2 Cárcamos de bombeo.

Las electro bombas son una de las partes de un sistema de bombeo. El proyecto de las otras partes tiene implicaciones en el funcionamiento de las propias bombas y en la economía total del conjunto. El trabajo de una determinada bomba puede ser mejorado considerablemente con la adopción de disposiciones y dispositivos adecuados.

A pesar de su influencia sobre el sistema de bombeo, los cárcamos de bombeo no siempre reciben a debida atención. En consecuencia, son frecuentes los defectos en esta parte de las instalaciones. Los principales defectos obedecen a los siguientes puntos:

- a) Condiciones y dirección del flujo.

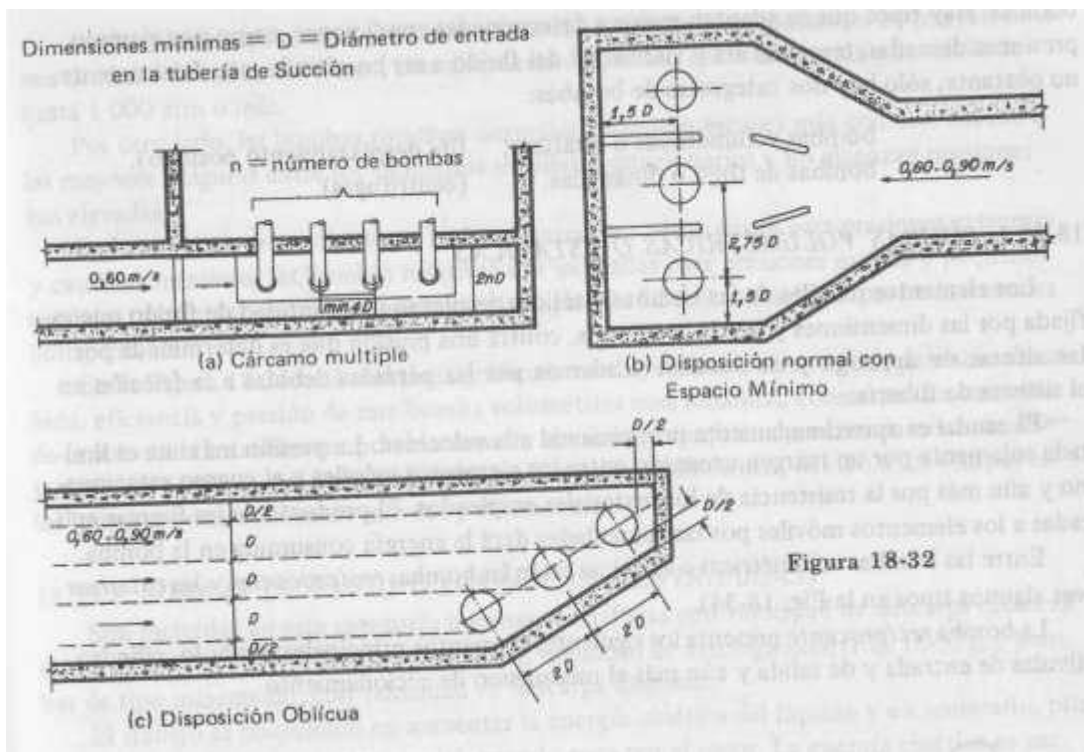
- b) Entrada de aire y vórtices.
- c) Dimensiones.

Condiciones y dirección del flujo.

La distribución de flujo y las líneas de corriente, en los cárcamos de bombeo, ejercen gran influencia sobre el trabajo de las bombas. El flujo irregular, el régimen turbulento, los cambios bruscos de corriente, el efecto nocivo de paredes contiguas y la rotación son defectos que se deben evitar.

Son medidas aconsejables la adopción de velocidades moderadas (inferiores a 0.90 m/s), la cuidadosa adopción de dimensiones, la introducción de cortinas o paredes guías. La figura 2.4 muestra los cuidados tomados en instalaciones bien realizadas.

Fig. 2.4 Dimensiones recomendadas de cárcamos



Si varias bombas estuvieran situadas en línea, en un mismo cárcamo de bombeo, es deseable evitar que el agua pase sucesivamente por las succiones de las bombas hasta alcanzar la última unidad.

En los casos en que esta disposición fuera exigida por las condiciones locales debe espaciarse convenientemente las bombas y ampliar la anchura del pozo, reduciéndose la velocidad de flujo (valores relativamente bajos). Esa disposición es desaconsejable para las bombas de alta velocidad específica.

Entrada de aire y vórtices.

Se considera el aire un gran enemigo de la conducción de agua por tuberías a presión. La entrada de aire en la tubería de succión puede ser causada:

- a) Por piezas y uniones que filtran.
- b) Por la formación de vórtices.
- c) Por la introducción y liberación de aire (aire enrarecido, aire emulsionado y aire disuelto).

La tubería de succión debe ser perfectamente estanca para evitar pérdida de agua e introducción de aire. Las condiciones que favorecen la formación de vórtices son:

- a) Sumersión muy pequeña de la tubería de succión.
- b) Altas velocidades de escurrimiento en la succión.
- c) Mala distribución del flujo.

La entrada de aire a través de vórtices interfiere con el funcionamiento de las bombas, con las condiciones de cebaje, con el ruido y con la descarga (caudal).

Para evitar vórtices se debe tener una profundidad mínima y reducir la velocidad de entrada en la boca de succión. Valores hasta 0.90 m/s son aceptables. Se recomienda también instalar una ampliación en forma de campana.

En los casos en que los cárcamos sean alimentados por tuberías situadas arriba del nivel del agua (descarga libre) deben evitarse las descargas directas junto a los tubos de succión. Esa descarga podría provocar la intrusión, el arrastre y el posterior desprendimiento de burbujas (Fig. 2.5).

Fig. 2.5 Defectos comunes y soluciones para cárcamos



Figura 18-30

Dimensiones Mínimas Recomendadas

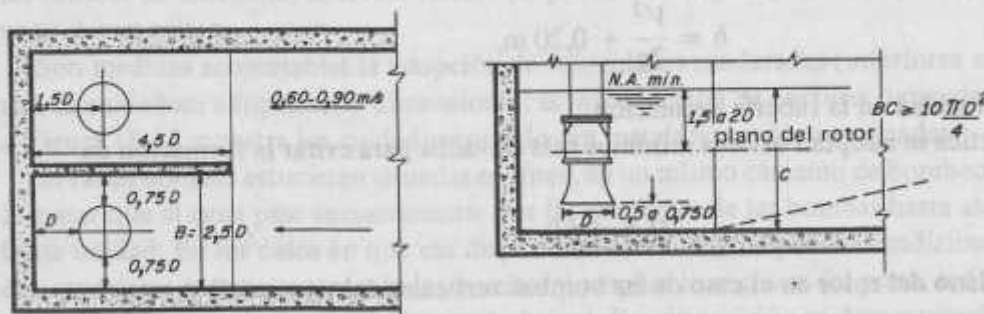


Figura 18-31

Dimensiones de los cárcamos.

El área mínima de un cárcamo de bombeo individual (aislado) debe ser 12.5 veces el área de la sección de entrada en la tubería. El área de la sección de flujo en la parte inicial del pozo (BC) debe ser por lo menos 10 veces el área de la sección de entrada en la tubería de succión.

Bajo el punto de vista exclusivamente hidráulico, altura mínima de agua por encima de la boca de succión debería ser:

$$h \geq \frac{V^2}{2 \cdot g} + 0.20 \text{ m} \quad (2.6)$$

Siendo V la velocidad en la tubería de succión. En la práctica se adoptan valores mínimos más elevados para evitar la formación de vórtices.

$$h \geq 2.5 \cdot D + 0.10 \text{ m} \quad (2.7)$$

En el caso de bombas pequeñas, H no debe ser inferior a 0.50 m.

Consideraciones adicionales.

Deben ser evitadas descargas de agua arriba del nivel del cárcamo de bombeo y eliminadas las posibilidades de introducción de aire en el agua. Los cárcamos de bombeo deben ser alimentados por compuertas o tuberías sumergidas, evitándose al máximo, las turbulencias.

En los cárcamos de bombeo circular, la entrada de agua no debe ser tangencial, para evitarse cualquier tendencia de rotación del líquido.

Normalmente la capacidad útil de los cárcamos de bombeo equivale al volumen correspondiente al caudal máximo durante algunos minutos (mínimo de 3 a 5 minutos).

Las velocidades deseables en los canales de acceso para los cárcamos de bombeo deben quedar comprendidas entre 0.30 y 0.90 m /seg.

Las paredes o cortinas directrices deben extenderse a, por lo menos, 10 veces el diámetro de la boca de aspiración. Si en una instalación hay varias cámaras de aspiración separadas, para las bombas, el ancho mínimo de cada cámara deberá ser igual a $4D$ y a la longitud de $6D$.

AZEVEDO NETTO, J.M. y ACOSTA ÁLVAREZ, Guillermo (1976), Manual de Hidráulica

2.3 Diseño hidráulico de la aducción.

2.3.1. Pérdidas de carga en conductos a presión.

Existen dos tipos de pérdidas de carga en conducciones forzadas y son:

- a) Pérdida de carga en la tubería.
- b) Pérdida de carga locales.

A continuación se muestran las principales características de estos dos tipos de pérdidas de carga.

2.3.1.a. Fórmulas para cálculos de pérdidas de carga en tuberías

Para los cálculos hidráulicos de tuberías existe gran diversidad de fórmulas, en este capítulo se aplicarán las fórmulas de Darcy-Weisbach, Hazen-Williams y Manning.

- **Fórmula de Darcy – Weisbach.** Una de las fórmulas más exactas para cálculos hidráulicos es la de Darcy-Weisbach ya que para calcular el coeficiente de fricción "f" (ó) toma en cuenta aspectos tales como temperatura del fluido, la rugosidad de la pared del conducto, el diámetro y la velocidad. La fórmula original de tuberías a presión es:

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (2.8)$$

Dónde:

hf = Pérdidas de carga por fricción (m)

f = Coeficiente de fricción (adim)

L = Longitud del tubo (m)

v = Velocidad media del flujo (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

D = Diámetro interno del tubo (m)

Para el cálculo de f la fórmula más exacta es la de Colebrook - White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left| \frac{v/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right| \quad (2.9)$$

Dónde:

= Rugosidad absoluta del material (mm)

Re = Número de Reynolds (adim)

f = Coeficiente de fricción (adim)

D = Diámetro interno del tubo (mm)

Cuadro 2.3

**Valores de la constante para la fórmula de cálculo del
Número de Reynolds a diferentes temperaturas**

Temperatura (°C)	Viscosidad Cinemática (m ² /s)	Constante para la fórmula de Re (adim)
5	1.52 x 10 ⁻⁶	0.8377 x 10 ⁶
10	1.31 x 10 ⁻⁶	0.9719 x 10 ⁶
15	1.15 x 10 ⁻⁶	1.1072 x 10 ⁶
20	1.01 x 10 ⁻⁶	1.2606 x 10 ⁶
25	0.90 x 10 ⁻⁶	1.4147 x 10 ⁶
30	0.80 x 10 ⁻⁶	1.5915 x 10 ⁶

Fuente: Criterios de Diseño de Agua Potable Empleando

Tubería de PVC – DURALÓN®

Cuadro 2.4

**Valores de Rugosidad Absoluta ()
para diferentes materiales**

Material	Rugosidad absoluta (mm)
PVC	0.0015
PE	0.0015
Cobre y latón	15
Asbesto cemento (A-C)	0.025
Acero rolado nuevo	0.05
Fierro fundido nuevo	0.25
Fierro galvanizado	0.15

Concreto presforzado Freyssinet	0.025
---------------------------------	-------

*Fuente: Criterios de Diseño de Agua Potable Empleando
Tubería de PVC – DURALÓN ®*

- **Fórmula de Hazen – Williams.** Otra fórmula para calcular las pérdidas de carga muy utilizada actualmente por su sencillez es la fórmula de Hazen-Williams. En esta fórmula se usa un coeficiente “C” de fricción dado para cada material. La fórmula en unidades métricas es la siguiente.

$$hf = \frac{10.643 \cdot L \cdot Q^{1.852}}{C^{1.852} \cdot D^{4.87}} \quad (2.10)$$

Dónde:

hf = Pérdidas de carga por fricción (m)

C = Coeficiente de fricción (adim)

L = Longitud del tubo (m)

Q = Caudal (m³/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

D = Diámetro interno del tubo (m)

Cuadro 2.5
Valores del Coeficiente “C” para usarse en
la fórmula de Hazen - Williams.

Material	C (adim)
PVC	140
PE	150
Cobre y latón	130
Asbesto cemento (A-C)	135
Acero galvanizado	125
Fierro fundido nuevo	130

Concreto acabado común	120
------------------------	-----

*Fuente: Criterios de Diseño de Agua Potable Empleando
Tubería de PVC – DURALÓN ®*

- **Fórmula de Manning.** Por lo general la fórmula de Manning se ha usado para canales, trabajando como tuberías de conducción de agua la fórmula se usa considerando el conducto totalmente lleno. La aplicación de la fórmula de Manning será utilizada en este proyecto simplemente para la conducción libre.

DURALÓN ®, Criterios de diseño para redes de agua potable utilizando tubería PVC

2.3.1.b. Pérdida de carga locales.

En las tuberías, cualquier causa perturbadora, cualquier elemento o dispositivo que venga a establecer o elevar la turbulencia, cambiar la dirección o alterar la velocidad, origina una pérdida de carga.

A consecuencia de la inercia y de torbellinos, parte de la energía mecánica disponible se convierte en calor y se disipa bajo esta forma, resultando una pérdida de carga. En la práctica, las turbulencias no son constituidas exclusivamente de tubos rectilíneos y del mismo diámetro. Usualmente, incluyen piezas especiales y conexiones que, por la forma y disposición, elevan la turbulencia, provocan fricciones y causan el choque de partículas, dando origen a pérdidas de carga. Además se presentan, en las tuberías, otros hechos particulares como, válvulas, medidores, etc., también responsables de pérdidas de esta naturaleza.

Son estas pérdidas denominadas locales, localizadas, accidentales o singulares, por el hecho de resultar específicamente de puntos o partes bien determinadas de la tubería, al contrario de lo que ocurre con las pérdidas a consecuencia del flujo a lo largo de la misma.

Expresión general de las pérdidas locales.

Para definir claramente las pérdidas de carga se necesita hacer mención al teorema de Borda – Bélanger que planteó la siguiente ecuación para explicar las pérdidas de carga de un ensanchamiento brusco partiendo del teorema de Bernoulli.

“En cualquier ensanchamiento brusco de sección hay una pérdida de carga local medida por la altura cinética, correspondiente a la pérdida de velocidad”

$$hf = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad (2.11)$$

Tomándose el valor de V2 en función de V1, en la expresión (1), se encuentra todavía,

$$V_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot V_1$$

$$hf = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

$$hf = K \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

De un modo general todas las pérdidas locales pueden ser expresadas bajo la forma:

$$hf = K \cdot \frac{V_1^2}{2g} \quad (2.12)$$

Ecuación general para la cual el coeficiente K puede ser obtenido experimentalmente para cada caso.

Cuadro 2.6
Valores aproximados de K (pérdidas locales)

Pieza	K	-	Pieza	K
Ampliación gradual	0.3		Entrada de borda	1
Boquillas	2.75		Entrada abocinada	0.04
Compuesta, abierta	1		Medidor de Venturi	2.50**
Controlador de caudal	2.5		Reducción gradual	0.15*
Codo de 90°	0.9		Válvula de compuerta, abierta	0.2
Codo de 45°	0.4		Válvula de ángulo, abierta	5
Codo de 22°30'	0.2		Válvula tipo globo, abierta	10
Rejilla	0.75		Salida tubo	1
Curva de 90°	0.4		Te, pasaje directo	0.6
Curva de 45°	0.2		Te, salida de lado	
Curva de 22°30'	0.1		Te, salida bilateral	
Entrada redondeada ($r = D/2$)	0.23		Válvula de pie	
Entrada normal en tubo	0.5		Válvula de retención (check)	
Ampliación brusca	$(1-(D_1/D_2)^2)^2$		Reducción brusca ($D_2/D_1 < 0.76$)	$0.42 (1-(D_2/D_1)^2)$
			Reducción brusca ($D_2/D_1 > 0.76$)	$(1-(D_2/D_1)^2)$

*Fuente: Criterios de Diseño de Agua Potable Empleando
Tubería de PVC – DURALÓN ®*

Este trabajo experimental viene siendo realizado hace varios años, por ingenieros interesados en la cuestión, por fabricantes de conexiones y válvulas y por los laboratorios de hidráulica, mereciendo especial mención las investigaciones de Giesecke, de la Crane Company y del Laboratorio de Hidráulica de Munich, así como las observaciones más recientes de la Marina de los EE.UU.

Se verificó que el valor de K es prácticamente constante para valores del número de Reynolds superiores a 50 000. Se concluye entonces que para los fines de aplicación práctica, se puede considerar constante el valor de K para determinada pieza, desde que el flujo es turbulento, independientemente del diámetro de la tubería y de la velocidad y naturaleza del fluido.

Método de las longitudes equivalentes.

Un método, relativamente reciente, para tomar en cuenta las pérdidas locales es el de las longitudes equivalentes de tuberías. Una tubería que comprende diversas piezas especiales y otras características, bajo el punto de vista de pérdidas de carga, equivale a una tubería rectilínea de mayor extensión. En esta simple idea se basa un nuevo método para la consideración de las pérdidas locales, método de gran utilidad en la práctica.

Consiste en sumar a la extensión del tubo, para simple efecto de cálculo, extensiones tales que correspondan a la misma pérdida de carga que causarían las piezas especiales existentes en la tubería. A cada pieza especial corresponde una cierta extensión ficticia y adicional. Teniéndose en consideración todas las piezas especiales y demás causas de pérdidas, se llega a una *extensión virtual de la tubería*.

La pérdida de carga a lo largo de las tuberías, puede ser determinada por la fórmula de Darcy Weisbach anteriormente mencionada.

$$hf' = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad (2.8)$$

Para una determinada tubería, L y D son constantes y como el coeficiente de fricción f no tiene dimensiones, la pérdida de carga será igual al producto de un número puro por la carga de velocidad $\frac{V^2}{2g}$,

$$hf' = m \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Por otro lado, las pérdidas locales tienen la siguiente expresión general:

$$hf = K \cdot \frac{V_1^2}{2g} \quad (2.11)$$

Se observa, entonces que la pérdida de carga al pasar por conexiones, válvulas, etc., varía con la misma función de la velocidad que se tiene para el caso de resistencia al flujo en tramos

rectilíneos de tubería. Debido a esa feliz identidad se pueden expresar las pérdidas locales en función de extensiones rectilíneas de tubo.

Se puede obtener la extensión equivalente de tubo, que corresponde a una pérdida de carga equivalente a la pérdida local, efectuándose.

$$hf' = hf$$

$$\frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$L = \frac{K \cdot D}{f} \quad (2.12)$$

Cuadro 2.7

**Longitudes Equivalentes a pérdidas locales
(expresadas en metros de tubería rectilínea)**

Diámetro		Codo 90° radio largo	Codo 90° radio medio	Codo 90° radio corto	Codo 45°	Curva 90° R/D 1 1/2	Curva 90° R/D 1	Curva 45°	Entrada normal	Entrada de borda	Válvula de compuerta abierta
mm	plg										
13	1 / 2.	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.1
19	3 / 4.	0.4	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.5	0.1
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2
38	1 1/2	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	1	0.3
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.6	0.9	0.4	0.7	1.5	0.4
63	2 1/2	1.3	1.7	2	0.9	0.8	1	0.5	0.9	1.9	0.4
75	3	1.6	2.1	2.5	1.2	1	1.3	0.6	1.1	2.2	0.5
100	4	2.1	2.8	3.4	1.5	1.3	1.6	0.7	1.6	3.2	0.7
250	6	3.4	4.3	4.9	2.3	1.9	2.5	1.1	2.5	5	1.1
200	8	4.3	5.5	6.4	3	2.4	3.3	1.5	3.5	6	1.4
250	10	5.5	6.7	7.9	3.8	3	4.1	1.8	4.5	7.5	1.7

Diámetro		Válvula tipo globo abierta	Válvula de ángulo abierta	Te paso directo	Te salida lateral	Te salida bilateral	Válvula de pie	Salida de tubería	Válvula de retención tipo liviana	Válvula de retención tipo pesado
mm	plg									
13	1 / 2.	4.9	2.6	0.3	1	1	3.6	0.4	1.1	1.6
19	3 / 4.	6.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.6	0.5	1.6	2.4
25	1	8.2	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3	0.7	2.1	3.2
38	1 1/2	13.4	6.7	0.9	2.8	2.8	11.6	1	3.2	4.8
50	2	17.4	8.5	1.1	3.5	3.5	14	1.5	4.2	6.4
63	2 1/2	21	10	1.3	4.3	4.3	17	1.9	5.2	8.1
75	3	26	13	1.6	5.2	5.2	20	2.2	6.3	9.7
100	4	34	17	2.1	6.7	6.7	23	3.2	6.4	12.9
250	6	51	26	3.4	10	10	39	5	12.5	19.3
200	8	67	34	4.3	13	13	52	6	16	25
250	10	85	43	5.5	16	16	65	7.5	20	32

*Fuente: Criterios de Diseño de Agua Potable Empleando
Tubería de PVC – DURALÓN ®*

2.3.2. Elementos de seguridad en tuberías

Para la instalación de un sistema de bombeo se tienen dos tipos de tuberías:

- Las que corresponden a la succión del agua del cárcamo de bombeo.
- Las tuberías de impulsión.

A continuación se expresan consideraciones especiales en cuanto a seguridad, instalación y ubicaciones recomendables para estos dos tipos de tuberías.

Tubería de succión.

La tubería de succión debe ser la más corta posible, evitándose al máximo, piezas especiales como curvas, codos, etc. La tubería de succión debe ser siempre ascendente hasta alcanzar la bomba. Se pueden admitir pequeños tramos perfectamente horizontales.

Siempre que las diversas bombas tuvieran sus tuberías de succión conectadas a una tubería única (de mayor diámetro), las conexiones deberán ser hechas por medio de Y (uniones), evitándose el empleo de tes.

La tubería de succión generalmente tiene un diámetro comercial inmediatamente superior al de la tubería de descarga. La altura máxima de succión más las pérdidas de carga, debe satisfacer las especificaciones establecidas por el fabricante de las bombas. Teóricamente, la altura de succión máxima sería de 10.33 m a nivel del mar (una atmósfera).

Prácticamente es muy raro alcanzar 7.50 m. Para la mayoría de las bombas centrífugas la altura de succión debe ser inferior a 5 m. (Los fabricantes generalmente especifican, las condiciones de funcionamiento, para evitar la aparición de fenómenos de cavitación. Para cada tipo de bomba debe ser verificada la altura máxima de succión).

Cuadro. 2.8
Alturas máximas de succión. *

Altitud (m.s.n.m.)	Presión Atmosférica (m H₂O)	Límite Práctico de succión (m)
0	10.33	7.60
300	10.00	7.40
600	9.64	7.10
900	9.30	6.80
1200	8.96	6.50
1500	8.62	6.25
1800	8.27	6.00
2100	8.00	5.70
2400	7.75	5.50
2700	7.50	5.40
3000	7.24	5.20

* Importante. La altura de succión admisible para un determinado tipo de bomba depende de otras condiciones y deberá ser verificada en cada caso.

AZEVEDO NETTO, J.M. y ACOSTA ÁLVAREZ, Guillermo (1976), Manual de Hidráulica

- **Tubería de impulsión.**

No existen recomendaciones especiales para las tuberías de impulsión más allá de aquellas que se apliquen también a aducciones a presión en general. Entre los fenómenos más importantes que

afectan la seguridad de las tuberías de impulsión y el sistema de bombeo en general se encuentran:

- a) Golpe de Ariete.
- b) Seguridad estructural de la tubería.

a) Golpe de Ariete.

Se llama golpe de ariete al aumento o disminución de presión que se observa en una tubería cuando ésta cambia bruscamente la velocidad del líquido que circula por ella. El rápido cierre o apertura de una válvula produce una onda de presión en una tubería, cuya intensidad es proporcional a la velocidad de propagación de la onda que se produce y a la velocidad del flujo que se destruye.

El mecanismo del golpe de ariete se manifiesta de la siguiente manera:

Una tubería conduce agua a una cierta velocidad. A lo largo de la misma existen, varias porciones de masa líquida que se denominan láminas, en las cuales se verifica lo siguiente:

- Con el cierre de una válvula, la lámina 1 ubicada detrás de ella se comprime y su energía de velocidad (velocidad V), se convierte en energía de presión, ocurriendo simultáneamente la dilatación del tubo y esfuerzos internos en la lámina (deformación elástica). Lo mismo sucederá enseguida con la lámina 2, 3, 4, ... etc., propagándose una onda de presión hasta la lámina n junto al depósito.
- La lámina n , enseguida, debido a los esfuerzos internos y a la elasticidad del tubo, tiende a salir de la tubería, en dirección al depósito, con velocidad $-V$, ocurriendo lo mismo sucesivamente con las láminas $n-1$, $n-2$,, 4, 3, 2, 1. Mientras tanto, la lámina 1 había quedado con sobre presión durante el tiempo “ T ” llamado *fase o periodo* de la tubería.
- Debido a la depresión en la tubería, el agua tiende a ocuparla nuevamente, volviendo a la válvula las láminas de encuentro esta vez con la velocidad V . Y así sucesivamente. En las consideraciones hechas más arriba, fue despreciada la fricción a lo largo de la tubería, que en la práctica, contribuye para la amortiguación de los golpes sucesivos.

La velocidad de propagación de la sobre presión “C” o celeridad de onda, está dada por la expresión:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{e}}} \quad (2.14)$$

Dónde:

C = Celeridad de onda (m/s)

K = Coeficiente que relaciona los módulos de elasticidad = $10^{10} / E$

E = Módulo de elasticidad de la tubería (Kg. / m²)

D = Diámetro interior de la tubería (m)

e = Espesor de la pared de la tubería (m)

Si la tubería tiene diferentes diámetros y espesores, la velocidad de propagación “C” calcula para cada tramo o longitud con diámetro y espesor constante.

Fase o periodo de la tubería y duración de la maniobra de cierre.

Se denomina fase o periodo de la tubería “T”, el tiempo en que la onda de sobre presión va y vuelve de una extremidad a otra de la tubería.

$$T = \frac{2 \cdot L}{C} \quad (2.15)$$

Dónde:

L = Longitud de la tubería entre la válvula y el espejo de agua superior (m)

C = Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/seg.)

Cuando la onda llega, al regresar, ella cambia el sentido, haciendo de nuevo el mismo recorrido de ida y vuelta en el mismo tiempo T, pero con signo contrario, bajo la forma de onda de depresión.

El tiempo de cierre de la válvula es un importante factor. Si el cierre es muy rápido, la válvula quedará completamente cerrada antes de actuar la onda de depresión. Por otro lado, si la

válvula es cerrada lentamente, habrá tiempo para que la onda de depresión actúe, antes del cierre completo.

Por lo tanto, si se considera el *tiempo de maniobra de cierre* “ t_c .” existen dos situaciones:

- Maniobra rápida si : $t_c < \frac{2 \cdot L}{C}$
- Maniobra lenta si : $t_c > \frac{2 \cdot L}{C}$

Maniobra rápida. Fórmula de Allievi.

La sobre presión máxima ocurre cuando la maniobra es rápida, esto es, cuando $t_c < \frac{2 \cdot L}{C}$

(todavía no actuó la onda de depresión)

La sobre presión máxima en el extremo de la línea, puede ser calculada con la expresión de Allievi:

$$ha = C \cdot \frac{V}{g} \quad (2.16)$$

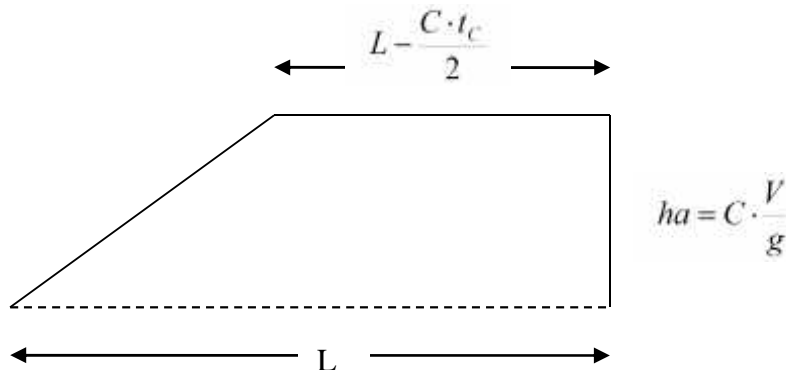
Dónde:

ha = Aumento de presión o máximo incremento de carga en m H₂O.

V = Velocidad media del agua (m /seg.)

g = Aceleración de la gravedad (m / seg²)

A lo largo de la tubería la sobre presión se distribuye conforme al diagrama de la siguiente figura:



Maniobra lenta. Fórmula de Michaud.

Se puede aplicar la fórmula de Michaud que considera la proporción de la velocidad con la relación de “T / tc” (Válida para maniobras con variación lineal de velocidad)

$$ha = \frac{2 \cdot L \cdot V}{g \cdot t_c} \quad (2.16)$$

Dónde:

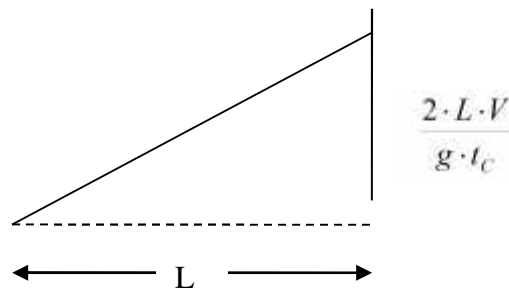
ha = Aumento de presión o máximo incremento de carga en m H₂O.

V = Velocidad media del agua (m /seg)

L = Longitud de la tubería entre la válvula y el espejo de agua superior (m)

g = Aceleración de la gravedad (m / seg²)

A lo largo de la tubería la sobre presión se distribuye conforme al diagrama de la siguiente figura:



La fórmula de Michaud también puede ser aplicada para la determinación del tiempo o maniobra de cierre a ser adoptado, con el fin de que la sobre presión no sobrepase determinado límite preestablecido.

La fórmula de Michaud permite llegar a valores superiores a los verificados experimentalmente, sin embargo, es aplicada en la práctica por ser más segura. GILES, Ronald (1969), *Mecánica de los Fluídos e Hidráulica*,

c) Seguridad estructural. (NB 688)

Las tuberías a utilizarse en el proyecto son de diámetros pequeños y colocados en terrenos agrícolas por lo que no existe un gran riesgo de aplastamiento o rotura por acción de vehículos. De todas formas se presenta el cálculo de las cargas y resistencias en el capítulo de diseño de las obras. Ya que no es un factor preponderante en el proyecto

solamente se mencionará que se realizarán los cálculos de verificación estructural según lo que establece la norma boliviana NB – 688 para resistencia de tuberías.

Consideraciones generales sobre instalación, operación y mantenimiento de las bombas.

Para el recibimiento, instalación, operación y mantenimiento de bombas, se sugieren las siguientes recomendaciones básicas.

Recibimiento. Cualquier bomba adquirida deberá ser debidamente examinada en lo que respecta a capacidad (caudal), presión y eficiencia, siendo que las dos primeras características deberán constar en la placa de identificación del equipo juntamente con el tipo, número fabricación y otros datos que se crean de interés.

Sitio de instalación. El conjunto moto-bomba debe ser instalado, siempre que sea posible, en local seco, bien ventilado, de fácil acceso a inspecciones periódicas y al abrigo de la intemperie y d tormentas. Si hubiere un depósito o tanque de agua en sus inmediaciones, tratar de instalarla bomba por debajo del nivel mínimo del mismo, con el fin de posibilitar el cebaje de la bomba por debajo del nivel mínimo del mismo, con el fin de posibilitar el cebaje de la bomba sin necesidad de prever cualquier otro equipo especialmente destinado a ese fin. En la casa de bombas (instalación elevadora) deberá existir espacio suficiente para permitir una inspección cuidadosa. Antes de dudarse por concluida definitivamente la instalación de la bomba, se recomienda una minuciosa lectura del libro de instrucciones, verificando una vez más si la disposición de la tubería es plenamente satisfactoria.

Instalación. El conjunto moto-bomba debe ser instalado sobre una base o cimentación estructuralmente bien dimensionada (preferentemente de concreto o mampostería), exenta de vibraciones. Las dimensiones del bloque de cimentación debe exceder de 5 a 10 cm., respectivamente en el ancho y en la longitud, la base de fierro que sostiene el conjunto moto-bomba.

El bloque deberá poseer, por lo menos, 4 perforaciones de 7 a 8 cm. de diámetro y 15 cm. de profundidad para recibir los tornillos fijadores destinados a unir la base de fierro al mismo.

Se asienta el conjunto en el bloque, nivelándolo con cuñas dispuestas entre la base y la cimentación, llenándose posteriormente el hueco de las perforaciones de los tornillos fijadores

con concreto. Después del endurecimiento del concreto se retiran las cuñas y se aprietan las tuercas de los fijadores.

Alineación. En el recibimiento de conjuntos moto-bomba, los mismos deberán ser verificados en lo que respecta a su alineación. Después del transporte, colocación y conexión de las tuberías de succión y descarga, la alineación deberá ser nuevamente objeto de la verificación.

Se coloca una regla en las caras cilíndricas de las dos mitades de la unión elástica, la alineación solamente será perfecta si la regla toca las mitades de la unión por igual. Esta prueba debe ser efectuada por lo menos en dos puntos distanciados de 90 grados.

Deberá también ser medida a distancia entre las caras opuestas de las dos partes de la unión elástica, que deben ser iguales en toda la circunferencia. Se recomienda que sea mantenida entre las dos caras una distancia de 1 a 2 mm.

Es importante recalcar que la unión elástica no debe ser usada para compensar desalineación entre la bomba y el motor, pues sirve únicamente para compensar la dilatación, debido a cambio de temperatura, así como para disminuir el golpe en el arranque y parada del motor.

Tuberías. El peso de las tuberías no debe ser soportado por la bomba y sí debe ser apuntalado independientemente, de tal forma que cuando los tornillos de las bridas fueren ajustados, ninguna tensión será ejercida sobre la carcasa de la bomba.

Se recomienda, tanto en la succión como en la descarga, el empleo de tuberías con diámetro mayor que el de la entrada y salida de la bomba. Las tuberías deben ser lo más cortas posible y con el menor número de piezas, a fin de disminuir las pérdidas de carga por fricción. Las curvas, cuando sean necesarias, debe ser de radio largo.

Es necesaria una minuciosa verificación de los tubos de succión y descarga antes de su instalación, verificando si están limpios y totalmente libres de obstrucciones.

La reducción o aumento del diámetro en las tuberías inmediatas a la bomba debe ser hecha con dispositivos del tipo excéntrico, para evitar la formación de bolsas de aire.

Tubería de succión

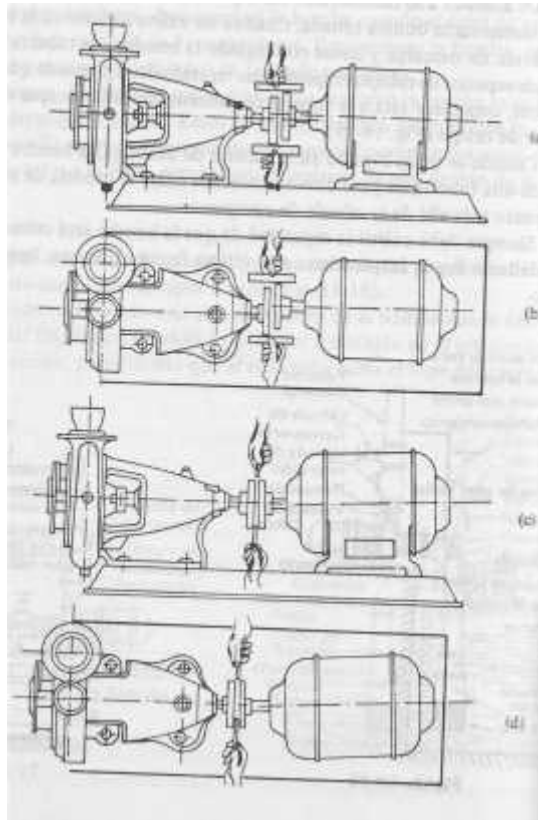
El diámetro de la tubería de succión debe ser tal que la velocidad en su interior no supere 2 m /seg., en el caso de agua fría.

La altura de succión, definida como la distancia entre el eje de la bomba y la superficie del líquido a ser bombeado, más las pérdidas de carga en la tubería de succión, debe ser la menor posible. El valor admisible para la altura depende del peso específico del líquido, de la temperatura y de la presión de vapor, como también de la presión atmosférica y se sitúa en torno de 6 m para bombas trabajando con agua fría y puede ser hasta 7 m en el caso de bombas auto-cebantes. Solamente líquidos limpios y fríos pueden ser bombeados con la altura especificada de succión.

Cuando la bomba tenga que expeler líquidos calientes o volátiles, deberá trabajar ahogada, no pudiendo la misma hacer ninguna succión, para evitar la vaporización en la entrada del motor.

Deben ser evitadas las bolsas de aires en la tubería de succión mediante la adopción de las siguientes medidas:

- a) Utilización de dispositivos de reducción excéntricos.
- b) Colocación de la tubería de succión con ligero declive en dirección al punto de succión. Esto cuando la bomba no trabaje ahogada. Este declive debe ser gradual de la bomba hacia la fuente de alimentación. No debe ser instalada ninguna sección de la tubería arriba de la boca de entrada de la bomba; si algún obstáculo obliga tal subida es preferible conducir la cañería por abajo del mismo (Fig. 2.6)



(Fig 2.6 Colocado de bombas)

- c) Construcción del cárcamo de bombeo para evitar agitación del líquido, lo que resultaría en la entrada de aire en la tubería de succión (Fig. 2.7)

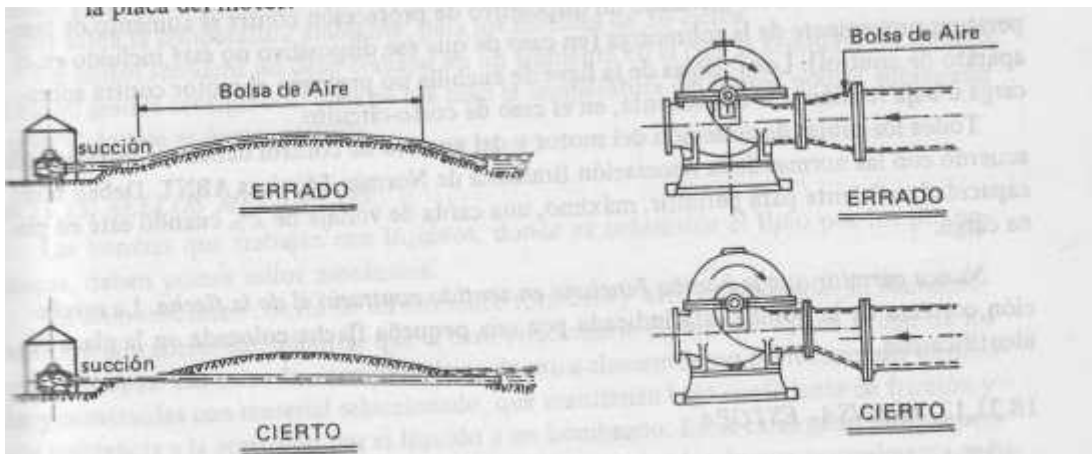


Figura 18-22

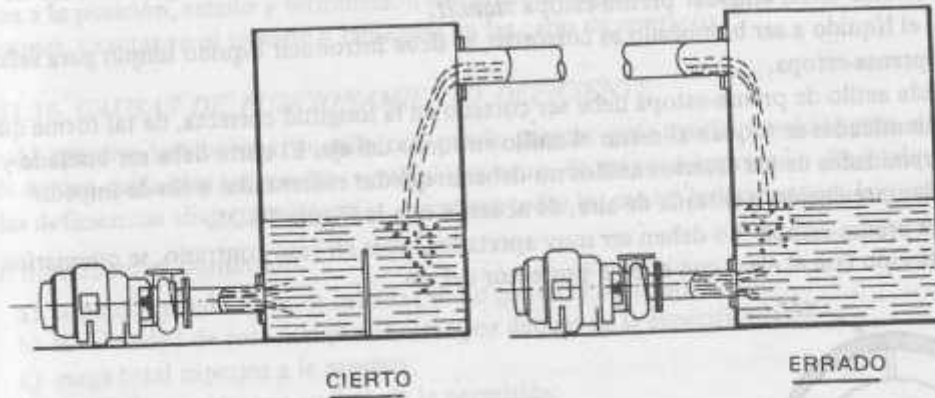


Figura 18-23

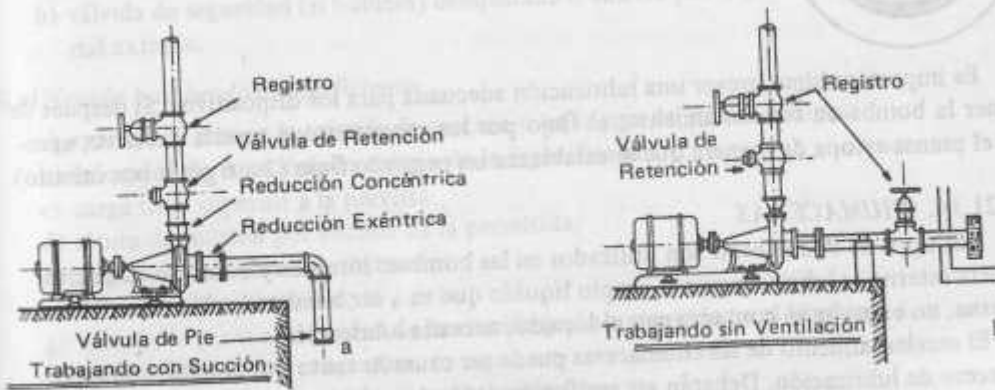


Figura 18-24

- d) Si más de una bomba funciona en el mismo cárcamo de bombeo, deben ser empleadas tuberías de succión independientes.
- e) Utilización de compuestos para sello o cierre hermético en todas las uniones, a fin de evitar entrada de aire en la tubería de succión. Se verifica que el mal funcionamiento de las bombas se debe en la mayoría de los casos, a la entrada de aire en la tubería de succión.
- f) La extremidad de la tubería de succión deberá quedar a una altura por debajo del nivel mínimo del líquido que se va a bombear, suficiente para impedir la entrada de aire en la tubería de succión.

Se recomienda la colocación de una rejilla o filtro en la extremidad de la tubería de succión evitando de esta forma la entrada de impurezas y materias extrañas en la bomba. Si la bomba trabaja ahogada, se recomienda la colocación en la tubería de una válvula de compuerta, con el fin de poder interrumpir el flujo para eventuales reparaciones o sustituciones. Para evitar la formación de bolsas de aire es importante que se desplace el vástago de la válvula (registro) hasta la posición horizontal o vertical hacia abajo. Después de concluida la instalación, deberá ser minuciosamente examinada la tubería de succión, probándola mediante el empleo de agua bajo presión, para localizar las eventuales fugas.

Las bombas centrífugas deben poseer, en la extremidad de la tubería de succión una válvula de pie, a fin de mantener la bomba cebada (llena de líquido). En bombas auto-cebantes, la válvula de pie es innecesaria.

Válvula de pie. En el caso de que no se disponga de otro medio de cebar la bomba, deberá ser prevista la utilización de válvula de pie en la extremidad de la tubería de succión. Este dispositivo debe ser del tipo “oreja” y tener un área útil de pasaje de por lo menos 150% del área de la tubería de succión.

Cualquier pequeña impureza puede originar una fuga en la válvula de pie, vaciando la bomba cuando esté parada. Cuando el conjunto moto bomba tiene dispositivo automático de arranque y parada, una tubería de por lo menos 5 cm. de diámetro debe ser instalada como paso directo bypass entre la válvula de retención y arriba de ella (tubería de descarga) y la tubería de succión.

Mientras tanto, un dispositivo de seguridad debe ser instalado, evitando que la bomba entre en funcionamiento cuando no esté completamente cebada.

Para instalaciones no automatizadas, es conveniente que se instale en la tubería de paso directo una válvula de control, a fin de cebar la bomba cada vez que ella entre en funcionamiento. De todos modos las válvulas de pie existentes en el mercado ya vienen provistas de rejilla o filtro.

Rejilla o filtro. Como se dijo anteriormente, con la finalidad de impedir la entrada de impurezas hasta la bomba, se recomienda la colocación de una rejilla o filtro en la extremidad de la tubería de succión. Este dispositivo deberá tener un área útil de pasaje de 3 a 4 veces más, como mínimo, que el área de paso de la tubería de succión. Preferentemente las rejillas o filtros, separadores de impurezas deben ser montados independientemente, a fin de reducir las pérdidas de carga por fricción en la tubería de succión. La rejilla debe ser limpiada periódicamente, de acuerdo con las necesidades.

Tubería de descarga. En la tubería de bombeo deberán ser instalados, luego en la salida de la bomba, una válvula de retención o válvula check y una válvula de compuerta. La primera tiene por objeto evitar que el líquido vuelva cuando la bomba sea desconectada, así como también sirve de protección contra el exceso de presión, el golpe de ariete e impide al mismo tiempo que la bomba gire en sentido contrario al de su rotación. Es también útil para el cebaje de la bomba. La válvula de compuerta sirve, cuando está cerrada, para interrumpir el flujo en caso de eventuales reparaciones y sustituciones.

La válvula de retención debe ser colocada entre la válvula de compuerta y la bomba permitiendo así inspeccionarla cuando sea necesario.

Si se utilizan reducciones en la tubería de descarga, las mismas deben estar situadas entre la válvula de retención y la bomba.

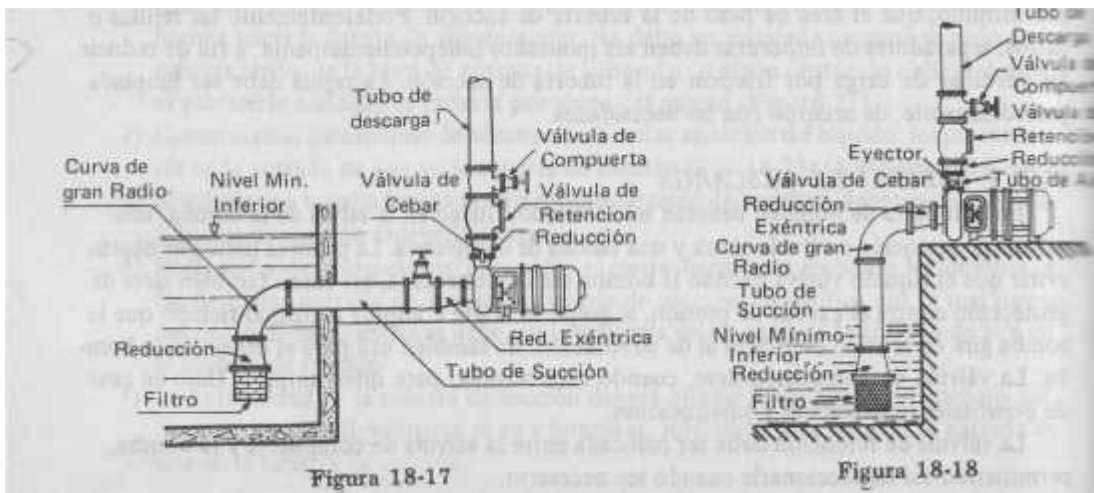
Las características de la tubería de descarga son determinadas por la pérdida de carga, velocidad y viscosidad del líquido, siendo que el diámetro deberá ser, siempre que sea conveniente, dos medidas mayores que el diámetro de salida de la bomba y nunca menor que éste último.

Procesos para el cebado de bombas.

Antes de poner en funcionamiento cualquier bomba, se debe llenar la tubería de succión con el líquido a ser bombeado (cebado). Las piezas dentro de la bomba dependen de la lubricación que les suministra el líquido a impulsar, pudiendo fallar si la bomba funciona en seco.

Los procesos comunes para cebar son:

- *Bomba sumergida.* Cuando la bomba es instalada con el eje por debajo del nivel del líquido a ser impulsado, queda automáticamente cebada cuando la válvula de purga superior es abierto, dejando escapar el aire (Fig. 18-17)

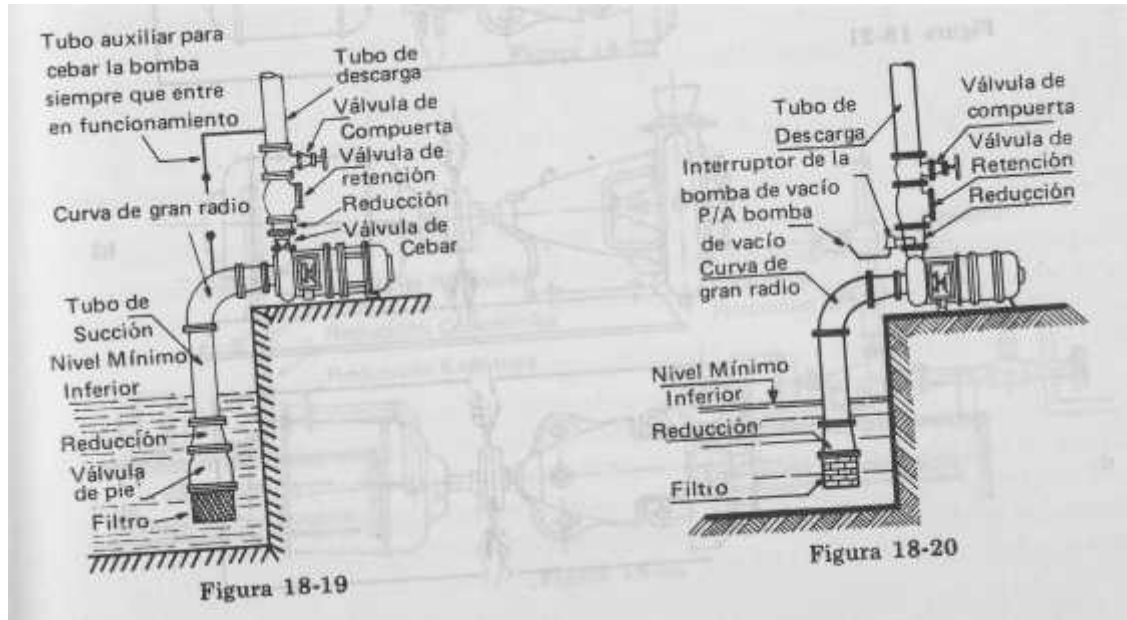


El interruptor, accionado por una boya, desconectará la bomba cuando el nivel de agua en la fuente de abastecimiento baje más allá de lo conveniente. Esto protege la bomba, impidiendo su funcionamiento en seco y la posibilidad de fallas de sus piezas. Varios fabricantes construyen dispositivos automáticos que protegen la bomba cuando ella funciona con control de arranque y parada. Estos dispositivos deben asegurar que la bomba esté llena, cada vez que ella entre en funcionamiento, especialmente en los casos en que la fuente de abastecimiento haya fallado, permitiendo la entrada de aire dentro de la bomba.

- *Eyector.* Cuando las bombas con altura de succión, pueden ser cebadas por medio de un eyector o accionado por aire comprimido, vapor o agua (Fig. 18-18). El eyector debe ser instalado en el punto más alto del cuerpo de la bomba donde exista una abertura roscada para tal fin, el cual desaloja todo el aire contenido en el interior de la bomba y de la tubería de succión, permitiendo que el agua suba hasta el tope del cuerpo de la bomba. Para cebar la bomba con aire o vapor, se cierra la válvula de compuerta en la tubería de descarga próxima a la bomba. Si la tubería de descarga contiene líquido, no es necesario cerrar la válvula de compuerta, porque la de retención se mantendrá cerrada. Una vez que el tubo de descarga del eyector comience a descargar el líquido, la bomba podrá entrar en funcionamiento. Cuando la bomba entre en funcionamiento, se debe dejar salir un chorro de líquido que indique que la bomba está completamente cebada. Si este chorro no se obtiene, la bomba no está cebada y se debe detener y repetir el mismo proceso.
- *Cebar con bomba de vacío.* Cuando la bomba funciona con altura de succión, puede ser cebada por medio de una bomba de vacío que disloque el aire contenido en el cuerpo de la electro-bomba y en la tubería de succión (Fig. 18-20). Una bomba de vacío brindada (a prueba de agua) debe ser empleada, preferentemente, para que sea dañada, en caso de que el líquido llegue a penetrar hasta ella. Con una bomba de vacío del tipo seco, se debe disponer de un dispositivo que evite la entrada de agua dentro de la bomba. Un cebador manual es suficiente para las electro-bombas.
- *Cebar con válvula de pie.* De acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior, la válvula de pie es un dispositivo para conservar la bomba cebada. Cuando no exista líquido en la tubería de descarga, cerrar la válvula de descarga y llenar con líquido la bomba y la tubería de succión, a través de la válvula superior de cebaje, empleándose un embudo. En caso de que se disponga de agua con presión, conéctese ésta a la tubería de succión, dejando escapar el aire por la válvula superior e cebaje (Fig. 18-19).

Cuando se tenga líquido en la tubería de descarga, la bomba podrá ser cebada por medio de una tubería de paso directo colocada entre la tubería de succión y la de descarga, en un punto

más allá de la válvula de compuerta. Siempre debe existir la seguridad de que la bomba está cebada, porque la válvula de pie puede tener fugas. Inspeccionar esta última frecuentemente, limpiándola cuando sea necesario.



Cebado automáticamente. Para servicios intermitentes en el que el eje de la bomba queda arriba del nivel del líquido a ser bombeado, un dispositivo automático de cebaje puede ser instalado, siendo la bomba cebada automáticamente todas las veces que ella pare. AZEVEDO NETTO, J.M. y ACOSTA ÁLVAREZ, Guillermo (1976), *Manual de Hidráulica*

CAPÍTULO III
PROPUESTA DEL PROYECTO

3.1 Objetivos y componentes y del proyecto

Cuadro 3.1 Marco Lógico

OBJETIVOS	INDICADORES		FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
	Sin Proyecto	Con proyecto		
<p>Objetivo general: Mejorar la calidad de vida de los pobladores de Gamoneda y la posibilidad de generar mayores ingresos económicos, incrementando la producción agrícola, con la instalación de equipos y construcción de obras complementarias al canal de riego de la presa Calderas.</p>	6 familias campesinas perciben un ingreso anual neto promedio de \$us. 619.87 por familia.	6 familias incrementan sus ingresos anuales netos a \$us. 1383.91 por familia.	Evaluación expost. Entrevistas a usuarios. Encuestas de producción agropecuaria.	Se establece una asociación de regantes que opera, mantiene y gestiona el sistema de riego por bombeo.
<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejorar las condiciones para la actividad productiva agropecuaria, asegurando dos cultivos rotacionales por año. ✓ Convertir las áreas cultivables a secano, a terrenos bajo riego complementario óptimo. ✓ Utilizar todos los criterios técnicos que optimicen el uso de los recursos y de equipos. 	Se tienen 12.5 hectáreas que se cultivan únicamente a secano.	Con la implementación del bombeo se tienen 12.5 hectáreas de tierras bajo riego óptimo.	Informes de evaluación de la Alcaldía de Cercado, Subprefectura de Cercado.. Encuestas a usuarios.	Se opera con eficiencia el sistema de bombeo, con el adecuado uso del agua y el pago de las tarifas del consumo eléctrico de los equipos. La productividad mejora con la rotación de cultivos y se garantizan las siembras de invierno y verano.

<p>Metas: Sistema de bombeo implementado para aprovechar el agua del canal de riego de Calderas.</p> <p>Productividad agropecuaria incrementada.</p> <p>Asociación de usuarios entrenados y capacitados en tareas de operación y mantenimiento.</p>	<p>El agua regulada de la presa Calderas no es aprovechada por la comunidad de Gamoneda.</p>	<p>Se han instalado los equipos de bombeo y obras de regulación y distribución, que aprovechan el caudal destinado para la comunidad.</p>	<p>Seguimiento y supervisión de las obras en la fase de ejecución. Libros de actas de la organización. Entrega y puesta en marcha de las obras. Organización de usuarios, autogestionaria.</p>	<p>La fuente de agua permite el abastecimiento seguro a las áreas de riego. Las obras han sido construidas de acuerdo al diseño. Los precios y rendimientos de los productos agrícolas se mantienen. Los beneficiarios gestionan el sistema eficientemente.</p>
<p>Actividades: Instalación de dos bombas eléctricas de 5 HP con un caudal máximo de 7.5 Lt/s. Tendido de 187 metros de tubería de impulsión de PVC. Construcción de tanque de regulación en hormigón armado con volumen útil de 200 m³. Construcción de 713 metros de canal de hormigón simple. Acompañamiento en la etapa de construcción y para la operación y mantenimiento del sistema.</p>	<p>No se tiene infraestructura suficiente para abastecer de riego.</p>	<p>Presupuesto de obras ejecutado. Presupuesto de operación y mantenimiento ejecutado.</p>	<p>Informes de supervisión. Informes de ejecución presupuestaria. Visitas de campo.</p>	<p>La empresa contratista cumple con el cronograma de ejecución de obras. Los beneficiarios cumplen con su aporte en mano de obra. La entidad financiadora desembolsa recursos oportunamente</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Producción agropecuaria

3.2.1 Cédula de cultivos:

Para garantizar por lo menos dos cultivos rotativos en cada terreno por año es que se plantea la siguiente cédula de cultivo que va acorde a las posibilidades de inversión de los propietarios de las tierras y el grado de conocimiento de estos cultivos. Del estudio agronómico de factibilidad del proyecto Calderas se puede comentar la necesidad de un mejoramiento manual o tecnificado de las tierras que por su alta pedregosidad constituye un factor limitativo para el cultivo de frutales y verduras. Existe un gran potencial para cultivos como la haba y el duraznero pero que deben ser abordados con mayor acompañamiento y asesoramiento.

Cuadro 3.2

Distribución de los cultivos propuestos

CULTIVOS	CULTIVO INVIERNO	CULTIVO VERANO
	(Has.)	(Has.)
Maíz choclo	3.5	
Maíz grano		5.5
Papa misca	3.5	
Papa temprana		5.5
Arveja verde	2	
Total periodo	9	11
Total anual	20	

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Calendario Agrícola

Para el cálculo del balance hídrico, se considera el calendario agrícola sin proyecto y con proyecto. En la propuesta del calendario agrícola para el proyecto, no se introducen cambios significativos porque se considera a los cultivos ya existentes, las épocas de siembra y cosecha ya están establecidas desde hace muchos años.

Recalcar que, se aprovechará al máximo la época húmeda por sobre la época seca ya que el riego en la época de estiaje resulta caro por el uso de energía eléctrica para el bombeo del agua requerida; es por esto que la mayor parte de las áreas cultivadas serán aprovechadas en el periodo entre diciembre hasta marzo. En el cuadro que sigue se presenta el calendario de cultivos para el proyecto.

Todas las labores referidas al cultivo se detallan en el Anexo 9. Agro economía en la que se detallan todos los trabajos necesarios para la preparación de los terrenos para la siembra, el proceso de siembra y las labores culturales propias para el cuidado de cada uno de los cultivos actuales y los presentados en la propuesta agronómica. Esta información es recogida del Estudio Agronómico de la presa Marquiri y se presenta como un análisis referencial de los costos de la producción en zonas altas del valle central de Tarija.

Cuadro 3.3
Calendario agrícola actual y propuesto

SIN PROYECTO: A SECANO

Cultivo	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Maíz						S						C
Trigo								S				C
Papa						S			C			
Arveja verde								S				C

CON PROYECTO: RIEGO COMPLEMENTARIO

Cultivo	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
Maíz (choclo)			S				C					
Papa precoz									S			C
Papa tardía			S				C					
Maíz (grano)							S					C
Arveja verde		S			C							

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Producción agrícola esperada con el proyecto.

Para cuantificar los volúmenes de la producción agrícola esperada con el proyecto, consideramos la distribución de los cultivos por superficie y el rendimiento promedio de cada cultivo en base a la información obtenida en la zona.

Cuadro 3.4
Producción agrícola esperada en la
comunidad Gamoneda

CULTIVOS	CULTIVO INVIERNO	RENDIMIENTO PROMEDIO	CULTIVO VERANO	RENDIMIENTO PROMEDIO	VOLUMEN TOTAL DE PRODUCCIÓN
	(Has.)	(Tn/Ha.)	(Has.)	(Tn/Ha.)	(Tn)
Maíz choclo	3.5	1.8		1.8	6.3
Maíz grano		5.5	5.5	5.5	30.25
Papa misca	3.5	8.0		8.0	28
Papa temprana		8.0	5.5	8.0	44
Arveja verde	2	3.5		3.5	7
Total periodo	9		11		115.55

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Destino de la producción.

Al garantizar los cultivos de invierno y verano se tendrá mayor oportunidad de venta ya que se tendrán mayores excedentes, al mismo tiempo se requiere un menor porcentaje de autoconsumo ya que la seguridad alimentaria estará garantizada. Con ello también se puede ver un impacto positivo en la población con la oportunidad de tener una dieta más balanceada al tener la posibilidad de la diversificación y rotación de cultivos.

Cuadro 3.5
Destino de la producción agrícola esperada
en la comunidad Gamoneda

CULTIVOS	VOLUMEN TOTAL PRODUCCIÓN		AUTOCONSUMO		VENTA	
	(%)	(Tn)	(%)	(Tn)	(%)	(Tn)
Maíz choclo	100	6.3	20	1.3	80	5.0
Maíz grano	100	30.3	25	7.6	75	22.7
Papa misca	100	28.0	25	7.0	75	21.0
Papa temprana	100	44.0	20	8.8	80	35.2
Arveja verde	100	7.0	10	0.7	90	6.3
T O T A L	100	115.6	25	25.3	100	90.2

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 Valor de la producción agrícola con proyecto

En base a los rendimientos y precios promedios en el mercado interno se elaboró el siguiente cuadro:

Cuadro 3.6
Valor de la producción agrícola actual
en la comunidad Gamoneda

CULTIVOS	Superficie	Ingreso Bruto Unit.	Ingreso Bruto Total	Costos Unitarios	Total Costos	Ingreso Neto Total
	(Has)	(\$US / Ha)	(\$US)	(\$US/Ha)	(\$US)	(\$US)
Maíz choclo	3.5	405.18	1418.13	244.06	854.21	563.92
Maíz grano	5.5	773.85	4256.18	233.12	1282.16	2974.02
Papa misca	3.5	1440.00	5040.00	990.10	3465.35	1574.65
Papa temprana	5.5	1440.00	7920.00	954.81	5251.46	2668.55
Arveja verde	2	630.00	1260.00	368.85	737.70	522.30
T O T A L			19894.31		11590.88	8303.43

Fuente: Elaboración propia.

Los costos unitarios de la producción son valores promedios utilizados en base a información agronómica del proyecto de riego Marquiri. En ellos se realiza un análisis de los costos de las labores culturales necesarias para cada cultivo, como también el precio de semillas, fertilizantes y pesticidas.

El valor e ingreso neto de la producción agrícola total con proyecto en el área de influencia del mismo es notoriamente mejorado, debido que se con el riego se garantizan los dos cultivos al año lo que aumenta las posibilidades de venta de excedentes con una mejor calidad de los productos.

Este valor o ingreso neto alcanza a 8303.43 \$us por año que representa un ingreso neto promedio de 1383.91 \$us por familia considerando a las 6 familias o usuarios existentes en la zona del proyecto.

3.3 Determinación del área de riego incremental

En la zona beneficiaria del proyecto se tienen pequeños tanques de tierra construidos para recoger el agua de lluvia de la época húmeda para que pueda ser distribuido en algunos cultivos como el trigo y la arveja que son más sensibles al déficit hídrico. Sin embargo por las limitaciones del programa ABRO 3.1 no se puede definir de manera clara la situación de un riego selectivo, es por esto que el programa calcula un factor de Área Bajo Riego Óptimo (ABRO) de 0 para la Situación Sin Proyecto.

La realidad de la producción actual es que la mayor parte del área cultivable es aprovechada con la siembra de todos los cultivos posibles a secano, de esta manera garantizan la alimentación de las familias campesinas para todo el año. Los cultivos están sujetos a la variabilidad del clima y las precipitaciones por lo que no se garantizan volúmenes aceptables de producción, o simplemente los productos no se desarrollan de manera óptima para poder ser competitivos a nivel comercial.

El ABRO toma un factor de 1 para la Situación Con Proyecto porque se tienen parcelas bien delimitadas, que son cultivadas anualmente y que pueden ser fácilmente habilitadas para el riego. De esta manera se contrasta la posición de no tener áreas bajo riego óptimo en la situación Sin Proyecto y un aprovechamiento máximo esperado para la situación Con Proyecto. A continuación se muestran el cuadro resumen de cálculo de Área Incremental.

Cuadro 3.7 RESUMEN DEL CALCULO DEL AREA INCREMENTAL

SIN PROYECTO	CULTIVO	Maíz (grano)	Papa	Arveja (verde)	Trigo	0	0	0	0	0	0	TOTAL	
	AREA REAL	5.00	4.00	2.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50
	AREA BAJO RIEGO OPTIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CON PROYECTO	CULTIVO	Maíz (choclo)	Papa (precoz)	Papa (tardía)	Maíz (grano)	Arveja (verde)	0	0	0	0	0	TOTAL	
	AREA REAL	3.50	5.50	3.50	5.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	
	AREA BAJO RIEGO OPTIMO	3.50	5.50	3.50	5.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	
AREA INCREMENTADA POR CULTIVO		3.50	5.50	3.50	5.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	
MES		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
SIN PROYECTO		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CON PROYECTO		0.00	2.00	9.00	9.00	9.00	7.00	12.50	5.50	11.00	11.00	11.00	11.00
AREA INCREMENTADA MES		0.00	2.00	9.00	9.00	9.00	7.00	12.50	5.50	11.00	11.00	11.00	11.00
INDICE DE INCREMENTO MES		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AREA INCREMENTAL (HA):		20.0											

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Oferta de agua

Al no tener mayor información sobre cuál era el alcance y las demandas que llevaron a la mención de que para la zona de Gamoneda se operaría una estación de bombeo con un caudal de 22 Lt /seg. En la progresiva 15 + 340 (Tabla N°8.2 Memoria Técnica Proyecto Calderas) , es que se decidió limitar el área para aquellos terrenos en los que se podría operar de manera sencilla un sistema que no requiera grandes volúmenes de regulación y caudales que necesiten bombas de gran capacidad.

Es por esto que para atender las 12.50 hectáreas del proyecto se tiene como aprovechado el caudal de 7.5 Lt /seg., extraído del canal de riego principal de la margen derecha del proyecto Calderas.

3.4.1 Precipitación efectiva

La precipitación efectiva se determinó aplicando la metodología que proporciona el programa ABRO, en la cual se estima ésta en base a los datos de la precipitación media.

$$Pe = (Pm - 15) \cdot 0.75$$

Dónde:

Pe = Precipitación efectiva

Pm = Precipitación media mensual

0.75= Coeficiente para zona de valles

Cuyos resultados se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 3.8
Precipitación efectiva

Parámetros Climáticos	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	TOTAL
Precipitación media (mm)	0.3	0.3	2.9	5.8	20.2	52.9	88.3	124.8	96.5	72.5	16.0	4.8	485.3
Precipitación efectiva (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	28.4	55.0	82.3	61.1	43.1	0.8	0.0	352.7

Fuente: ABRO 3.1

3.4.2 Eficiencias del sistema.

La determinación de la eficiencia del sistema de riego, se determina en base a la siguiente expresión:

$$E_{FT} = E_{FP} \cdot E_{FC} \cdot E_{FA} \cdot E_{FD}$$

Donde:

- E_{FT} = Eficiencia de riego total.
- E_{FP} = Eficiencia de captación.
- E_{FC} = Eficiencia de conducción.
- E_{FD} = Eficiencia de distribución.
- E_{FA} = Eficiencia de aplicación.

Los valores de las eficiencias parciales y totales del sistema de riego, se estiman en base al tipo de infraestructura principal y secundaria de los sistemas de riego, operación y mantenimiento, métodos de riego, experiencia y destreza de los agricultores para su manejo, topografía del entorno, tipo de suelos, etc. En consecuencia, en base a los aspectos mencionados, se asume las siguientes eficiencias de los sistemas de riego:

Cuadro 3.9
Eficiencias de riego para el proyecto

EFICIENCIAS	SIN PROYECTO (%)	CON PROYECTO (%)
Captación	80	100
Conducción	80	95
Distribución	90	90
Aplicación	75	75
EFICIENCIA TOTAL	43	64

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Derechos de terceros

El programa de cálculo, considera derechos de terceros sobre el agua de las captaciones, tanto aguas arriba como aguas abajo del área de influencia del proyecto.

Al no tratarse de un aprovechamiento hídrico de aguas del río Gamoneda se establece el derecho a terceros como el caudal que corre por el canal aguas debajo de la entrada de agua al cárcamo de bombeo.

3.5 Demanda de agua

3.5.1 Evapotranspiración Potencial (ETP)

La metodología de Penman-Moneith es considerada, por un importante número de investigadores, como una metodología de referencia, porque arroja valores que se utilizan como base de comparación para otras metodologías más simplificadas.

En nuestro país, es la metodología recomendada por el Programa Nacional de Riegos (PRONAR), y es descrita a continuación.

La principal definición del método dice: “la Evapotranspiración Potencial del Cultivo de Referencia ET0 es la pérdida de agua de un cultivo extenso y uniforme de una gramínea de referencia, de altura 12 cm. y albedo de 0,23, en crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y no sufre de escasez de agua” (Doorembos y Pruitt, FAO, 1975).

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP), el programa aplica el método de Penman Monteith que contempla cuatro opciones de cálculo en función a la información climática que se dispone, en nuestro caso optamos por la opción 3 de cálculo con datos de temperaturas (temperatura mínima media y temperatura máxima media) y humedad relativa, por disponer solamente de esta información en la zona cercana al proyecto.

Los resultados del cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.10
Evapotranspiración potencial en Gamoneda

ETP	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	TOTAL
ETP (mm/día)	2.93	2.91	3.35	3.82	4.37	4.46	4.67	4.41	4.19	3.75	3.33	3.01	
ETP (mm/mes)	87.9	90.2	103.9	115	135.5	133.8	145	137	117	116.3	99.9	93.31	1374.09

Fuente: ABRO 3.1

3.5.2 Demanda de los cultivos.

Del estudio agronómico de la etapa de factibilidad del Proyecto Calderas se extrae:

“El uso consuntivo de los cultivos se expresa mediante la tasa de evaporación Etc (mm/día o en mm/mes), la cual depende, además de los factores del clima que afectan a la evaporación (temperatura, humedad del aire, viento e intensidad de la radiación solar), de las características fisiológicas de la cobertura vegetal y de la disponibilidad de agua en el suelo para satisfacer la demanda hídrica de la planta (transpiración y nutrición) (Escuela de Posgrado – Universidad Agraria La Molina).”

Como la cantidad de agua que utiliza la planta para nutrirse es sólo el 1% de la que transpira, los términos de uso consuntivo (Etc) y evapotranspiración Real (ETR) se pueden tomar como sinónimos”.

Para la zona del proyecto se asumen los coeficientes de cultivo (Kc) para zona de valles, determinados experimentalmente por la FAO y adecuados por el PRONAR a los cultivos de la región, a través de un programa de investigación aplicada específica para diferentes zonas agro climáticas de Bolivia.

Los resultados de la demanda de los cultivos según el programa ABRO 3.1 arroja los siguientes se expresan en las tablas presentadas a continuación.

Cuadro 3.11 DEMANDA DE CULTIVOS: SIN PROYECTO

<i>ABRO = 0</i>		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	ANUAL
		30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	365
Kc (Cultivo 1)	Maíz (grano)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.41	0.80	1.08	1.03	0.80	0.00	
ETR		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.11	59.36	109.37	126.71	119.74	79.92	0.00	527.199
Req. Riego (mm.)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	5.96	27.02	65.58	76.61	79.17	0.00	255.624
Área (ha)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Kc (Cultivo 2)	Papa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.74	1.02	0.48	0.00	0.00	0.00	
ETR		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.11	107.13	139.44	56.31	0.00	0.00	0.00	335.000
Req. Riego (mm.)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	53.73	57.09	0.00	0.00	0.00	0.00	112.111
Área (ha)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Kc (Cultivo 3)	Arveja	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.78	1.15	1.05	0.00	0.00	
ETR		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.36	106.63	134.92	122.06	0.00	0.00	422.970
Req. Riego (mm.)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.96	24.28	73.79	78.94	0.00	0.00	182.970
Área (ha)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Kc (Cultivo 4)	Trigo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.76	0.95	1.15	0.87	0.60	
ETR		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.01	103.90	111.45	133.69	86.91	55.99	546.953
Req. Riego (mm.)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	21.55	50.33	90.56	86.16	55.99	306.203
Área (ha)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000

Cuadro 3.12 EVAPOTRANSPIRACIÓN, DEMANDA, OFERTA Y BALANCE: SIN PROYECTO

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	PER. REF.
ETR total (mm.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.22	280.85	459.35	429.39	375.49	166.83	55.99	0.00
Área Total (ha.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Req. Riego (mm.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Caudal Neto (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
Caudal (l/s/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
DEMANDA													
Efic. Captación	0.80												
Efic. Conducción Principal	0.80												
Efic. Conducción Parcelaria	0.95	EFICIENCIA											
Efic. Aplicación	0.75	0.43											
Demanda Riego (mm.)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DEMANDA TOTAL (l/s)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CAUDAL UNITARIO (l/s/ha.)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OFERTA													
Fuente 1 (m3) Almacenamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	240	240	240	0	720
OFERTA TOTAL (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	240	240	240	0	720
OFERTA TOTAL (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.09	0.09	0.00	0.281
Derechos de Agua de Terceros (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA REAL (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.09	0.09	0.00	0.281
BALANCE													
BALANCE (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.09	0.09	0.00	
Superficie de Riego Max. (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Superficie Adicional (has.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
AREA DEFICITARIA (has.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CULTIVO	Maíz (grano)	Papa	Arveja (verde)	Trigo	TOTAL
AREA REAL	5.00	4.00	2.00	1.50	12.50
AREA BAJO RIEGO OPTIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: ABRO 3.1

Cuadro 3.13 DEMANDA DE CULTIVOS: CON PROYECTO

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	ANUAL
Kc (Cultivo 1) Maíz (choclo)	0.00	0.00	0.24	0.41	0.80	1.08	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ETR	0.00	0.00	24.92	46.99	108.38	144.50	149.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	473.903
Req. Riego (mm.)	0.00	0.00	24.92	46.99	103.65	113.68	95.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	384.953
Área (ha)	0.00	0.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	872.34	1644.51	3627.79	3978.77	3349.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13473.359
Kc (Cultivo 2) Papa (precoz)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.74	1.01	0.48	0.00	
ETR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.16	86.03	100.90	44.79	0.00	284.992
Req. Riego (mm.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.90	100.15	0.00	187.838
Área (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	5.50	5.50	5.50	0.00	
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2359.50	5508.20	0.00	10331.079
Kc (Cultivo 3) Papa (tardía)	0.00	0.00	0.24	0.74	1.02	0.75	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ETR	0.00	0.00	24.92	84.80	138.18	100.35	88.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	436.567
Req. Riego (mm.)	0.00	0.00	24.92	84.80	133.45	69.53	34.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	347.617
Área (ha)	0.00	0.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	872.34	2968.14	4670.90	2433.38	1221.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12166.599
Kc (Cultivo 4) Maíz (grano)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.41	0.80	1.08	1.01	0.80	
ETR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.74	56.05	93.86	125.55	100.90	74.65	485.749
Req. Riego (mm.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.73	82.43	100.15	74.65	289.953
Área (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1800.21	4533.38	5508.20	4105.64	15947.415
Kc (Cultivo 5) Arveja (verde)	0.00	0.41	0.78	1.15	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ETR	0.00	36.99	81.00	131.79	142.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	392.023
Req. Riego (mm.)	0.00	36.99	81.00	131.79	137.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	387.298
Área (ha)	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)	0.00	739.72	1620.06	2635.80	2750.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7745.952

Cuadro 3.14 EVAPOTRANSPIRACIÓN, DEMANDA, OFERTA Y BALANCE: CON PROYECTO

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	PER. REF.
ETR total (mm.)	0.00	36.99	130.85	263.58	388.80	244.85	272.17	88.86	180.67	242.96	148.85	74.65	
Área Total (ha.)	0.00	2.00	9.00	9.00	9.00	7.00	12.50	11.00	11.00	11.00	11.00	5.50	12.50
Req. Neto (m3)	0.00	739.72	4	5	6	4	0	0.00	5	9	1	4105.64	57428.296
Req. Riego (mm.)	0.00	36.99	37.39	80.54	122.77	91.60	36.57	0.00	29.21	78.36	73.68	74.65	661.745
Caudal Neto (l/s)	0.00	0.28	1.26	2.80	4.13	2.47	1.71	0.00	1.33	3.22	3.13	1.53	
Caudal (l/s/ha)	0.00	0.14	0.14	0.31	0.458	0.35	0.14	0.00	0.00	0.12	0.29	0.284	0.28
DEMANDA													
Efic. Captación	1.00												
Efic. Conducción Principal	0.90												
Efic. Conducción Parcelaria	0.95												
Efic. Aplicación	0.75												
		EFICIENCIA											
		A											
		0.64											
Demanda Riego (mm.)	0.00	57.678	58.302	125.59	191.450	142.84	9	0.000	45.55	122.19	114.89	116.41	1031.96
	0			6		9		4	3	4	0	1	0.000
DEMANDA TOTAL (l/s)	0	0.431	1.959	4.361	6.433	3.858	0.000	2.071	5.018	4.876	2.390	34.060	0.000
CAUDAL UNITARIO (l/s/ha.)	0	0.215	0.218	0.485	0.715	0.551	0.000	0.188	0.456	0.443	0.435	3.919	0.000
OFERTA													
Fuente 1 (m3)	0.00	1,421	5,515	11,563	17,498	10,259	0	5,253	13,709	12,897	6,670	92,183	0
Fuente 2 (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuente 3 (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuente 4 (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OFERTA TOTAL (m3)	0	1,421	5,515	11,563	17,498	10,259	7,397	0	5,253	13,709	12,897	6,670	92,183
	0.00												
OFERTA TOTAL (l/s)	0	0.531	2.059	4.461	6.533	3.958	2.762	0.000	2.171	5.118	4.976	2.490	35.060
Derechos de Agua de Terceros (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA REAL (l/s)	0.00	0.53	2.06	4.46	6.53	3.96	2.76	0.00	2.17	5.12	4.98	2.49	35.060

BALANCE													
BALANCE (l/s)	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	
Superficie de Riego Max. (ha)	0.00	2.46	9.46	9.21	9.14	7.18	12.97	0.00	11.53	11.22	11.23	5.73	
Superficie Adicional (has.)	0.00	0.46	0.46	0.21	0.14	0.18	0.47	0.00	0.53	0.22	0.23	0.23	
AREA DEFICITARIA (has.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CULTIVO	Maíz (choclo)	Papa (precoz)	Papa (tardía)	Maíz (grano)	Arveja (verde)	TOTAL
AREA REAL	3.50	5.50	3.50	5.50	2.00	20
AREA BAJO RIEGO OPTIMO	0.00	5.50	3.50	5.50	2.00	20

Fuente: ABRO 3.1

3.6 Gestión del sistema de riego propuesto

3.6.1 Propuesta de organización de los usuarios.

Se propone la organización de una Asociación de Regantes para el área beneficiada por este proyecto, que tenga su mesa directiva y elaboren sus propios reglamentos. Entre los aspectos que deben contemplarse en este reglamento se encuentran:

- Definir tarifas de consumo eléctrico por concepto del uso del sistema de bombeo, los incumplimientos en el pago colectivo de las facturas deben ser sancionados. La tarifa a definirse en base al consumo mensual, pero también debe considerarse un costo fijo mínimo que garantice la compra de equipos nuevos a la finalización de la vida útil de las bombas (estimada entre 3 y 5 años, dependiendo del uso) y también a los gastos de mantenimiento que se requieran.
- Definir las multas y sanciones por la mala utilización del agua, los equipos y las obras componentes del sistema.
- Hacer cumplir los tiempos de uso designados para el agua bombeada, ya que no es factible la instalación de un medidor por cada regante, se debe realizar un control eficiente del consumo eléctrico que debe ser pagado por el conjunto, pero tomando en cuenta la tenencia de tierra de cada uno.

Ya que el agua utilizada para el riego proviene de la presa Calderas, la asociación que se propone conformar, también debe participar activamente en las reuniones de la asociación Barbecho – Gamoneda, que se conformó en las etapas de factibilidad de Calderas y que comenzará a funcionar al terminarse los canales de riego y al operar la presa.

La asociación de regantes Barbecho – Gamoneda, con ayuda de instituciones especializadas en materia agrícola dependientes del Gobierno Central y del Gobierno Departamental podrá elaborar estatutos adecuados a la zona. Estos reglamentos pueden servir de marco de referencia para la elaboración de los estatutos propios de la asociación Gamoneda que se plantea incorporar con los alcances de este proyecto.

3.6.2 Forma de operación

La optimización de los tiempos de riego, junto con el análisis de alternativas técnicas, y el conocimiento de usos y costumbres de los usuarios; han llevado a la determinación de un calendario de riego eficiente, mediante el aprovechamiento máximo del volumen del tanque de regulación, las mínimas horas de bombeo necesarias y rotaciones fáciles de realizar. La costumbre de riego en nuestro departamento establece que se deben cumplir 2 riegos por mes para riegos superficiales por surcos, es por ese motivo que se plantea una rotación de riego cada 15 días. Se presenta a continuación el diseño para la operación del sistema para cada uno de los meses en base al calendario agrícola propuesto.

Debido a la complejidad de los usos y rotaciones se presenta una tabla con su debida explicación de los parámetros utilizados y sus justificaciones.

Para comenzar se tienen los parámetros fijos para todos los meses:

Datos comunes :

Ancho tanque =	6.45	m
Largo tanque =	12.9	m
Altura útil tanque =	2.40	m
Volumen tanque =	200	m ³
Caudal 2 bombas =	0.0075	m ³ /seg
Caudal 1 bomba =	0.0050	m ³ /seg

Cuadro 3.15 OPERACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Mes	Req. Riego (1)	Área Cultivada (2)	Área regada por día (3)	Demanda mensual (4)	Demanda de un riego (5)	Trabajo Modular		
						Volumen módulo (6)	Nº Veces (7)	Área (8)
Oct	1914.50	9.00	0.60	1148.70	574.35	287.18	2	0.30
Nov	1428.49	7.00	0.47	666.63	333.31	166.66	2	0.23
Dic	570.36	12.50	0.83	475.30	237.65	118.83	2	0.42
Ene	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
Feb	455.54	11.00	0.73	334.06	167.03	167.03	1	0.73
Mar	1221.93	11.00	0.73	896.08	448.04	224.02	2	0.37
Abr	1148.94	11.00	0.73	842.55	421.28	210.64	2	0.37
May	1164.10	5.50	0.37	426.84	213.42	213.42	1	0.37
Jun	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
Jul	576.78	2.00	0.13	76.90	38.45	38.45	1	0.13
Ago	583.02	9.00	0.60	349.81	174.91	174.91	1	0.60
Sept	1255.96	9.00	0.60	753.58	376.79	188.39	2	0.30

Mes	Trabajo modular						
	Vol Riego	Almacenado (9)	Regulado (10)	Bombas (11)	Tiempo para Almacenado (12)	Tiempo Regulado (13)	Total (14)
Oct	287.18	200.00	87.18	2	7.41	3.23	10.64
Nov	166.66	100.00	66.66	2	3.70	2.47	6.17
Dic	118.83	100.00	18.83	2	3.70	0.70	4.40
Ene	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
Feb	167.03	100.00	67.03	2	3.70	2.48	6.19
Mar	224.02	200.00	24.02	2	7.41	0.89	8.30
Abr	210.64	150.00	60.64	2	5.56	2.25	7.80
May	213.42	150.00	63.42	2	5.56	2.35	7.90
Jun	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
Jul	38.45	38.45	0.00	1	2.14	0.00	2.14
Ago	174.91	100.00	74.91	2	3.70	2.77	6.48
Sept	188.39	100.00	88.39	2	3.70	3.27	6.98

Fuente: Elaboración propia.

- (1) **Requerimiento de riego (m^3/Ha).** Obtenido de la planilla del ABRO 3.1. Se define como la división del Requerimiento Neto sobre la Eficiencia de Riego.
- (2) **Área cultivada (Ha).** Obtenido también de la planilla del ABRO 3.1 y es el área total de riego en cada uno de los meses estudiados.
- (3) **Área regada por día (Ha).** El área que debe regarse una vez cada 15 días para poder cumplir con el requerimiento de dos riegos mensuales, el valor varía de acuerdo al número de hectáreas que se encuentren cultivadas en el mes.
Se calcula como: $(3) = \frac{(2)}{15}$
- (4) **Demanda mensual (m^3).** Sabiendo el área que debe regarse diariamente, se puede determinar el requerimiento de esa fracción de terreno para el mes de análisis. Se calcula como: $(4) = (3) \cdot (2)$.
- (5) **Demanda de un riego (m^3).** El volumen de cada uno de los riegos debe ser la mitad de la demanda mensual acorde al área que se puede regar por día.
Se calcula : $(5) = \frac{(3)}{2}$
- (6) **Volumen de módulo (m^3).** Debido a la baja eficiencia que implica un riego superficial y tomando en cuenta que no se puede realizar bombeos continuos por el desgaste de las bombas, se plantea establecer dos turnos por día durante los meses más críticos. Con esto se logra bajar a la mitad el volumen requerido por aplicación. Se calcula como:
 $(6) = \frac{(5)}{(7)}$
- (7) **Número de veces.** Es el número de aplicaciones durante un día de trabajo. Para los meses críticos del riego se tienen dos aplicaciones diarias de áreas predeterminadas; un turno debe empezar el almacenamiento durante la madrugada para la aplicación del riego en la mañana, y un segundo turno con el almacenamiento durante el mediodía y las primeras horas de la tarde para una aplicación a últimas horas de esa misma tarde. Es por esto que en los meses críticos se tienen estos turnos dobles y en los meses de bajo consumo se tiene un turno único o ninguno.

(8) **Área (Ha)**. Es el área aprovechada por el riego para ese módulo definido. Se recuerda que todavía se mantiene el área regada por día, sólo que esta se atiende en dos turnos

en algunos casos o en un turno único. Se calcula como : $(8) = \frac{(3)}{(7)}$

(9) **Volumen almacenado (m^3)**. Para garantizar un mayor caudal que repercuta en una mayor eficiencia de riego es preferible contar con una altura de nivel del agua sobre el orificio de salida del tanque que garantice el caudal promedio de 17 Lt/s calculado. Entonces se debe almacenar un determinado volumen de agua antes de comenzar con la aplicación de riego, este debe ser un porcentaje considerable del volumen total aplicado.

(10) **Volumen regulado (m^3)**. Se define como la diferencia entre el volumen total a ser aplicado durante el módulo y el volumen almacenado en el tanque. De esta manera también se garantiza un caudal con mayor uniformidad ya que el nivel de agua no bajará bruscamente. $(10) = (6) - (9)$

(11) **Bombas**. Dependiendo del número de bombas trabajando se podrá acelerar o retrasar el almacenado y aplicación de riego. Se considera un trabajo con una sola bomba cuando el volumen requerido es pequeño y se puede cumplir el área regada diaria con una sola aplicación.

(12) **Tiempo para almacenado (hrs)**. Es el tiempo necesario para cumplir con el llenado del tanque para el caudal correspondiente al número de bombas que se encuentren

trabajando, cuyo cálculo es: $(12) = \frac{(9)}{Q_{bombas}}$

(13) **Tiempo de la aplicación (hrs)**. Es el tiempo en que el agua comienza a correr por el canal mientras se mantiene el bombeo y que puede contarse como tiempo de aplicación

de riego. $(12) = \frac{(10)}{Q_{bombas}}$

(14) **Tiempo total (hrs)**. Tiempo total del bombeo.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LAS OBRAS DEL SISTEMA DE RIEGO

4.1 Análisis de alternativas

a) Sistema de Riego por Goteo y Aspersión

Ambos sistemas cuentan con la dificultad de modificar las costumbres de riego de los comunarios. La operación resulta difícil, si es que ésta, no viene acompañada de capacitación y seguimiento.

Los sistemas mencionados son muy eficientes para cultivos intensivos y para cultivos de gran valor de mercado como lo son frutales y flores. En la actualidad los cultivos de la zona se limitan a tubérculos, forrajes y granos, que sirven únicamente para la seguridad alimentaria de los pobladores y de su reducido ganado. Es por esto que los costos derivados de la instalación de sistemas de riego a presión en la zona resultan excesivos e injustificados para la situación actual.

b) Sistema de Riego por Inundación (en surcos y melgas)

Las costumbres de riego de la mayor parte de la agricultura en el departamento de Tarija y en Bolivia en su conjunto, se limitan al riego por inundación de surcos y melgas (principalmente surcos) ya que es una práctica ancestral y que no requiere capacitación alguna.

Un sistema de riego convencional con esta metodología tendría las siguientes componentes y sus limitaciones:

- Una obra de toma sobre un curso de agua superficial. O el almacenamiento en pequeños reservorios que aprovechan el agua de lluvia excavados en el terreno natural.
- Un canal no revestido que transporte el agua.
- Una conducción parcelaria también de tierra que lleva el agua hasta los surcos, que generalmente tienen longitudes de 70 a 100 metros.

La eficiencia del conjunto es muy baja, las parcelas que se encuentran a la cola del sistema difícilmente reciben la cantidad de agua requerida para sus cultivos.

4) *Alternativa elegida.*

El sistema de riego en la comunidad seguirá siendo por inundación, el alcance del proyecto es diseñar obras hidráulicas que mejoren la eficiencia de riego hasta la distribución parcelaria. Para ello se utilizará el agua del almacenamiento de la presa Calderas, y las obras se instalarán de la siguiente forma:

- Un sistema de bombeo, que reciba la dotación para la comunidad de Gamoneda del canal principal del margen derecho, y transporte el agua a un reservorio en una cota superior.
- Una distribución secundaria con un canal revestido, desde el tanque de almacenamiento semienterrado hasta las parcelas. Con esta redistribución se puede realizar el riego con el caudal suficiente para que la eficiencia de aplicación del riego mejore.

Para ello se plantea la instalación de equipos y construcción de obras convencionales, utilizando criterios técnicos obtenidos de la bibliografía y criterios económicos mediante la optimización de las dimensiones y la utilización de materiales disponibles en el mercado local.

4.2 Estudios básicos

Para el buen diseño de obras civiles se deben realizar la mayor cantidad de estudios experimentales y analíticos para poder adoptar con un criterio justificado las dimensiones de todos los elementos físicos constituyentes de un proyecto.

Dependiendo de la dimensión e importancia de las obras es que se limitan dichos estudios hacia aquellos que son fundamentales y sin los cuales no se garantiza la calidad y durabilidad de las obras.

Al ser el presente, un Estudio de Identificación de un Riego menor y el aprovechamiento del agua no se da en la propia cuenca es que el estudio más importante es el topográfico.

4.2.1 Levantamiento topográfico.

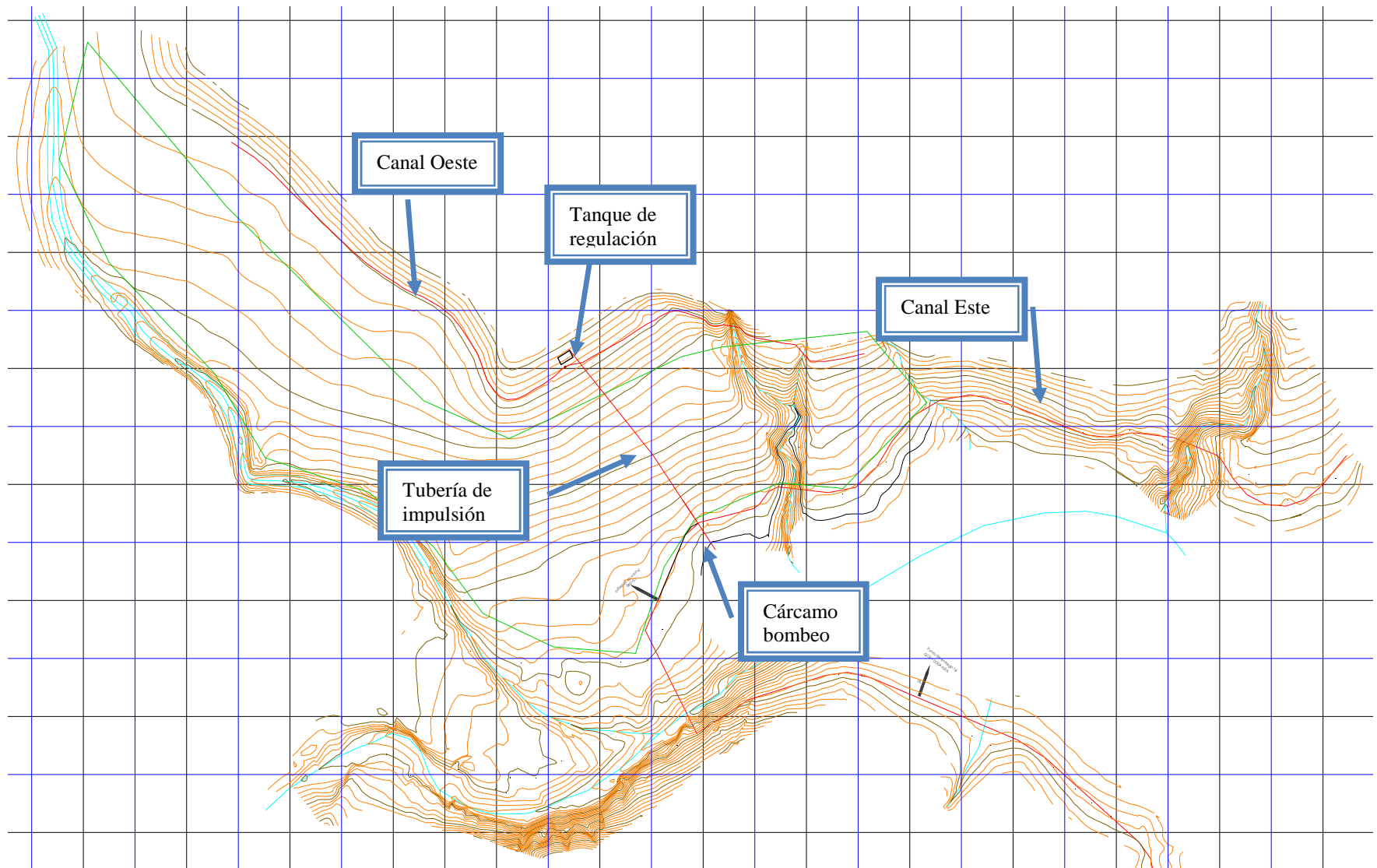
Partiendo del plano topográfico del canal de riego de la margen derecha del Proyecto Calderas es que se identificaron los BM's y los puntos de replanteo del canal y en base a ello se realizó el levantamiento topográfico a detalle de las áreas bajo riego que se proponen incrementar con los alcances de este proyecto.

Se utilizó para ello el siguiente equipo topográfico y materiales:

1. Teodolito digital.
2. Miras
3. Estacas, mojones, pintura.

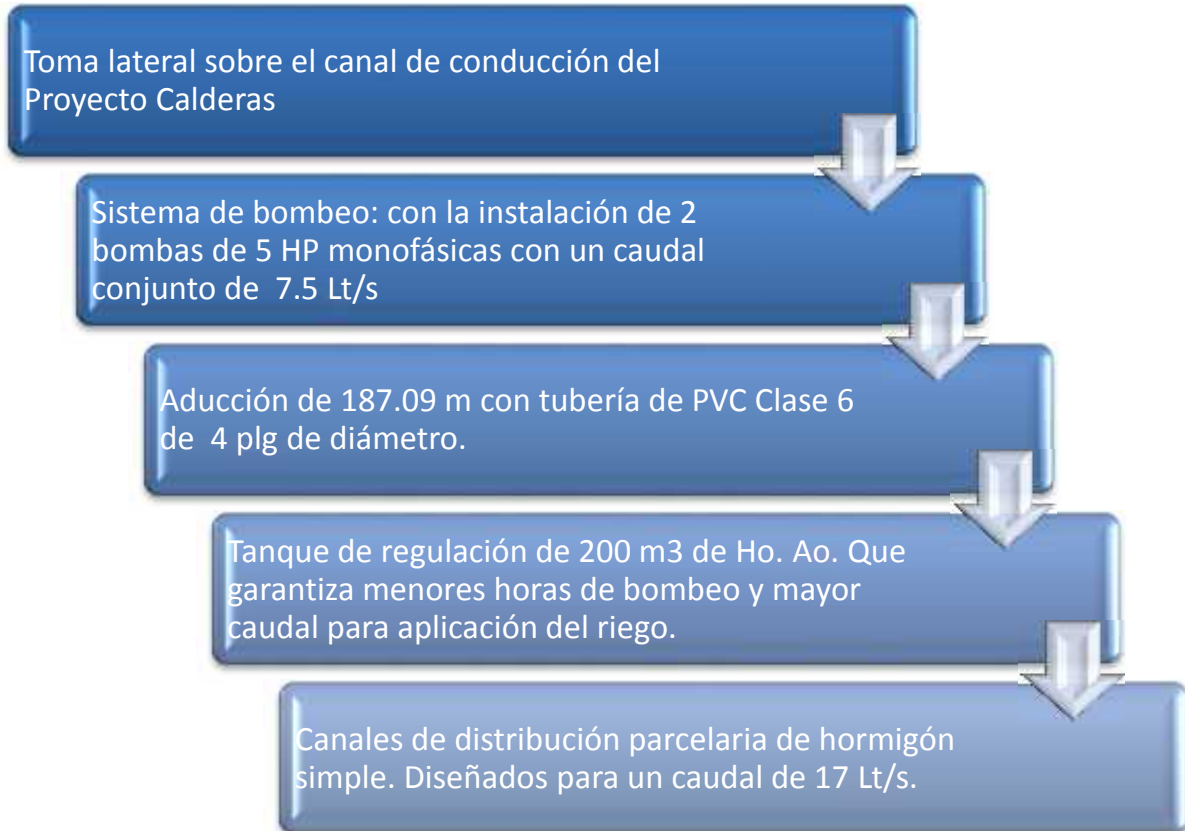
Con ello se elaboró el plano de curvas de nivel a detalle en el programa Eagle Point para poder elaborar los planos en planta de las instalaciones y los perfiles topográficos necesarios. Las curvas se encuentran equidistantes en cota cada metro y se muestra el detalle en el ***PLANO 1. Planta General*** del cual se extrae el siguiente esquema.

Fig. 4.1 Esquema General de las Obras



4.3 Diseño de la infraestructura.

De manera esquemática se muestra a continuación las obras hidráulicas necesarias para cumplir los objetivos de dotación de riego a la comunidad de Gamoneda.



4.3.1 Diseño Hidráulico del Cárcamo de Bombeo.

Las características de las bombas hidráulicas en cuanto a niveles a vencer, para determinados caudales, son parámetros que tienen una relativa uniformidad, es por esto que se construyen cárcamos de bombeo para regular, más bien, el ingreso de agua a las bombas mediante un control en la velocidad de aproximación, evitando la creación de vórtices y turbulencias y manteniendo niveles mínimos y máximos para la succión. Es decir, los cárcamos, son estructuras hidráulicas que sirven para la optimización del sistema de bombeo garantizando la vida útil de los equipos y los elementos de conducción.

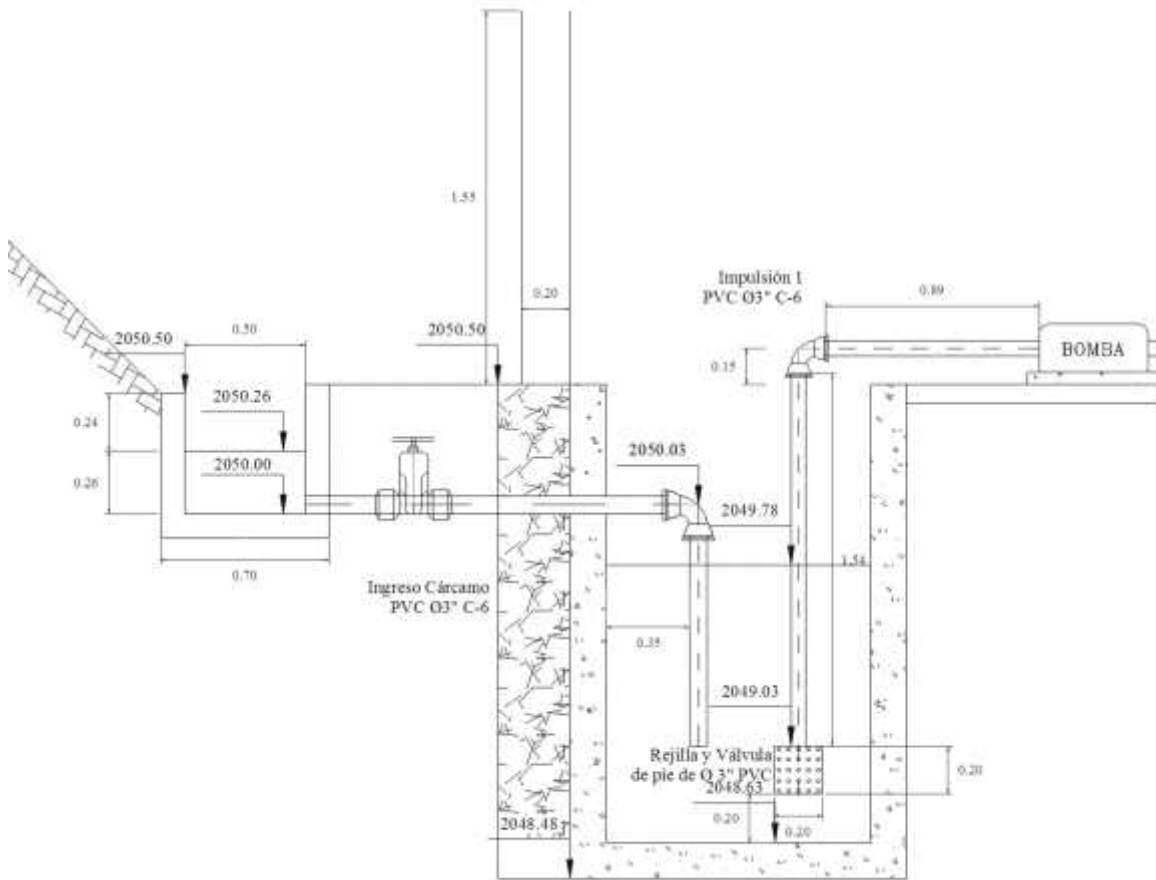
Para el proyecto de micro riego de la comunidad de Gamoneda se prevé la instalación del cárcamo de bombeo en la progresiva 15 + 263 del canal de riego de la margen derecha del Proyecto Calderas, mediante el ingreso de agua al cárcamo de bombeo con una tubería de 3 pulgadas de PVC que extrae en su capacidad máxima para el mes de mayor demanda un caudal de 7.5 Lt/s. La tubería funciona como orificio colocada perpendicular al sentido del flujo sobre la solera del canal que tiene una cota de 2050 m.s.n.m.

El volumen máximo útil del cárcamo es de 1.80 m³, que corresponde a 4 minutos del caudal de bombeo máximo de 7.5 Lt/s. Las dimensiones netas del cárcamo son 1.10 m x 2.20 m. La cota 2048.63 está sobre el fondo del cárcamo, la rejilla de entrada está 20 cm sobre este nivel. Los niveles mínimos y máximos de operación son los siguientes:

- Nivel mínimo: Cota 2049.53 m.s.n.m. correspondiente a una altura mínima de 0.50 m sobre la rejilla de ingreso a la tubería de succión.
- Nivel máximo: Cota 2049.78 m.s.n.m. que se encuentra 0.74 m sobre la rejilla de ingreso.

De manera esquemática se muestra el siguiente gráfico con las dimensiones adoptadas del cárcamo y que toma en cuenta las recomendaciones mencionadas en la bibliografía. El detalle de esta obra se encuentra en el ***PLANO 11. Cárcamo de Bombeo***

Fig. 4.2 Detalle Cárcamo de Bombeo



4.3.2 Sistema de Bombeo.

4.3.2.a Selección de bombas.

Para hacer viable el proyecto se deben adecuar las soluciones técnicas a la disponibilidad de mercado local en cuanto a mano de obra, materiales y equipos.

Para la comunidad de Gamoneda en particular, se tienen las siguientes limitaciones que influirán en la selección de sistema de bombeo:

- La comunidad cuenta únicamente con sistema eléctrico monofásico.
- Las bombas eléctricas monofásicas disponibles en el mercado interno tienen limitaciones en cuanto al caudal y desnivel máximo a vencer.

- Existe una relación directa entre la potencia de las bombas, con su consumo eléctrico, y éste con el costo de la energía eléctrica. La producción agrícola actual y a mediano plazo de la comunidad no genera suficientes recursos económicos para cubrir altos costos de energía eléctrica.

De estas limitaciones, podemos obtener las siguientes conclusiones para el sistema de bombeo planteado en este proyecto:

- Las bombas deben ser de bajo consumo eléctrico y que puedan vencer el desnivel topográfico de la zona.
- El bajo caudal bombeado se compensará con la regulación mediante un tanque que optimizará los tiempos de riego y aumentando los caudales lo que mejora la eficiencia de aplicación.
- Se definirán tarifas adecuadas que puedan cubrir los gastos de operación, mantenimiento y puedan generar recursos suficientes para la compra de nuevos equipos en un periodo determinado.

El desnivel topográfico entre los dos espejos de agua es de 24.14 metros. Comprendido entre las cotas 2072.96 y 2049.78 m.s.n.m. Y es el factor preponderante para el cálculo de la potencia requerida por las bombas. El caudal máximo a ser bombeado es de 7.5 Lt /s que es logrado mediante el uso de dos bombas de 5 HP colocadas en paralelo.

Se presenta a continuación una tabla resumen del funcionamiento de las bombas:

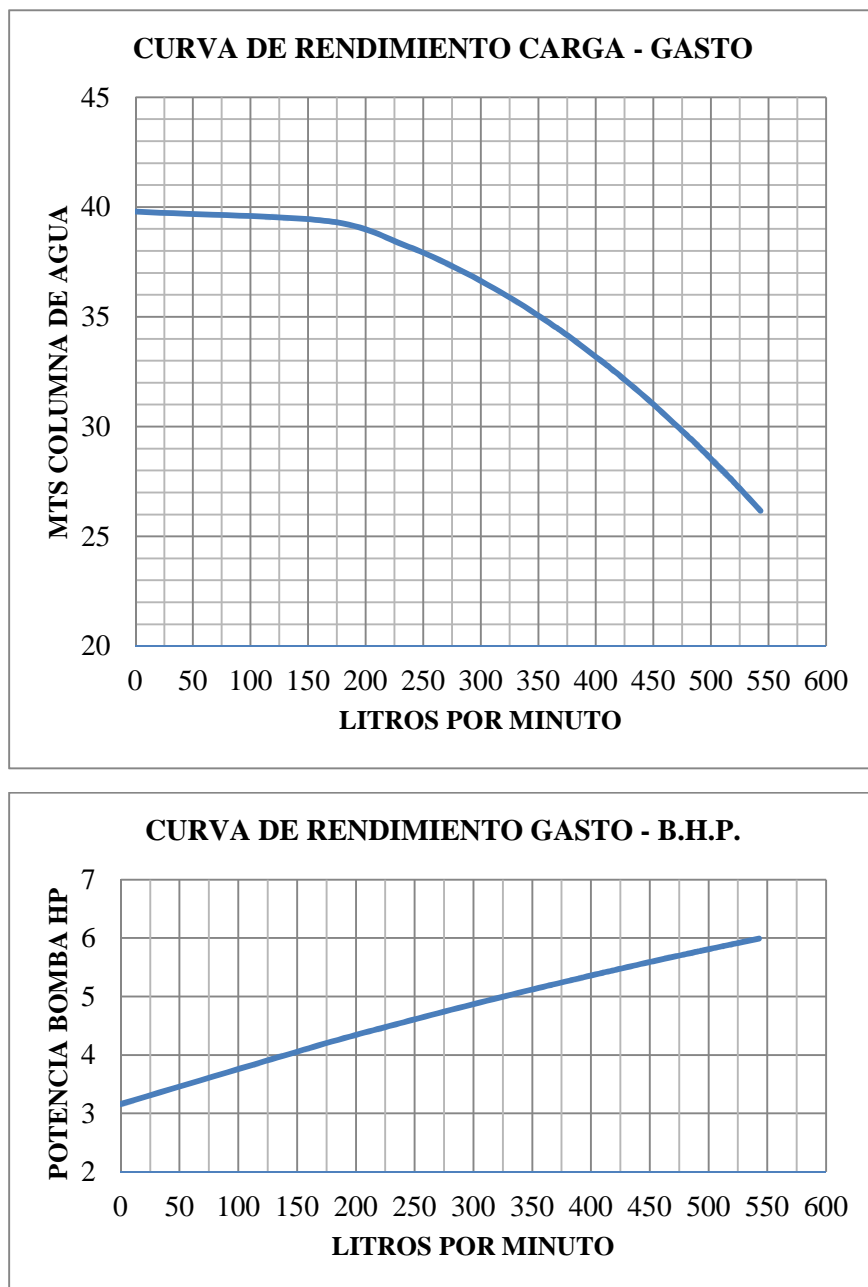
Tabla 4.1. Resumen del funcionamiento de las bombas

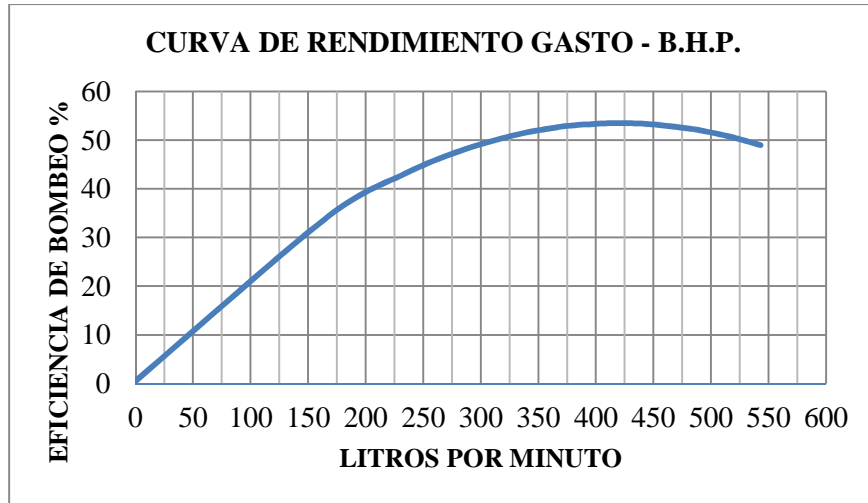
Funcionamiento	Desnivel topográfico UZ (m)	Pérdidas en la succión ht_{s-d} (m)	Pérdidas en la descarga hv_d (m)	HB (m)	Q (m³/s)	P (HP)
1 bomba	24.24	0.395	0.575	25.21	0.00375	2.347
2 bombas	24.24	0.395	2.144	26.78	0.0075	4.986

Elaboración propia

Al encontrarse el sistema en paralelo se puede llevar el doble de caudal que trabajando una sola bomba, pero la potencia del conjunto debe ser igual a la de cada una de las bombas trabajando por separado. Por lo que se adopta la colocación de dos bombas de 5 HP con la siguientes curvas características.

Fig. 4.3 Curvas Características Bomba de 5 HP



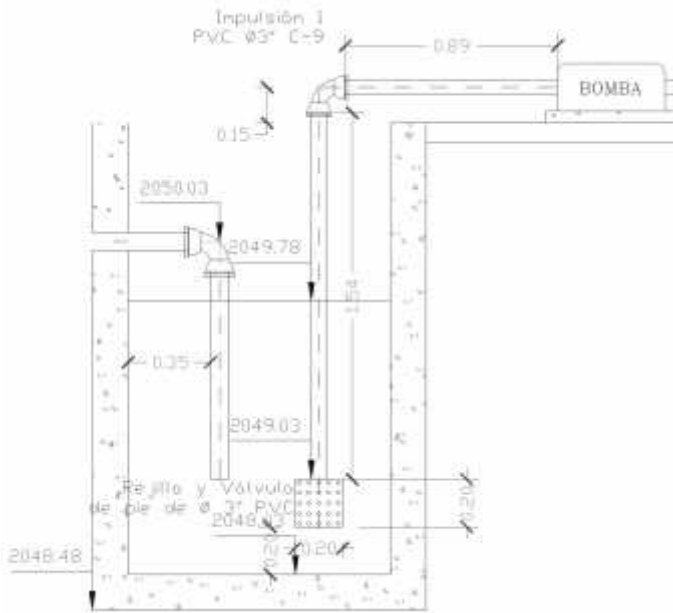


4.3.3 Diseño hidráulico aducción.

4.3.3.a Tubería de succión.

Se utilizan tuberías de PVC clase 6 de 3 pulgadas de diámetro para cada una de las bombas. La tabla muestra los accesorios que lleva cada una de las tuberías de succión hasta su conexión con la bomba. Se utilizó el método de las longitudes equivalentes para el cálculo de las pérdidas localizadas y la ecuación de Hazen Williams para las pérdidas por fricción.

Fig. 4.4 Detalles tubería de succión



	L. Equiv	m
Válvula de pie	17	m
Rejilla y entrada	13	m
Codo 90°	1.7	m
Reducción 3" a 2"	2	
Tubería de succión	2.45	m
Longitud virtual	36.15	m
ht_{s-d} (m)	0.395	m

4.3.3.b Tubería de impulsión.

Debido a la practicidad al momento de la construcción, la gran variedad de accesorios, larga duración y por sobre todo economía, se ve por conveniente la utilización de tuberías de PVC para la tubería de impulsión. El diseño hidráulico de esta tubería consiste en el cálculo de las pérdidas de carga a lo largo de la tubería y tomando en cuenta las pérdidas locales por accesorios.

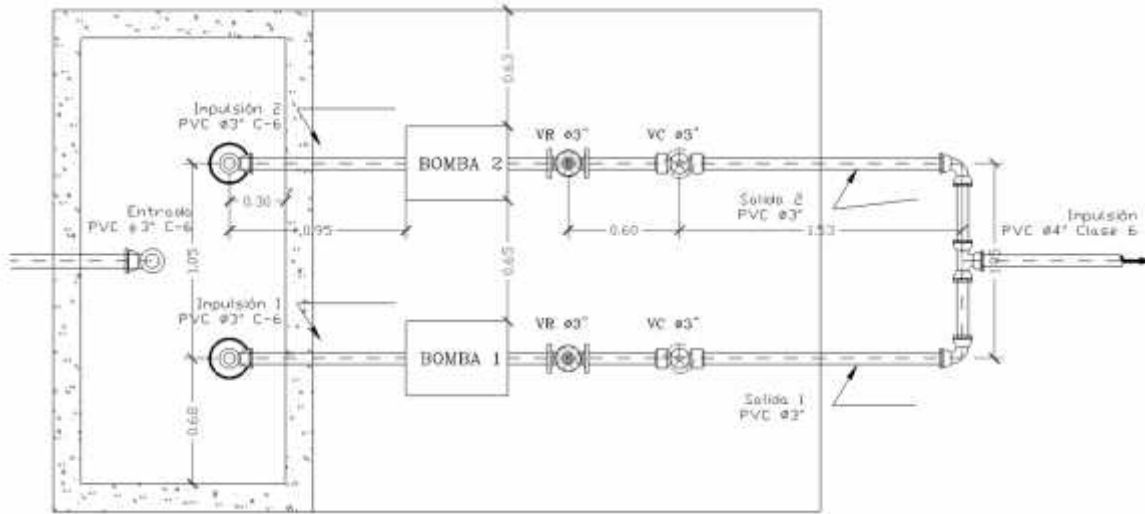
Se utilizó la ecuación de Hazen Williams para el cálculo de las pérdidas por fricción y el método de las longitudes equivalentes para el cálculo de las pérdidas localizadas. El coeficiente C de rugosidad fue tomado como 140 para tuberías de PVC.

El trazo debe considerar la menor longitud posible y garantizar la profundidad de alrededor de un metro en todo el trayecto de la tubería. Esto se logra con un adecuado trazo en el perfil longitudinal. Se detalla a continuación los accesorios que ocasionan pérdidas de carga localizadas en la tubería de impulsión para la tubería más óptima de 4 pulgadas de PVC Clase 6 que tiene 187.09 metros de longitud.

TRABAJO DE 1 BOMBA		
Válvula de retención	6.4	m
Válvula de compuerta	0.7	m
Salida de la tubería	3.2	m
Longitud tubería descarga	187.09	m
4 Codos de 90°	11.2	m
Tee	5.2	m
Longitud virtual	202.78	m
hts-d (m)	0.545	m

TRABAJO DE 2 BOMBAS			
Válvula de retención	2	12.8	m
Válvula de compuerta	2	1.4	m
Salida de la tubería		3.2	m
Longitud tubería descarga		187.09	m
4 Codos de 90°		11.2	m
Tee		5.2	m
Longitud virtual		224.28	m
hts-d (m)		2.144	m

Fig. 4.5 Detalle instalación de bombas y tubería impulsión



4.3.3.c Elementos de seguridad.

Accesorios.

Para la seguridad de las tuberías y del equipo de bombeo se prevé el colocado de los siguientes accesorios:

- 2 válvulas de retención para tubería para tubería PVC (o válvulas “check”) una para cada bomba de manera que garanticen que la aducción se encuentre con agua en todo momento y no se reduzca el área hidráulica con aire.
- 2 válvulas de compuerta para tuberías para tubería PVC para poder aislar los equipos de bombeo. De esta forma se puede trabajar con una o dos bombas. También es útil para poder realizar el mantenimiento, reparación o sustitución de las unidades.
- 2 válvula de pie para mantener las bombas cebadas.
- 2 rejillas de ingreso a la tubería de succión, para poder atrapar todas las impurezas que se encuentren en el cárcamo y no dañen la bomba.
- Válvulas del tipo cortina para regular el agua tanto en el ingreso y salida del cárcamo y también en la salida del tanque de regulación. Estas válvulas se encuentran protegidas con una pequeña cámara de hormigón.

Golpe de ariete.

Se comprobaron las tuberías ante la acción de la sobrepresión por el cerrado de válvulas, fenómeno conocido como el golpe de ariete, las tuberías de PVC Clase 6 (según NB 14.6 – 001) cumplen con la condición de utilización mientras las maniobras de cierre de válvulas tengan un tiempo mayor a los 5 segundos. Las sobre elevaciones se muestran a continuación:

Cuadro 4.2 Sobrepresión por efectos de Golpe de Ariete

Tiempo de cierre tc en segundos	Sobre elevación de la presión ha (m.c.a.)
0.920	37.259
1	34.280
3	11.427
5	6.856
10	3.428

Elaboración propia

Con el colocado de válvulas tipo cortina se garantiza que la maniobra de cierre no genere efectos adversos por el fenómeno del golpe de ariete, ya que para el cierre total de este tipo de válvulas se debe realizar varios giros a la manivela de control.

Para la condición de desnivel topográfico de 24.24 m y cualquier tiempo en la maniobra de cierre se tiene que las presiones de agua serán siempre menores a 60 m.c.a. por lo que se adopta este tipo de resistencia en las tuberías de PVC de la aducción.

Cavitación.

La presión de trabajo de las bombas es mayor en todo momento a la tensión de vapor para una determinada temperatura, por lo que no se espera la aparición del fenómeno de la cavitación.

4.3.4 Tanque de regulación.

La implementación de un tanque surge de la necesidad de regular el caudal para una optimización del riego. La limitada capacidad de las bombas hacen imposible un riego directo ya que se tendría considerables pérdidas en la conducción parcelaria por tanto una baja eficiencia que va en contra de los objetivos del proyecto.

La localización del tanque se realiza de acorde al máximo desnivel que puede vencer las bombas y la altura mínima que pueda garantizar una óptima redistribución del caudal a través de canales que lleven el agua a las parcelas.

El detalle sobre la ubicación, las tuberías de ingreso y descarga, como también así el plano estructural del tanque de regulación se encuentra detallado en el ***PLANO 10. Tanque de Regulación***

4.3.4.a Diseño hidráulico.

Se considera que mientras mayor es la diferencia entre el caudal de riego y el caudal de ingreso, se hace evidente una mayor necesidad del tanque y un volumen de reserva importante. De esta manera se debe llegar a un diseño eficiente que optimice los tiempos de riego, el volumen almacenado, las horas de bombeo

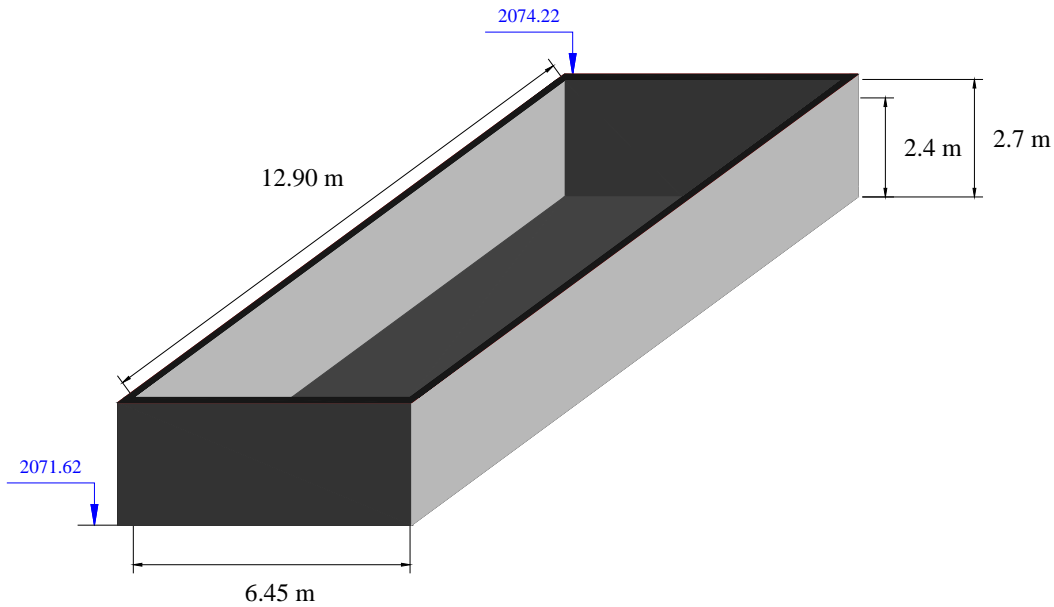
El tamaño del tanque será determinado para el mes más crítico para el riego. Con estas dimensiones mayores se garantiza el trabajo en los demás meses. Las recomendaciones para la operación del riego se dan en el punto ***3.6.2 Forma de operación.***

Se tiene un caudal de ingreso de 7.5 Lt /seg garantizado con el funcionamiento de las dos bombas de 5 HP. Este caudal es muy bajo para el riego parcelario por lo que se regula un caudal promedio de 17 Lt /seg a la salida del tanque.

Las dimensiones del tanque son la principal limitante para el proyecto, un tanque grande repercute de manera influyente en los costos del proyecto.

Luego de tanteos se llegó a las dimensiones mínimas de un tanque que garantiza las necesidades de riego de la comunidad. Las dimensiones netas del tanque son las siguientes: largo 12.90 m, ancho 6.45 m y una altura efectiva de 2.40 m.

Fig. 4.6 Esquema del tanque de regulación



Cuadro 4.3 Determinación de volumen y horas de bombeo

	Tiempo (hrs)	Volumen (m ³)
Volumen riego 0.3 Ha		287.175
Llenado del tanque	7.460	201.474
Volumen regulado	3.17	85.701
Tiempo total de riego	10.64	

La cota más alta del tanque es la mostrada en la figura y es 2074.22 m.s.n.m.

La cota del nivel de agua más alto en el tanque es 2074.02 m.s.n.m.

La cota de la tubería de descarga se encuentra a 2071.02 m.s.n.m.

4.3.4.b Diseño estructural.

Para los cálculos estructurales del tanque de regulación, se consideró las cargas más desfavorables, en dos hipótesis de cálculo, una cuando el tanque está con agua y la otra cuando el mismo se encuentra vacío.

En vista que la solera del tanque, especialmente en su primera parte es más ancho que alto consideramos que esta trabaja como losas en lecho elástico, dividida en 5 tramos, con un coeficiente de Balasto de 8000 t/m^2 , valor característico para rocas con cierto grado de fracturación. Para el peso del canal se consideró un peso específico de $2,4 \text{ t/m}^3$, el del agua $1,0 \text{ t/m}^3$ y del suelo $2,10 \text{ t/m}^3$, $k_a=0.16$.

Aprovechando la versatilidad del programa el mismo se utilizó con fórmulas como se indica a continuación:

```

                ESTRUCTURA TIPO TANQUE
*****
* CANAL DE HORMIGON ARMADO                *
* DEFINICION CON VARIABLES                *
* LOSA DE FONDO EN APOYO ELASTICO        *
* A=ANCHO DE CALCULO DEL TANQUE (m)      *
* N=NUMERO DE NUDOS EN ANCHO DEL TANQUE *
* H=ALTURA DE AGUA DEL TANQUE (m)      *
* H1=ALTURA DEL TANQUE (m)             *
* H2=ALTURA DE SOBREELEVACION (m)      *
* E=ESPESOR DE LOS MURO (m)             *
* E1=ESPESOR LOSA DE FONDO (m)          *
* P=PESO ESPECIFICO DEL SUELO (t/m3)    *
* C=COEFICIENTE DE BALASTO (t/m2)      *
* AGUA=1.0 t/m3  HORMIGON=2.4 t/m3     *
*                                        *
* VARIABLES CALCULADAS                  *
*                                        *
* Q1=PESO DEL AGUA                      *
* Q2=PESO DEL CANAL                     *
* R1=REACC. DEL SUELO NUDOS EXTREMOS   *
* R2=REACC. DEL SUELO NUDOS CENTRALES *
*****
    
```

NUMERO DE VARIABLES 16

N 6
 A 3.20
 H 1.02
 H1 1.3
 H2 0.0
 E 0.20
 E1 0.20
 P 2.1
 C 8000

Q1 #A#H*1.0
 Q2 (#A#E+2#H1#E1)*2.4
 R1 #C*(#A/(#N-1))/2
 R2 #C*(#A/(#N-1))
 P1 #H*1.0
 P2 #H1#P*0.16
 P3 #H2#P*0.16

UNIDADES ENTRADA TON M RAD

UNIDADES SALIDA TON M RAD

NUMERO DE NODOS #N+2

* Nro. Coord-X Coord-Y
 DESDE I 1 HASTA #N
 #I (#I-1)*#A/(#N-1) 0.0
 #N+1 0.00 #H1
 #N+2 (#N-1)*#A/(#N-1) #H1

NUMERO DE BARRAS #N+1

* Nro. Desde Hasta
 * VIGAS PISO No. 1
 DESDE I 1 HASTA #N-1
 #I #I #I+1
 * COLUMNA No. 1
 #N 1 #N+1
 * COLUMNA No. 2
 #N+1 #N #N+2

NODOS RESTRINGIDOS #N

* Nro. Rest-X Rest-Y Rest-0
 DESDE I 1 HASTA #N
 #I 1 1 0

NODOS CON CEDIMIENTOS 0

* Nro. Ced-X Ced-Y Ced-0

NODOS CON VINCULOS ELASTICOS #N

* Nro. K-X K-Y K-0
 1 0 #R1 0
 DESDE I 2 HASTA #N-1

```

#I      0      #R2      0
#N      0      #R1      0

SECCIONES DIFERENTES 2
PARAMETROS geometricos
*      Desc.  B/Área  D/Inercia      Mp+      Mp-
SECC1  1.00   #E1
SECC2  1.00   #E

ASIGNACION DE MATERIALES
*      Desc  Cuales
H210  TODAS

DEFINICION DE LAS BARRAS
*      Desc.  Cuales
SECC1  1 a #N-1
SECC2  #N a #N+1

NUMERO DE ESTADOS 2

NUMERO DE HIPOTESIS 2
*  E1  E2  E3  E4  E5
1.0  0.0  0.0  0.0  0.0
0.0  1.0  0.0  0.0  0.0

ESTADO 1

CARGAS EN BARRAS 3
BARRA 1 A #N-1 UNIFORME
(#Q1+#Q2)/#A  -Y
BARRA #N TRAPEZOIDAL
0 #H      #P1  0.00  -X
BARRA #N+1 TRAPEZOIDAL
0 #H      #P1  0.00  +X

NUMERO DE NODOS CARGADOS 0
*      Nodo  F-X  F-Y  M-XY

ESTADO 2

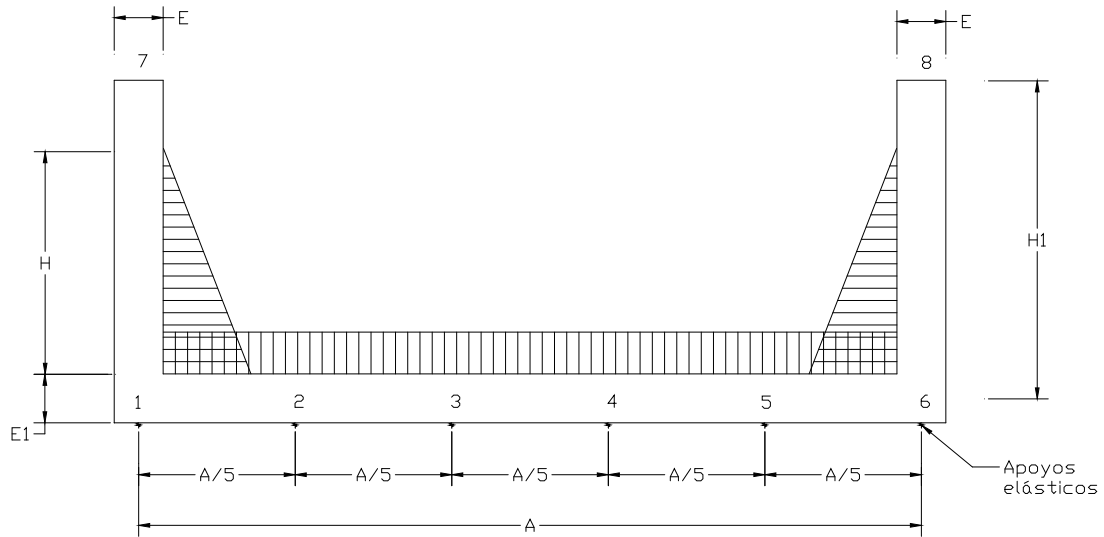
CARGAS EN BARRAS 3
BARRA 1 A #N-1 UNIFORME
#Q2/#A  -Y
BARRA #N TRAPEZOIDAL
0 #H1  #P1  #P3  +X
BARRA #N+1 TRAPEZOIDAL
0 #H1  #P1  #P3  -X

NUMERO DE NODOS CARGADOS 0
*      Nodo  F-X  F-Y  M-XY

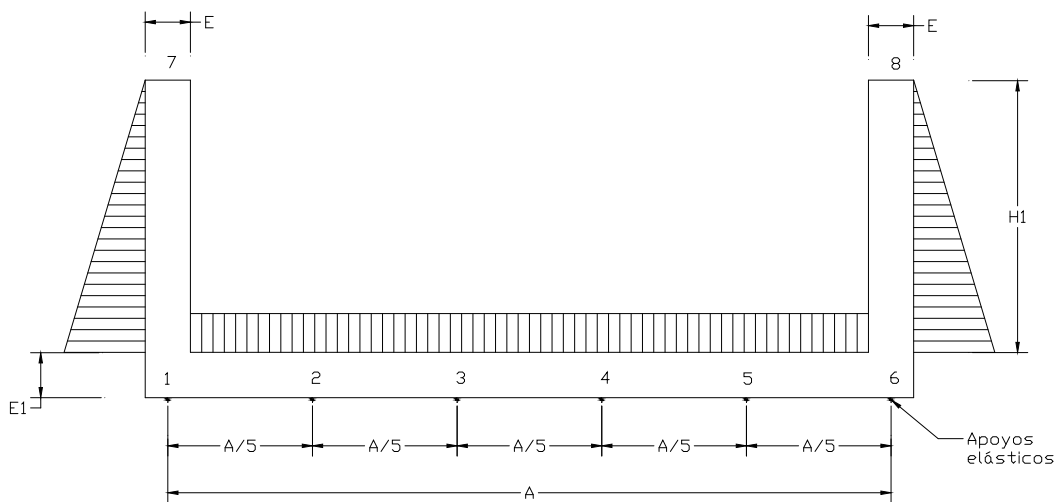
```


La ventaja de éste uso es que con el simple cambio de algunas variables se puede calcular un sin número de *tanques* con las mismas características.

Hipótesis 1: Tanque lleno



Hipótesis 2: Tanque vacío



Donde las variables son:

El cálculo de las solicitaciones y deformaciones de las estructuras se realizó con el PPLAN_I, donde se imprimen solamente los resúmenes del cálculo detallado de los esfuerzos, los mismos que se presentan en el Anexo 3.

La determinación de la armadura óptima se la efectúa con el programa PPLAN_I, para varias secciones, longitudes de tramos y número de los mismos, los resultados se muestran a continuación y el armado definitivo se indica en los planos del proyecto por cada sistema.

4.3.5 Canal de distribución

Se ha adoptado una sección rectangular para el canal, por la facilidad constructiva de la misma, revestida con hormigón simple.

Todas las comprobaciones a los diferentes tramos del canal rectangular se los ha efectuado mediante planillas de cálculo verificadas de acuerdo a bibliografía utilizada para el diseño del canal de conducción, en las planillas se utiliza la conocida ecuación de Manning para el cálculo de todos los parámetros hidráulicos. *GILES, Ronald (1969), Mecánica de los Flúidos e Hidráulica*

Los planos correspondientes para los canales son los siguientes:

PLANO 3. Planta y perfil canal Este 1

PLANO 4. Planta y perfil canal Este 2

PLANO 5. Transversales canal Este

PLANO 6. Planta y perfil canal Oeste 1

PLANO 7. Planta y perfil canal Oeste 2

PLANO 8. Transversales canal Oeste

La tabla resumen se muestra a continuación

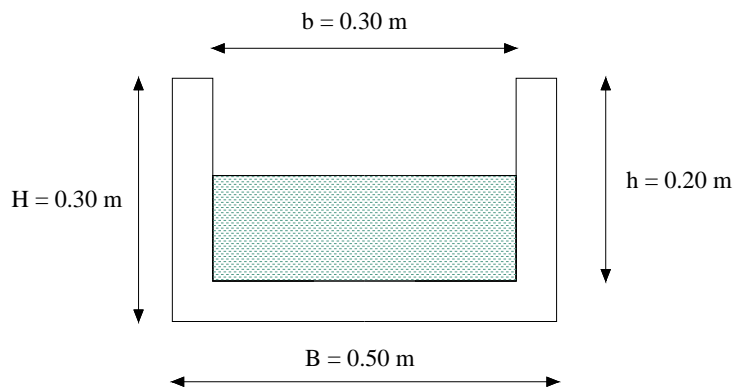
Cuadro 4.4 Datos Hidráulicos Canal Este

CANAL DEL LADO OESTE

Datos comunes :

Caudal	Q =	0.017	$\frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$
Base	b =	0.3	m
Rugosidad	n =	0.013	H°
Borde libre	b_L =	0.1	m
Altura adoptada canales	H =	0.20	m

Progresivas		S (m/m)	y _N (m)	A (m ²)	P (m)	V (m/s)	F	Flujo	H (m)
Inicio	Final								
0 + 0	0 + 71.88	0.008	0.065	0.019	0.430	0.87	0.96	subcrítico	0.1648
0 + 71.88	0 + 107.89	0.003	0.091	0.027	0.482	0.62	0.66	subcrítico	0.1911
0 + 107.89	0 + 130.97	0.004	0.082	0.025	0.465	0.69	0.77	subcrítico	0.1824
0 + 130.97	0 + 225.98	0.0065	0.07	0.021	0.439	0.81	0.93	subcrítico	0.1696
0 + 225.98	0 + 337.85	0.004	0.082	0.025	0.465	0.69	0.77	subcrítico	0.1824
0 + 337.85	0 + 420.91	0.003	0.091	0.027	0.482	0.62	0.66	subcrítico	0.1911



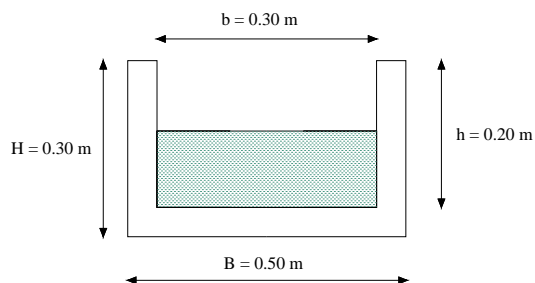
Cuadro 4.5 Datos Hidráulicos Canal Oeste

CANAL DEL LADO ESTE

Datos comunes :

Caudal	Q =	0.017	m ³ / seg
Base	b =	0.2	m
Rugosidad	n =	0.013	H°
Borde libre	b_L =	0.1	m
Altura adoptada canales	H =	0.20	m

Progresivas		S	y _N	A	P	V	F	Flujo	H
Inicio	Final	(m/m)	(m)	(m ²)	(m)	(m/s)			(m)
0+0	0+17.78	0.007	0.068	0.020	0.436	0.84	0.90	subcrítico	0.1679
0+17.78		CAÍDA VERTICAL 1 (CV-1)							
0+19.28	0+110.88	0.007	0.068	0.020	0.436	0.84	0.90	subcrítico	0.1679
0+110.88		CAÍDA VERTICAL 2 (CV-2)							
0+112.38	0+146.55	0.008	0.065	0.019	0.430	0.87	0.96	subcrítico	0.1648
0+146.55		CAÍDA VERTICAL 3 (CV-3)							
0+148.05	0+167.58	0.007	0.068	0.020	0.436	0.84	0.90	subcrítico	0.1679
0+167.58		SIFÓN INVERTIDO 1 (SF-1)							
0+184.63	0+202.42	0.008	0.065	0.019	0.430	0.87	0.96	subcrítico	0.1648
0+202.42		CAÍDA VERTICAL 4 (CV-4)							
0+203.92	0+238.09	0.008	0.065	0.019	0.430	0.87	0.96	subcrítico	0.1648
0+238.09		SIFÓN INVERTIDO 2 (SF-2)							
0+260.24	0+294.90	0.007	0.068	0.020	0.436	0.84	0.90	subcrítico	0.1679
0+294.90	0+313.74	0.008	0.065	0.019	0.430	0.87	0.96	subcrítico	0.1648



Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.a Obras hidráulicas

Para tener un funcionamiento óptimo de los canales para los fines de riego se debe garantizar que el agua llegue a todas parcelas, con la menor cantidad de pérdidas posibles, con una velocidad auto limpiante y con el flujo subcrítico. Para ello se hace necesario la construcción de obras hidráulicas como disipadores de energía y obras de paso.

Sifón invertido. En el diseño se tienen previsto dos pasos del agua mediante la utilización de sifones invertidos como alternativas económicas y seguras para vencer desniveles topográficos ocasionados por dos pequeñas quebradas. La ubicación de los sifones y los perfiles se muestran en los planos: **PLANO 6. Planta y perfil canal Oeste 1; PLANO 7. Planta y perfil canal Oeste 2 y PLANO 8. Transversales canal Oeste.** Mientras que el detalle de las cámaras de ingreso de los sifones se encuentra en el **PLANO 11. Cárcamo de Bombeo y detalles constructivos.** El diseño hidráulico de los sifones cumple con lo especificado en la Investigación Aplicada del PRONAR. *BOTTEGA, Alfonso y HOOGEN DAM Alfonso (2004), Obras de riego para zonas montañosas*

Caída vertical. A manera de uniformizar el diseño se estableció un tipo único de caída vertical para este proyecto y ésta es de 0.5 metros de desnivel. La ubicación de las mismas se encuentran en el punto 4.3.5 Los detalles constructivos se encuentran en el plano **PLANO 11. Cárcamo de Bombeo y detalles constructivos.** *BOTTEGA, Alfonso y HOOGEN DAM Alfonso (2004), Obras de riego para zonas montañosas*

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Estrategia de ejecución: logística, modalidad y cronograma

5.1.1 Esquema general de la ejecución

La planificación de la ejecución o construcción propiamente dicha del proyecto, denota plasmar las soluciones en sistemas de construcción, que permitan concretar los trabajos.

La construcción deberá ser realizada por personal con experiencia en éste tipo de obras,

En primer lugar hay que tener en cuenta que las actividades de la construcción se suceden en el tiempo, aproximadamente en el siguiente orden.

1ª Etapa.- Se realizan las instalaciones generales, que se llaman también trabajos de movilización, es decir, se construyen los caminos de acceso, la limpieza del terreno, el campamento, taller, almacén, etc.

2ª Etapa.- En cuanto se dispone de un mínimo de instalaciones se inician los replanteos, las investigaciones complementarias de materiales y las excavaciones.

3ª Etapa.- Simultáneamente al avance de las excavaciones, se aborda el acopio de materiales para los hormigones y morteros.

4ª Etapa.- Cuando las actividades anteriores hayan terminado, se procederá a la construcción de la caseta de bombeo, el cárcamo y el tanque de regulación de hormigón armado.

5ª Etapa.- Para evitar un pico de gastos y requerimiento de personal, luego de un 15 días de trabajo en la etapa anterior se puede dar inicio a las labores referidas al tendido

de tuberías para la aducción, y construcción de los canales de distribución junto con las obras hidráulicas requeridas.

6ª Etapa.- Se instalan el sistema de bombeo, con las labores de electricidad y plomería. Se ejecutan las protecciones, los elementos de seguridad, las obras de drenaje y complementarias, y desmontaje o retirada de obra.

Por las características y localización de los diferentes componentes del proyecto, con sitios de trabajo cercanos, se ha definido el plan de ejecución con la implementación de 2 frentes de trabajo

Un primer frente de trabajo, para la ejecución del cárcamo de bombeo y tendido de tubería de impulsión y otro frente de trabajo que trabajaría con el tanque de regulación y la construcción de los canales de distribución..

5.1.2 Maquinaria y equipo necesarios

Habrá que distinguir dos tipos de maquinaria, aquella fundamental para la ejecución, que tendrá permanencia total en la obra y aquella complementaria, o que su requerimiento es temporal o en cortos períodos, en la ejecución de actividades específicas.

Deberá disponerse de:

1 Camioneta pick – up para las labores de control de ejecución en obra.

Frente de trabajo N° 1

1 Camión volqueta de 5 m³

1 Hormigonera de 180 lt

Herramientas suficientes para la ejecución de las obras

Frente de trabajo N° 2

1 Camión volqueta de 5 m³

1 Hormigonera de 320 lt

1 Vibradora

Herramientas suficientes para la ejecución de las obras

Personal mínimo necesario

El personal necesario para la construcción es:

1 Ingeniero responsable de obra

1 Topógrafo

1 Mecánico

4 Albañiles

3 Chóferes, 2 para las volquetas y 1 para camioneta

Ayudantes y obreros en número suficiente para el cumplimiento de la obra.

5.1.3 Suministros y materiales

Los suministros y materiales necesarios para la obra se proveerán directamente de la ciudad de Tarija, manteniendo en el campamento de obra stocks para cubrir eventualidades en la provisión regular.

Los suministros principales son:

Carburantes

Aceites y grasas

Cemento

Tuberías

Madera y otros.

5.1.4 Programa general de la obra

Las actividades principales de la construcción se las agrupa de la siguiente manera:

Movilización e instalaciones generales

Replanteo de obras

Excavaciones y preparación de materiales

Construcción de la estación de bombeo

Construcción de tanque de regulación

Instalación de tuberías

Construcción de canales

La construcción se iniciará con el frente de trabajo N° 1 o sea con la ejecución de la caseta de bombeo, la que se desarrollará bajo una secuencia de los trabajos para lograr la construcción sucesiva y continua. Se prevé que la construcción propiamente dicha se inicie preferentemente en el mes de mayo y se concluya en julio, periodo que tiene condiciones climáticas favorables.

El frente de trabajo N° 2 dedicado a la ejecución del tanque de regulación debe comenzar sus labores al mismo tiempo que se encuentre en construcción la caseta de bombeo ya que al tratarse de una estructura de hormigón, ésta deberá cumplir con tiempos de fraguado y curado antes de poder terminar con las instalaciones de operación.

Con este esquema de trabajo, la ejecución del proyecto podrá desarrollarse en 3 meses, considerando en ellos la holgura necesaria.

En el cronograma siguiente, se puede observar la secuencia y los tiempos de construcción. El detalle del cronograma se encuentra en el ANEXO 6. Cronograma de ejecución.

Cuadro 5.1 Cronograma Gantt de las actividades

PROYECTO DE RIEGO GAMONEDA	DURA CIÓN	MES 1				MES 2				MES 3			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
1 TOTAL OBRA	54 días	[Barra Gantt que cubre todos los días de S1 a S12]											
2 TRABAJOS PRELIMINARES	10 días	[Barra Gantt que cubre S1 a S4]											
3 MOVIMIENTO DE TIERRAS	31 días			[Barra Gantt que cubre S3 a S11]									
4 HORMIGONES Y ESTRUCTURAS	24 días					[Barra Gantt que cubre S5 a S12]							
5 CASETA DE BOMBEO	7 días									[Barra Gantt que cubre S9 a S12]			
6 TUBERÍAS Y VÁLVULAS	7 días										[Barra Gantt que cubre S10 a S12]		
6 LIMPIEZA Y DESMOVILIZACIÓN	3 días											[Barra Gantt que cubre S11 a S12]	

Elaboración propia

5.2 Cómputos métricos de las obras propuestas

Se presentan en el ANEXO 4 los cómputos métricos referido a los ítems del proyecto. Los ítems se encuentran en sus unidades básicas de medición según el Sistema Internacional de Unidades o en sus respectivas equivalencias.

5.3 Especificaciones técnicas

Se detallan en el ANEXO 6 las especificaciones técnicas de cada uno de los elementos que constituyen el proyecto de riego para la comunidad de Gamoneda. En él se detallan las formas de medición, las unidades de pago y los requerimientos técnicos para la provisión, colocado y construcción de los ítems constituyentes del estudio.

5.4 Acompañamiento/asistencia técnica integral

El Proyecto de Micro riego Gamoneda forma parte de un proyecto de riego mayor, que corresponde al Proyecto Calderas, es por esto que no se tomará en cuenta la conformación de una entidad encargada de la asistencia técnica y acompañamiento para mejorar las condiciones productivas en la zona. Se hará uso del marco institucional mayor en el cual el proyecto presentado en este documento se apoya.

5.5 Presupuesto y estructura financiera.

El presupuesto puede desglosarse de la siguiente manera:

Materiales

Los materiales pueden ser de origen local (gravas, arenas y piedras), nacionales referidos a todos los materiales producidos en el país como cerámica, cemento, tuberías y también pueden ser materiales importados como el caso de válvulas, bombas, etc. Todos deben encontrarse con disponibilidad en la ciudad de Tarija o con disponibilidad de importación.

Los precios de los materiales se consideraron puestos en obra, o sea fueron obtenidos sumando al precio de compra en Tarija y el costo de transporte.

Mano de obra (composición salarial)

Las leyes sociales del país determinan de alguna manera la composición salarial para el trabajador; de estas leyes se desprende que para determinar el salario es necesario tomar en cuenta los siguientes componentes:

- Haber básico del trabajador;
- Pago por beneficios sociales;

Pago por impuestos y transacciones

Análisis de precios unitarios para el equipo y maquinaria.-

Para el análisis se consideró:

La productividad

Los costos fijos o de propiedad

Los costos variables o de operación y

Los componentes indirectos del costo

Sobre la base de todos los parámetros y componentes básicos del costo del equipo antes anotados se procedió a la integración del costo horario.

Componentes indirectos del precio unitario

Los costos indirectos que se influyen en el análisis de precios unitarios del presente estudio son los gastos generales y las utilidades, los que fueron fijados en un porcentaje del 10% para cada uno.

Precios unitarios

Los precios unitarios de construcción se calcularon considerando los costos directos y los costos indirectos,(cuadro siguiente). El detalle de cálculo de cada ítem se presenta en anexo.

Cuadro 5.2 Resumen ítems Proyecto
Construcción caseta de bombeo, impulsión, tanque y aducción

Nº	DESCRIPCION ITEM	UND.	CANTIDAD	P.UNIT.	PARCIAL
1	INSTALACION DE FAENAS	glb	1	7,422.48	7,422.48
2	DESMONTE Y LIMPIEZA DE TERRENO	m ²	145	12.62	1,829.90
3	REPLANTEO DE ESTRUCTURAS	m ²	110.31	0.83	91.56
4	REPLANTEO LINEAL DE CANALES Y TUBERÍAS	m	939.44	1.37	1,287.03
5	EXCAVACION ESTRUCTURAS	m ³	259.51	29.69	7,704.85
6	EXCAVACION PARA CANALES Y TUBERÍAS	m ³	217.45	38.6	8,393.57
7	RELLENO CON CAMA DE ARENA E = 10 CM	m ³	13.67	80.16	1,095.79
8	RELLENO COMPACTADO	m ³	205.56	34.41	7,073.32
9	HORMIGÓN CICLOPEO PD=60% (1:2:3)	m ³	9.29	634.51	5,894.60
10	HORMIGÓN SIMPLE FCK=210 KG/CM2 (1:2:3)	m ³	66.62	647.74	43,152.44
11	HORMIGÓN ESTRUCTURAL FCK=210 KG/CM2	m ³	46.88	1,337.76	62,714.19
12	ACERO ESTRUCTURAL	Kg	3,658.09	16.83	61,565.65
13	REVOQUE IMPERMEABILIZANTE	m ²	199.77	67.54	13,492.47
14	MURO LADRILLO 6H E=18 CM	m ²	26.61	161.27	4,291.39
15	CUBIERTA DE CALAMINA Nº 28	m ²	26.1	238.32	6,220.15
16	PISO DE CEMENTO E=8 CM	m ²	10.15	83.07	843.16
17	PUERTAS DE MADERA T/TABLERO	m ²	1.89	793.74	1,500.17
18	VENTANAS DE MADERA	m ²	2.4	527.8	1,266.72
19	REVOQUE YESO SOBRE LADRILLO	m ²	26.61	47.5	1,263.98
20	PINTURA INTERIOR LATEX	m ²	26.61	18.83	501.07
21	CERCO MALLA OLIMPICA FG2" C/2.5M H=2.5M	m	35	257.45	9,010.75
22	PROV. Y COLOC. DE VÁLVULAS	glb	1	10,084.18	10,084.18
23	TUBERIA F.G. D=3"	m	7.2	140.67	1,012.82
24	TUBERIA PVC (JR) C-6 D=3"	m	34.1	39.83	1,358.20
25	TUBERIA PVC (JR) C-6 D=4"	m	210.7	54.47	11,476.83
26	ACCESORIOS IMPULSION	glb	1	3,288.47	3,288.47
27	ACCESORIOS TANQUE	glb	1	481.37	481.37
28	INSTALACION BOMBA 5 HP	pza	2	5,210.58	10,421.16
29	INSTALACION TABLERO PARA BOMBA	pza	1	396.43	396.43
30	INSTALACION PUNTO DE LUZ	pto	3	176.02	528.06
31	INSTALACION PUNTO TOMA CORRIENTE	pto	4	166.54	666.16
32	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	m ²	145	7.42	1,075.90
TOTAL (Bs)					287404.82

Cuadro 5.3 Presupuesto por componentes

COSTOS DIRECTOS	COSTO Bs
RESUMEN DE MATERIALES	133329.61
RESUMEN DE MANO DE OBRA	57444.15
RESUMEN DE EQUIPOS	4973.01
TOTAL COSTOS DIRECTOS	195746.77
COSTOS INDIRECTOS	
Beneficios Sociales	31594.28
Herramientas menores	2872.21
Gastos Generales y utilidades	39149.35
Impuesto IVA	13302.34
Impuesto IT	4739.86
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	91658.05
COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN Bs	287404.82

5.6 Evaluación socioeconómica del proyecto.

Al encontrarse el análisis socioeconómico fuera de los alcances de este proyecto es que sólo se hará mención sobre uno de los parámetros de caracterización de la evaluación socioeconómica: el costo – eficiencia, referido únicamente a la inversión. Para ello se hará la estimación del costo por hectárea y el costo por familia beneficiada:

Considerando un costo total del proyecto de 287 404.82 Bs.; 12.50 hectáreas físicas habilitadas con riego complementario, 20 hectáreas incrementales por periodo agronómico anual, con el riego y 6 familias beneficiadas en el perímetro de riego propuesto:

- Costo por hectárea física:

$$\frac{287404.82 \text{ Bs}}{12.5 \text{ Ha}} = 22992.38 \text{ Bs/Ha} = 3252.10 \text{ \$US/Ha}$$

- Costo por hectárea incremental :

$$\frac{287404.82 \text{ Bs}}{20 \text{ Ha}} = 14370.24 \text{ Bs/Ha} = 2032.56 \text{ \$US/Ha}$$

- Costo por familia beneficiada:

$$\frac{287404.82 \text{ Bs}}{6 \text{ Flia}} = 47900.80 \text{ Bs/Flia} = 6775.22 \text{ \$US/Flia}$$

5.7 Ficha ambiental.

Luego de la elaboración de la Ficha Ambiental para el Proyecto de Micro riego Gamoneda se tiene que la categoría del proyecto es IV por lo que no se requiere una Evaluación de Impacto Ambiental más profunda. Para seguir con los procedimientos administrativos ambientales, la Autoridad Ambiental competente, debe emitir el Certificado de Dispensación para dar poder dar comienzo a la ejecución del proyecto. La ficha ambiental se muestra a detalle en el Anexo 8.

5.8 Conclusiones del estudio de identificación.

Es conveniente la construcción de las obras complementarias al proyecto Calderas en la comunidad de Gamoneda:

- Desde una perspectiva social, porque sus pobladores que viven en extrema pobreza, no pueden quedar excluidos de los beneficios que proporcionará el canal de riego de la presa Calderas. Dada su ubicación estratégica, se encuentran en posibilidad de afectar el cumplimiento de los grandes objetivos de la presa.
- Desde el punto de vista técnico, las condiciones para la implementación de un riego complementario son óptimas debido a varios factores como: la calidad del suelo, las pendientes de las parcelas, condiciones climáticas, cercanía a la ciudad de Tarija y otras.

El sistema de bombeo que se propone tiene una forma de operación sencilla y con un diseño que garantiza una vida útil que justifica su costo.

El diseño hidráulico debe complementarse con un análisis socio económico más profundo que pueda establecer con mayor claridad la relación existente entre la inversión prevista y los beneficios económicos esperados.

La ingeniería del proyecto se realizó tomando en cuenta recomendaciones bibliográficas de libros especializados en riego, hidráulica y obras hidráulicas. Todo diseño que no cuenta con un cálculo específico se realizó tomando en cuenta la experiencia de proyectos similares y criterios técnicos que garantizan la seguridad y vida útil de las obras

5.9 Recomendaciones

- Los volúmenes requeridos para un riego por superficie son elevados, el mejorar la eficiencia de riego garantiza un menor costo de la operación con un rendimiento apropiado de la infraestructura y equipos instalados. Se recomienda realizar un acompañamiento integral y una participación activa de la asociación de regantes para realizar un control estricto del aprovechamiento del agua y una mejora continua de las prácticas de riego.
- Se recomienda cumplir con las dimensiones y características de cada uno de los componentes del proyecto. La selección de equipos y accesorios fue obtenida mediante un cálculo específico y no es recomendable utilizar aquellos materiales que no fueron previstos en este estudio fundamentalmente hidráulico.
- Debido a la fundamental importancia del funcionamiento de las bombas para el sistema de riego propuesto, es que se recomienda una capacitación a los usuarios, en las labores para una correcta operación y un mantenimiento oportuno de las bombas.
- El dimensionamiento de las obras se realizó adoptando un calendario agrícola establecido, cualquier modificación en él, repercutirá en la forma de operación del sistema. Se recomienda utilizar el calendario agrícola propuesto y ante cualquier modificación es aconsejable recibir asesoramiento de personal especializado en riego, como ingenieros agrónomos o ingenieros civiles con especialidad en hidráulica.