

CAPÍTULO I (INTRODUCCIÓN)

1.1 Título del Proyecto:

“Diseño Hidráulico de la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable para la comunidad de Rejará Centro”.

1.2 Problema actual

El agua potable es un servicio básico e indispensable para el desarrollo de los pueblos, considerada como la principal demanda de las urbes.

Es en este sentido que Bolivia, un país tercermundista en proceso de desarrollo, se ha dado la tarea de incrementar la cobertura de este servicio, aumentando considerablemente desde 1990 con altas inversiones en el sector. Sin embargo, la realidad refleja que la cobertura y la calidad de servicio siguen siendo las más bajas del continente. La inestabilidad política e institucional ha contribuido a la debilitación de las instituciones del sector a nivel nacional y de muchas instituciones locales.

Según el director ejecutivo de la autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y saneamiento básico (AAPS), las coberturas de agua potable en el 2010 eran:

Cuadro 1.1 coberturas del agua potable en Bolivia

		% total
Agua potable	población urbana	68%
	población rural	44%

<http://www.eabolivia.com/economia>

Elaborado por: AAPS, mediante un monitoreo general (2010).

Observando el cuadro 1.1, vemos gran deficiencia entre las conexiones urbanas y rurales hecho que al pasar de los años se han ido agravando por un crecimiento poblacional desmedido y la falta de financiamiento.

No debemos olvidar que el agua potable es una necesidad. Las localidades que actualmente cuentan con los servicios de agua potable ya no necesitarán que sus habitantes (principalmente mujeres y niños) caminen largas distancias para llevar a su vivienda uno o dos cántaros de agua, que escasamente cubrían las necesidades de consumo y así como la preparación de alimentos de su familia. Como también podrán contrarrestar infecciones intestinales como diarrea, cólera y tifoidea, al mismo tiempo que podrán satisfacer otras necesidades como el aseo personal y lavado de ropa dentro de sus viviendas.

1.2.1 Planteamiento del problema

La necesidad de la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable para la comunidad de Rejará Centro se hace cada vez más evidente, debido a la antigüedad del sistema de agua potable existente, a la mala ubicación en que ahora se encuentran el tanque de almacenamiento y su obra de toma, y a la necesidad de las familias que no cuentan con esta agua potable de poder beneficiarse de este servicio.

En la actualidad la comunidad se abastece de agua mediante un sistema que se encuentra con ciertas falencias, este sistema capta el agua de una vertiente que abastece de agua a 28 familias, no llegando a abastecer a la totalidad de familias existentes en la comunidad, además el tanque de almacenamiento se encuentra en peligro de caerse debido al desmoronamiento del terreno donde se encuentra emplazado,

De no realizar el mejoramiento y ampliación de este sistema, la población de Rejará Centro podría quedar sin agua potable debido a la ubicación en que se encuentra su tanque de almacenamiento.

1.2.2 Formulación del problema

¿Hace falta la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable para la comunidad de Rejará Centro, que suministre agua apta para el consumo humano en la cantidad y calidad necesaria?

Una ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de esta comunidad es de evidente necesidad, y conlleva una alta inversión económica, que será financiada por las entidades responsables ya que los comunarios no podrán hacerlo debido a que son de escasos recursos.

Mediante el diseño hidráulico la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable, se pretende dar facilidades y comodidades a los comunarios como ser un servicio constante y eficiente de tal manera que eleven su calidad de vida.

1.2.3 Sistematización del problema

¿Qué problemas conlleva la falta de un sistema de agua potable, para la comunidad de Rejará Centro?

¿El sistema de agua potable, reducirá las enfermedades gastrointestinales por el consumo de aguas no tratadas?

¿Qué perspectivas hacia el aprovechamiento del agua potable se creará en la población favorecida?

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1 Objetivo general

El objetivo fundamental del proyecto es de mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la comunidad de Rejará Centro.

1.3.2 Objetivos específicos

La realización del presente diseño hidráulico apuntará a:

- Garantizar un suministro de agua potable, apta para el consumo humano.
- Suministrar el agua potable, de manera permanente sin crear molestias ni desconformidad por el sistema de agua potable.
- Disminuir las enfermedades, provocadas por el consumo de aguas no tratadas.

1.4 Justificación del proyecto

“El saneamiento básico es considerado un importante indicador para medir la pobreza, por incluir al acceso adecuado al agua y a los servicios de saneamiento. La escasez nace de la desigualdad, la pobreza y el poder y no en la carencia de la disponibilidad física del agua”

De acuerdo con el informe del Ministerio de Medio Ambiente, el área urbana de Bolivia hay una cobertura de 62 %, y sumado con el porcentaje del área rural, se tiene en total 63 % de personas con acceso al agua potable en el país.

Estas cifras alarmantes, se plasman en la realidad que vive esta comunidad:

- Presentando un bajo nivel de vida, tanto en higiene y salud
- La alta vulnerabilidad ante enfermedades gastrointestinales.
- El retraso económico, que incide el invertir tiempo en acarrear agua desde puntos lejanos.

1.4.1 Justificación académica

Aplicar los conocimientos adquiridos en el diseño de sistemas de agua potable, de manera de interactuar el campo teórico con la aplicación práctica que conlleva el “diseño hidráulico de un sistema de agua potable para la comunidad de Rejará Centro”. Razones que argumentan el deseo de verificar, rechazar o aportar aspectos teóricos referidos al objeto del perfil.

1.4.2 Justificación técnica

Realizar el “diseño hidráulico de la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable para la comunidad de Rejará Centro”, determinando la ubicación de los componentes del sistema como el cálculo correspondiente a su diseño de los mismos, buscando que el sistema sea económico y técnicamente aceptable.

1.4.3 Justificación social

El agua potable es un servicio básico de dependencia humana, que toda población necesita para llevar un buen desarrollo de vida saludable. Es en este sentido que el “diseño hidráulico de la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable en la comunidad de Rejará Centro”, servirá a la mencionada comunidad como una propuesta técnica.

1.4.4 Justificación institucional

Se realizará este proyecto de ingeniería con el propósito de contribuir la extensión universitaria en la sociedad, apoyando técnicamente en la realización del “diseño hidráulico de la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable en la comunidad de Rejará Centro”, siendo adecuado a las necesidades de esta comunidad, lo que generaría un mejoramiento de aprovisionamiento de agua potable en la región del proyecto.

1.5 Alcance del proyecto

El presente proyecto de grado contemplará:

La obtención y recopilación de toda la información necesaria por parte del proponente, el diseño hidráulico de todo el sistema de agua potable desde su obra de captación, el proceso de aducción hasta la red de distribución y una planificación de obra que nos proporcione el costo y tiempo necesarios, para invertir en la materialización de esta propuesta.

- **Recopilación de toda la información necesaria.-** este será el primer paso antes de entrar al diseño hidráulico, buscar una buena información que garantice buenos resultados será lo primordial, para ello se plantea conseguir:
 - **Datos de la población.-** que nos permitirá conocer el número de habitantes de la comunidad, su edad, ocupación o actividad económica y sus más frecuentes enfermedades.
Datos que serán contrastados con los obtenidos tanto del INE en el 2001, lo cual nos asegurará una buena calidad de estos.
 - **Un levantamiento topográfico.-** necesario para el diseño hidráulico, buscando el mejor trazo en consenso con la comunidad, de modo que no se tenga ningún problema para su posterior construcción.
 - **Cuantificación de agua.-** para asegurar el suministro se contrastará el caudal de diseño requerido por el sistema, con el caudal mínimo de la fuente de captación, de esta manera se garantizará su funcionalidad en épocas de estiaje.
 - **Análisis de la calidad del agua.-** se tomará una muestra de la fuente de captación y se la llevará a un laboratorio especializado. El mismo proporcionará datos confiables acerca de la calidad del agua y al mismo tiempo si requiere de algún tratamiento para su consumo.
- **El diseño hidráulico.-** en base a toda la información se procederá al dimensionamiento de las estructuras comprometidas al sistema:
 - La obra de toma
 - El tren de potabilización, según sea necesario de acuerdo al resultado de los análisis de laboratorio.

- El sistema de aducción y todas sus obras complementarias que se requieran en su recorrido.
 - El tanque de regulación.
 - La red de distribución.
- **La planificación de obra.-** una vez concluida la etapa de diseño hidráulico, se procederá a la planificación de obra que comprenderá:
- **Un presupuesto de obra.-** el mismo permitirá saber el costo que se requiere para la construcción del sistema de agua potable, presentando en detalle los precios unitarios, cálculos métricos, como un resumen de materiales necesarios.
 - **Un cronograma de actividades.-** que mostrará el tiempo necesario para la culminación de la obra como la ruta crítica de actividades.
- **Documentación final.-** todo el trabajo será debidamente documentado y representado gráficamente por planos del diseño hidráulico:
- Plano de la obra de toma
 - Planos de la aducción
 - Plano de obras complementarias
 - Planos de la red de distribución

1.6 Aspectos metodológicos

El “diseño hidráulico de un sistema de agua potable para la comunidad de Rejará Centro”, será realizado por fases:

- Fase I - Levantamiento y recopilación de la información
- Fase II - Procesamiento de la información (ingeniería del proyecto)

Los mismos se detallan a continuación:

Fase I - Levantamiento y recopilación de la información

A1-Datos de la población

Se efectuará un censo de la población beneficiaria, recabando el número de habitantes de la comunidad, su edad, ocupación, actividad económica y sus frecuentes enfermedades.

Datos que serán contrastados con los obtenidos tanto del INE (censo PV 2001), lo cual nos asegurará una buena calidad de estos.

A2-Levantamiento topográfico

Se dará paso al levantamiento topográfico tomando en cuenta la opinión de los comunarios que más conozcan el lugar, para demarcar el trazo de la aducción desde el punto elegido para la obra de toma, hasta la red de distribución.

A3-Cuantificación del agua

Se realizarán aforos de la vertiente existente, los mismos serán realizados en época de estiaje. Las respectivas mediciones nos permitirán cuantificar el recurso hídrico de manera que podamos diseñar las obras civiles del sistema dándoles servicialidad y seguridad.

A4-Estudio de la calidad del agua

Se empezará con la toma de muestras en la fuente de agua cuidando que esta sea lo más representativa posible. Estas serán llevadas a un laboratorio de análisis de la calidad del agua pertinente que nos proporcione un informe de calidad del agua.

Fase II - Procesamiento de la información (ingeniería del proyecto)

A1-Diseño de estructuras del sistema

Se procederá al diseño de las obras civiles como: Obra de toma, tanque de almacenamiento, y otras que en el diseño se requieran. En el proceso de diseño se adoptaran los criterios vertidos por las normas NB689 (regula el diseño de sistemas de agua potable), NB512 (regula la calidad del agua), como de la bibliografía citada.

A2-Diseño de la red de distribución

Con datos ya conocidos por los estudios mencionados líneas arriba, se procederá al cálculo de la red de distribución, adoptando la metodología de acuerdo a la distribución de la población buscando siempre que todo el diseño tenga funcionalidad adecuada. Para el diseño se tomaran los procedimientos y sugerencias de la bibliografía citada en el presente proyecto.

A3-Elaboración de planos a detalle

Mediante el uso del software AUTO-CAD, CIVIL 3D y otros, se procederá a la documentación gráfica del diseño: De las obras civiles, la red de distribución, tanque de almacenamiento, red de distribución, etc.

A4-Presupuesto del sistema

Se elaborarán los cálculos métricos en base a los planos del diseño final, los cuáles relacionados con el análisis de precios unitarios, que serán levantados buscando la mayor realidad del mercado, los mismos proporcionaran el costo y presupuesto final de la obra. (Ver ANEXOS 10,11 Y 12)

A5-Cronograma de actividades

Para la materialización de la obra se requerirá hacer una programación del mismo de acuerdo a las características de la zona; para tal efecto, se empleará el diagrama Gantt. (Ver ANEXO 17)

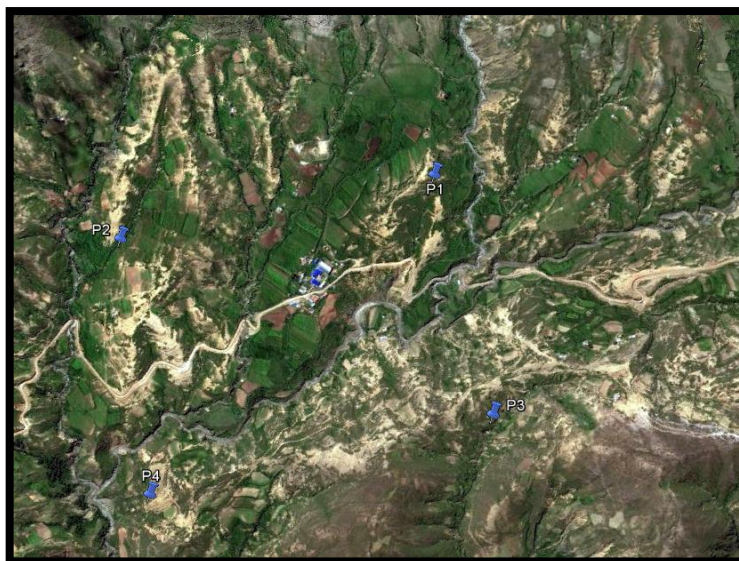
CAPÍTULO II (DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO)

2.1 Ubicación geográfica del proyecto:

La comunidad de Rejará, se halla situada en la segunda sección de la provincia Arce del departamento de Tarija.

Se encuentra entre las siguientes coordenadas:

Figura 2.1 – Coordenadas de ubicación de la comunidad Rejará Centro



PUNTO	LATITUD	LONGITUD
P1	22°00'14,68"	64°59'00,92"
P2	21°59'47,01"	64°58'53,21"
P3	22°00'04,36"	64°59'28,82"
P4	21°59'40,02"	64°59'16,27"

Fuente: elaboración propia mediante el software google Earth Win 2011

Altura promedio: 3050 m.s.n.m.

2.2 Acceso a la zona del proyecto

La comunidad de Rejará Centro donde se desarrollara el proyecto de diseño hidráulico de agua potable, se ubica a 91 km de la ciudad de Tarija de los cuáles 69 km esta asfaltado y 22 km de camino vecinal (tierra).

Cuadro 2.1- Distancias al área del proyecto

Tramo	Distancia	Tipo	Tiempo
Tarija-Padcaya	45 km	Asfaltado	45 minutos
Padcaya-cruce Chaguaya	12 km	Asfaltado	20 minutos
cruce Chaguaya-Camacho	12 km	Asfalto	20 minutos
Camacho-Rejará Centro	22 km	Tierra	120 minutos
TOTAL	91 km		205 minutos

Fuente: plan de desarrollo municipal “Honorable Alcaldía de Padcaya”

Para ubicar la obra de toma de agua, es necesario caminar a pie por la serranía unos 0,8 km.

2.3 Descripción de la zona:

La comunidad de Rejará Centro se encuentra a los pies de la Cordillera Oriental

Topografía: escarpada de fuertes pendientes con montañas se caracterizan por mostrar fisonomía de aspecto masivo, cimas variables, divisorias de aguas poco discernibles y con grado de disección de ligero, mesurado y fuerte.

Suelo: En las montañas son generalmente superficiales, solo en lugares en procesos de acumulación de material coluvial, algo profundas. Generalmente muestran signos de erosión laminar a medida y en algunos sectores severa con cárcavas. El drenaje varía de bien a moderadamente bien drenado y los colores de suelo varían de pardo oscuros en los horizontes superficiales a pardo amarillento oscuro en los horizontes a más profundidad.

2.4 Aspectos sociales.-

2.4.1 Población beneficiaria.-

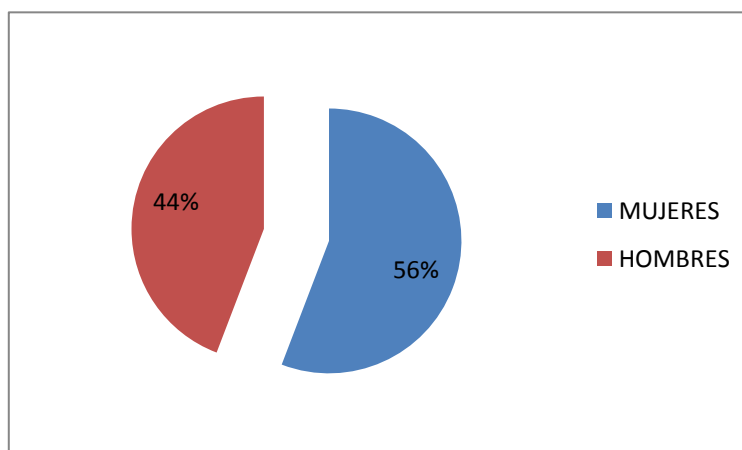
Actualmente se cuenta con una población de 172 personas en la comunidad de Rejará Centro que se distribuyen de la siguiente manera:

Cuadro 2.1 - Número de beneficiarios según censo 2012

MUJERES	HOMBRES	TOTAL
96	76	172
55,81%	44,19%	100,00%

Fuente: censo de elaboración propia
Fecha del censo: 14 de agosto del 2012

Figura 2.2 – Distribución de género



Fuente: censo de elaboración propia
Fecha del censo: 14 de agosto del 2012

2.4.2 Actitud de los comunarios ante el proyecto.-

El proyecto “Diseño hidráulico de la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable en la comunidad de Rejará Centro” es una propuesta de solución a la necesidad de agua potable que esta población requiere.

Por parte de la comunidad, esta iniciativa es respaldada por los pobladores, esperando contar con el servicio por los grandes beneficios que traerá para ellos. Con una alta expectativa por parte de los comunarios que con este proyecto se podrá solicitar financiamiento para la etapa de ejecución.

2.5 Actividad económica de la población.-

De acuerdo a los datos recopilados se puede apreciar:

Cuadro 2.3 - Actividad socioeconómica por número de familias según censo 2012

AGRICULTURA	20	80%
EMPLEADOS	5	20%
TOTALES:	25	100%

Fuente: censo de elaboración propia

Fecha del censo: 14 de agosto del 2011

Según el cuadro 2.2 se puede apreciar que la principal actividad de la comunidad de Rejará Centro es la agricultura, constituyéndose en su principal fuente económica.

Aunque se evidencia actividades menores como:

- La crianza de animales como: Vacas, chivos, ovejas entre otros

2.6 Servicios básicos

2.6.1 Salud

En el tema de salud, según los datos recopilados mediante censo y encuestas realizadas, se puede comprobar que los comunarios de la zona no presentan problemas de salud graves, siendo la enfermedad más recurrente la respiratoria.

2.6.2 Vivienda

Conformado por 28 viviendas construidas en un 90% de materiales de adobe y calamina. Con un promedio de 6 personas por vivienda.

2.6.3 Educación

La comunidad de Rejará Centro cuenta con un centro educativo que cuenta hasta el 8to grado.

2.7 Organizaciones

La comunidad de Rejará Centro está representada por el corregidor, que ejerce la autoridad en forma anual apoyándose en personas elegidas a través del voto, las mismas van informando y consensuando actividades en la comunidad, mediante una reunión que se realiza a cabo cada segundo domingo del mes.

CAPÍTULO III (ESTUDIOS PRELIMINARES)

Para diseñar un sistema de agua potable se debe tomar en cuenta que el suministro sea constante en la cantidad y calidad requeridas para consumo humano. Por tanto en el presente acápite se desarrollara los estudios preliminares que vayan a validar esta condicionante.

Se trabajara sobre:

- Un estudio topográfico, sobre el cual se emplazará el diseño del sistema.
- Cuantificación del agua, para validar la continuidad del servicio en la cantidad necesaria.
- Un estudio de la calidad del agua, que valide la aptitud de la misma para consumo humano.

3.1 Estudio topográfico

El mismo consistió en un levantamiento topográfico a partir de las coordenadas referenciales tomadas mediante GPS (Global Positioning System), barriendo toda la superficie considerada para el sistema de agua Potable desde la sección de la vertiente para la obra de toma hasta la red de distribución. Para tal efecto se consensuo con los comunarios para evitar problemas posteriores de invasión de predios particulares.

El informe topográfico se encuentra disponible en el ANEXO 1, sobre el cual se trabajó.

3.2 Cuantificación del Agua

Se realizó aforos en la época de estiaje, para determinar si el caudal mínimo de la vertiente puede garantizar el suministro de agua.

El tipo de aforo que se empleó, es el volumétrico, que con una cubeta graduada cada litro, se midió el tiempo de llenado en esos intervalos arrojando los siguientes resultados:

Cuadro 3.1 - Datos primer aforamiento

FECHA: 23 AGOSTO DEL 2012		
HORA: 1:55 p.m.		
OBSERVACIONES	TIEMPOS (s)	CAUDALES (l/s)
1	1,33	0,75
2	1,37	0,73
3	1,36	0,74
4	1,20	0,83
5	1,24	0,81
6	1,12	0,89
7	1,04	0,96
8	1,08	0,93
9	1,02	0,98
10	1,05	0,95
11	1,08	0,93
PROMEDIO	1,17	0,86

Fuente: elaboración propia

Cuadro 3.2 - Datos segundo aforamiento

FECHA: 13 DE SEPTIEMBRE DEL 2012		
HORA: 11:30 a.m.		
OBSERVACIONES	TIEMPOS (s)	CAUDALES (l/s)
1	1,12	0,89
2	1,29	0,78
3	1,18	0,85
4	1,25	0,80
5	1,21	0,83
PROMEDIO	1,21	0,83

Fuente: elaboración propia

Determinando por estos aforos que el menor caudal obtenido de ellos es mayor al requerido por los sistemas 1 y 2.

3.3 Estudio de la calidad del agua

El término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas.

Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

Por tanto la condicionante de potabilidad hace referencia a la calidad del agua, cuyos parámetros se encuentran estandarizados, en nuestro país por la norma Boliviana NB – 512.

Cuadro 3.3 - parámetros de control y técnicas de análisis para agua potable

PARÁMETRO	TÉCNICA	VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS SEGÚN NB 512-2004
PARÁMETROS FÍSICOS Y ORGANOLÉPTICOS:		
Olor	Organoléptico	Ninguno
Sabor	Organoléptico	Ninguno
Turbiedad	Espectrofotométrico	5 UNT
Sólidos totales disueltos	Gravimétrico	1000 mg/l
PARAMETROS QUÍMICOS:		
Alcalinidad total	Volumetría	370 mgCaCO ₃ /l
Antimonio	Absorción atómica	0,005 mg/l
Arsénico	Absorción atómica	0,05 mg/l
Boro	Absorción atómica	0,3 mg/l
Nitrógeno amoniacal	Volumetría	0.5 mg/l
Cadmio	Absorción atómica	0,005 mg/l
Calcio	Volumetría Absorción atómica	200 mg/l
Cloro residual	Sensorial comparativo (DPD)	0,2 - 1 mg/l
Cobalto	Absorción atómica	1,0 mg/l

Cobre	Absorción atómica	1,00 mg/l
Color	Espectrofotometría	15 UCV
Conductividad eléctrica (20°C)	Potenciometría	1500 uS/cm
Cromo	Absorción atómica	0,05 mg/l
Dureza total	Volumetría	500 mgCaCO ₃ /l
Fluoruros	Volumetría	1.5 mg/l
Hierro total	Absorción atómica	0.3 mg/l
Indice de Langelier	Nomográfico	(- 0.5) a (+ 0.5)
Magnesio	Cálculo	150 mg/l
Manganeso	Absorción atómica	0.1 mg/l
	Espectrofotometría	
Mercurio	Absorción atómica	0,001 mg/l
Niquel	Absorción atómica	0,05 mg/l
Nitratos	Espectrofotometría	45 mg/l
Nitritos	Espectrofotometría	0.1 mg/l
pH	Potenciometría	6.5 - 9.0
Plomo	Absorción atómica	0,01 mg/l
Sodio	Absorción atómica	200 mg/l
Sulfatos	Espectrofotometría	300 mg/l
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS:		
Coliformes totales	Número más probable	0 UFC/100 ml
	Membrana filtrante	
Escherichia Coli	Número más probable	0 UFC/100 ml
	Membrana filtrante	
Heterótrofos	Recuento en placa fluida	500 UFC/100 ml

Fuente: Norma Boliviana (NB - 512)

Para tal efecto se sometió una muestra de agua de la fuente a un análisis físico, químico y bacteriológico mediante un laboratorio especializado en el tema.

El informe de la calidad del agua, se encuentra disponible en el ANEXO 2.

CAPÍTULO IV (INGENIERÍA DEL PROYECTO)

Para la etapa de diseño del sistema se empleará los criterios de diseño y sugerencias vertidas por la norma Boliviana NB-689, que establece su uso obligatorio sobre el territorio nacional en marco al artículo segundo de la resolución ministerial N° 230 emitida el 7 de septiembre del año 2004.

4.1 Parámetros de diseño

4.1.1 Índice de crecimiento poblacional

El índice de crecimiento poblacional se la evalúa de acuerdo a los datos obtenidos por el censo realizado en el presente año (2012) versus el censo verificado en el 2001, de esta manera se tendrá un índice de crecimiento veraz.

Según censo nacional ejecutado el año 2001, en la comunidad de Rejará se contaba con 343 personas y según el censo efectuado el 2011, en la actualidad se cuenta con 400 personas.

Existiendo un crecimiento de 57 personas en 10 años, lo cual indica un crecimiento de 5.1 personas por año. Entonces:

Si	343 → 100%
	57 → X %
	X= 16,62 % en diez años
	X=1,66 % por cada año.

Siendo el índice de crecimiento poblacional anual de: 1,66 %.

4.1.2 Población horizonte

La población futura es el crecimiento histórico de la población o crecimiento que ha sido observado para diferentes períodos de tiempo.

La población futura para poblaciones menores a 5000 habitantes se la puede calcular con los siguientes métodos:

Cuadro 4.1 – Métodos de cálculo de población

Método	Población (habitantes)	
	Hasta 5000	De 5001 a 10000
Geométrico	x	x
Exponencial	x (1)	x (1)
Curva logística	---	x (2)

(X) = Optativo

(1) = Recomendable

(3) = Sujeto a justificación

Fuente: Norma NB-689, Diseños de Sistemas de Agua Potable

- Crecimiento geométrico:

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t \quad (4.1)$$

- Método exponencial:

$$Pf = Pa * e^{\frac{i*t}{100}} \quad (4.2)$$

Dónde:

Pf : población futura (hab.)

Pa : Población actual (hab.)

t : Período de diseño (años)

i : índice de crecimiento anual (%)

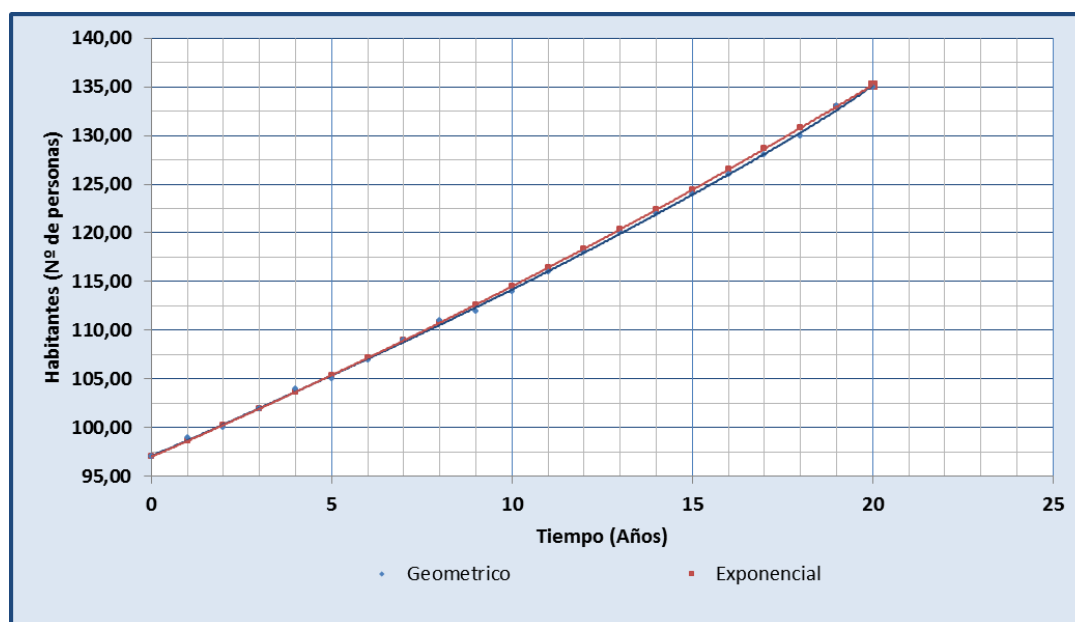
Aplicando las ecuaciones (4.1) y (4.2)) se tiene para N=20 años se tiene:

Cuadro 4.2 - Crecimiento poblacional del Sistema 1

Años	Tiempo	Geométrico	Exponencial	Años	Tiempo	Geométrico	Exponencial
2012	0	97	97	2023	11	116	116
2013	1	99	99	2024	12	118	118
2014	2	100	100	2025	13	120	120
2015	3	102	102	2026	14	122	122
2016	4	104	104	2027	15	124	124
2017	5	105	105	2028	16	126	127
2018	6	107	107	2029	17	128	129

2019	7	109	109	2030	18	130	131
2020	8	111	111	2031	19	133	133
2021	9	112	113	2032	20	135	135
2022	10	114	115				

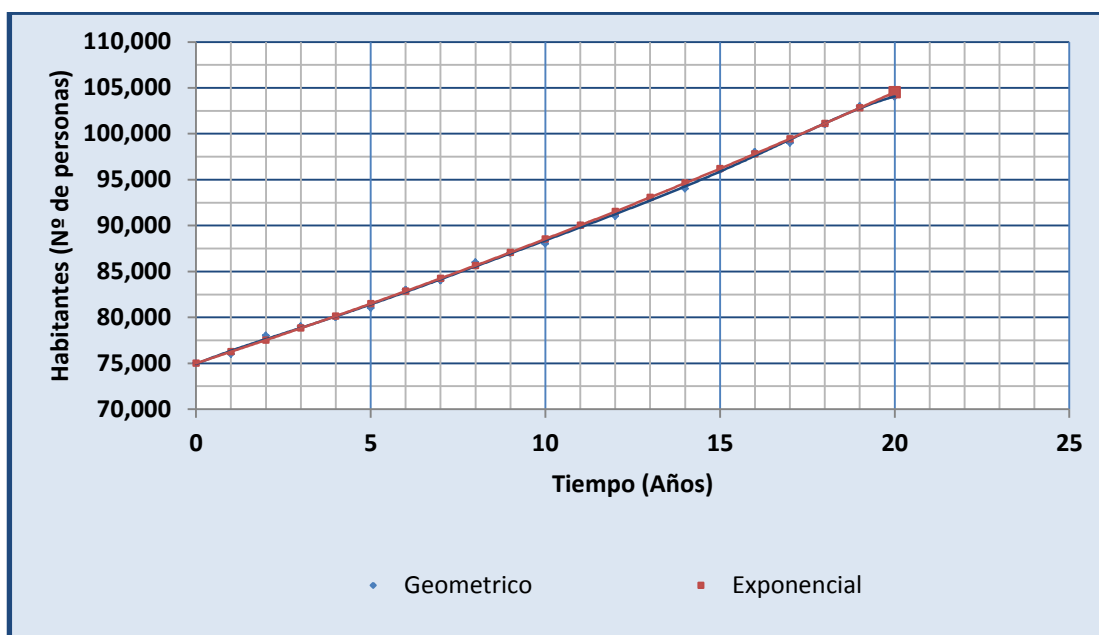
Figura 4.1 – Gráfico de crecimiento de la población del sistema 1



Cuadro 4.3 - Crecimiento poblacional del Sistema 2

Años	Tiempo	Geométrico	Exponencial	Años	Tiempo	Geométrico	Exponencial
2012	0	75	75	2023	11	90	90
2013	1	76	76	2024	12	91	92
2014	2	78	78	2025	13	93	93
2015	3	79	79	2026	14	94	95
2016	4	80	80	2027	15	96	96
2017	5	81	81	2028	16	98	98
2018	6	83	83	2029	17	99	99
2019	7	84	84	2030	18	101	101
2020	8	86	86	2031	19	103	103
2021	9	87	87	2032	20	104	105
2022	10	88	89				

Figura 4.2 – Gráfico de crecimiento de la población del sistema 2



Adoptando los resultados del método exponencial para el diseño del proyecto.

4.1.3 Dotación media diaria

Para determinar las necesidades de agua potable en zonas habitadas, se deben considerar los siguientes factores:

- Nivel económico de la población y tamaño propiedades.
- Clima del lugar.
- Capacidad de las fuentes

El primer factor es importante, ya que la capacidad económica condiciona las necesidades de las familias. En consecuencia, los consumos en los sectores de nivel económico elevado son mayores. Conviene recordar, que la dotación debe cubrir las necesidades de la población en cuanto a los servicios domésticos, aseo personal, limpieza, riego de jardines y pérdidas en el sistema.

En cuanto al factor clima, su influencia se refleja en los grandes consumos registrados en poblaciones con clima cálido, en relación con los templados y fríos. En muchos casos la disponibilidad de agua en la fuente limita la dotación.

Cuadro 4.4 - Dotaciones medias

Zona	DOTACIÓN MEDIA (l./hab./día)					
	POBLACIÓN (habitantes)					
	Hasta 500	500 – 2000	2000 – 5000	5000 – 20000	20000 – 100000	>100000
Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150-200
Valles	30 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200-300
Llanos	70 – 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250-350

Fuente: Norma Boliviana NB 689

Para la zona de los valles con una población hasta 500 los habitantes la dotación media varía entre 30 y 70 (l/hab/día). Se adoptará el valor de 70 (l/hab/día), por las expectativas de desarrollo de la comunidad.

4.1.4 Dotación futura

El valor de la dotación futura la podemos obtener de la siguiente ecuación:

$$Df = Di * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^n \quad (4.5)$$

Dónde:

Df : Dotación futura

Di: Dotación inicial

d: Variación anual de la dotación (0.5 – 2 %)

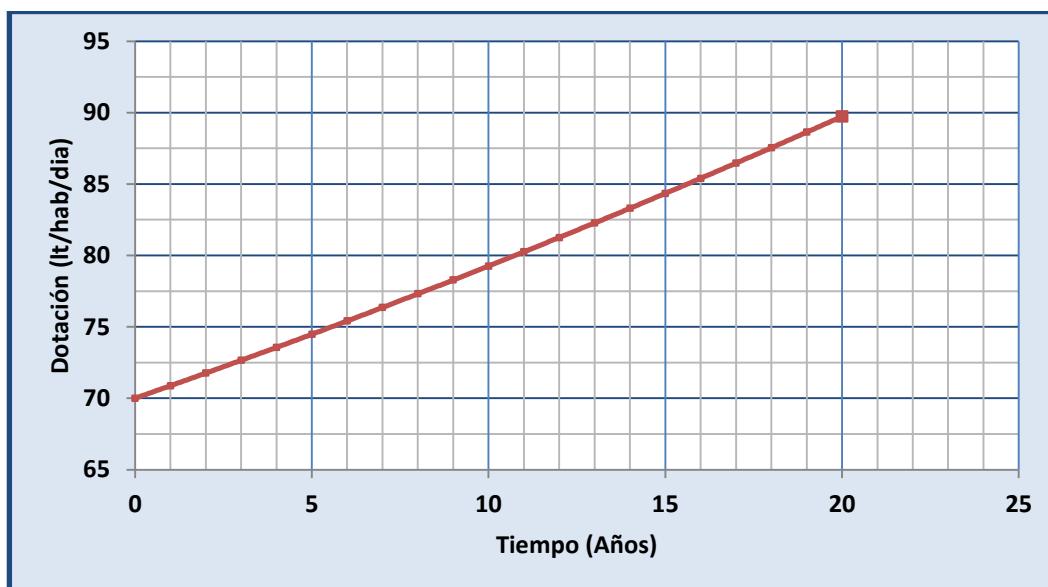
t: periodo de diseño

Aplicando la ecuación (4.5) se tiene:

Cuadro 4.5 – Dotación futura

Año	Tiempo	Variación	Dotación Futura (l/hab./día)
2012	0	1,25	70
2013	1	1,25	71
2014	2	1,25	72
2015	3	1,25	73
2016	4	1,25	74
2017	5	1,25	74
2018	6	1,25	75
2019	7	1,25	76
2020	8	1,25	77
2021	9	1,25	78
2022	10	1,25	79
2023	11	1,25	80
2024	12	1,25	81
2025	13	1,25	82
2026	14	1,25	83
2027	15	1,25	84
2028	16	1,25	85
2029	17	1,25	86
2030	18	1,25	88
2031	19	1,25	89
2032	20	1,25	90

Fuente: Aplicación de la ecuación (4.5)

Figura 4.3 – Comportamiento de la dotación futura

4.1.5 Consumo medio diario

Es el consumo durante 24 horas obtenido como promedio de los consumos diarios observados en el período de un año.

Podemos establecer el caudal medio diario con la siguiente ecuación:

$$Q_{medio} = \frac{Pf * Dot.f}{86400} \quad (4.6)$$

Dónde:

Qmedio: caudal medio diario (l/s)
Df: Dotación futura (l/hab/día)
Pf: Población futura (hab.)

4.1.6 Consumo máximo diario

Es el consumo máximo durante 24 horas observado durante un periodo de un año sin tomar en cuenta los gastos producidos por los incendios.

Se lo determinará multiplicando el consumo medio diario por un coeficiente **k1** que varía entre 1.2 a 1.5 según las características de la población.

$$Q_{max \text{ diario}} = Q_m * K_1 \quad (4.7)$$

Dónde:

Qmax diario: caudal máximo diario (l/s)
Qmedio: caudal medio diario (l/s)
K₁: Factor de variación diaria (1.2 a 1.5)

Nota: el coeficiente K1 para poblaciones pequeñas debe ser mayor que para las grandes.

4.1.7 Consumo máximo horario

El consumo máximo horario se calculará multiplicando el consumo máximo diario por un coeficiente k2 que varía entre 1.5 y 2.2 según el número de habitantes.

$$Q_{max \text{ horario}} = Q_{max \text{ diario}} * K_2 \quad (4.8)$$

Dónde:

Q_{máx. h}: Caudal máximo horario (l/s)

Q_{máx. d}: Caudal máximo diario (l/s)

K2 : Factor de variación horaria (1.5)

Cuadro 4.6 – valores de K2

Tamaño de población	K2
hasta 2000 hab	2.20 - 2.00
2001 - 10000	2.00 - 1.80
10001 - 100000	1.80 - 1.50
más de 100000 hab	1.5

Fuente: Norma Boliviana NB 689

Aplicando las ecuaciones anteriores: (4.6), (4.7) y (4.8) se tiene:

Cuadro 4.7 – Distribución de consumos en el tiempo para el sistema 1

AÑOS	Tiempo	Población	Dotación	Qmed (lt/s)	Qmaxd (lt/s)	Qmaxh (lt/s)
2012	0	97	70	0,0786	0,1179	0,259
2013	1	99	71	0,0814	0,1220	0,268
2014	2	100	72	0,0833	0,1250	0,275
2015	3	102	73	0,0862	0,1293	0,284
2016	4	104	74	0,0891	0,1336	0,294
2017	5	105	74	0,0899	0,1349	0,297
2018	6	107	75	0,0929	0,1393	0,307
2019	7	109	76	0,0959	0,1438	0,316
2020	8	111	77	0,0989	0,1484	0,326
2021	9	112	78	0,1011	0,1517	0,334
2022	10	114	79	0,1042	0,1564	0,344
2023	11	116	80	0,1074	0,1611	0,354
2024	12	118	81	0,1106	0,1659	0,365
2025	13	120	82	0,1139	0,1708	0,376
2026	14	122	83	0,1172	0,1758	0,387
2027	15	124	84	0,1206	0,1808	0,398
2028	16	126	85	0,1240	0,1859	0,409
2029	17	128	86	0,1274	0,1911	0,420
2030	18	130	88	0,1324	0,1986	0,437
2031	19	133	89	0,1370	0,2055	0,452
2032	20	135	90	0,1406	0,2109	0,464

Fuente: Aplicación de las ecuaciones (4.6), (4.7) y (4.8)

Siendo los coeficientes:

K1: 1.5

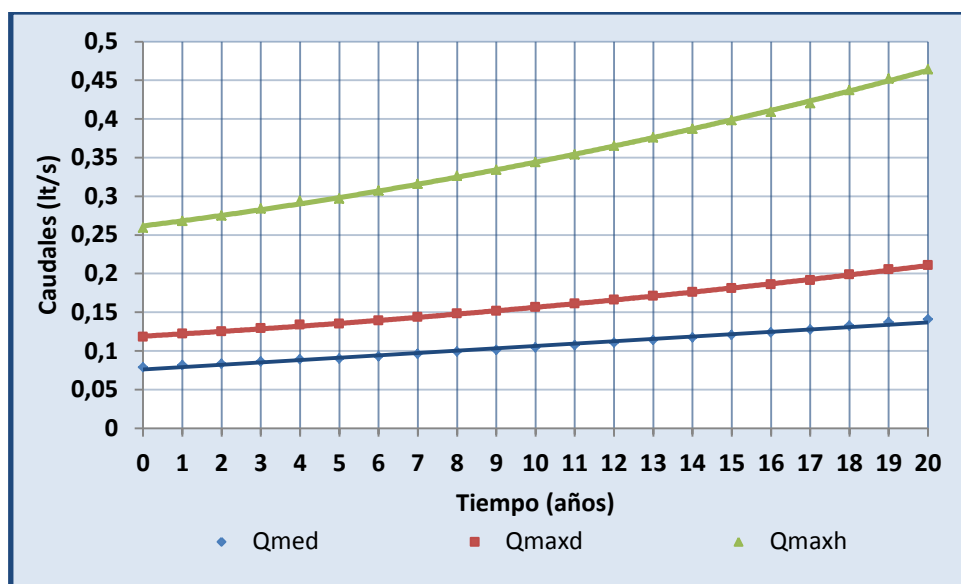
K2: 2,2

Se tiene para N=20 años:

Qmaxd: 0.2109 (l/s)

Qmaxh: 0.464(l/s)

Figura 4.4 – Distribución de consumos en el tiempo para el Sistema 1



Existiendo un caudal puntual de 0,20 (lt/s) del colegio por tanto

Qmaxd: 0.4109 (l/s)

Qmaxh: 0.666(l/s)

Cuadro 4.8 – Distribución de consumos en el tiempo para el sistema 2

AÑOS	Tiempo	Población	Dotación	Qmed (lt/s)	Qmaxd (lt/s)	Qmaxh (lt/s)
2012	0	75	70	0,0608	0,0911	0,201
2013	1	76	71	0,0625	0,0937	0,206
2014	2	78	72	0,0650	0,0975	0,215
2015	3	79	73	0,0667	0,1001	0,220
2016	4	80	74	0,0685	0,1028	0,226
2017	5	81	74	0,0694	0,1041	0,229
2018	6	83	75	0,0720	0,1081	0,238
2019	7	84	76	0,0739	0,1108	0,244
2020	8	86	77	0,0766	0,1150	0,253
2021	9	87	78	0,0785	0,1178	0,259
2022	10	89	79	0,0814	0,1221	0,269
2023	11	90	80	0,0833	0,1250	0,275
2024	12	91	81	0,0853	0,1280	0,282
2025	13	93	82	0,0883	0,1324	0,291
2026	14	94	83	0,0903	0,1355	0,298
2027	15	96	84	0,0933	0,1400	0,308
2028	16	98	85	0,0964	0,1446	0,318
2029	17	99	86	0,0985	0,1478	0,325
2030	18	101	88	0,1029	0,1543	0,339
2031	19	103	89	0,1061	0,1591	0,350
2032	20	104	90	0,1083	0,1625	0,358

Fuente: Aplicación de las ecuaciones (4.6), (4.7) y (4.8)

Siendo los coeficientes:

K1: 1.5

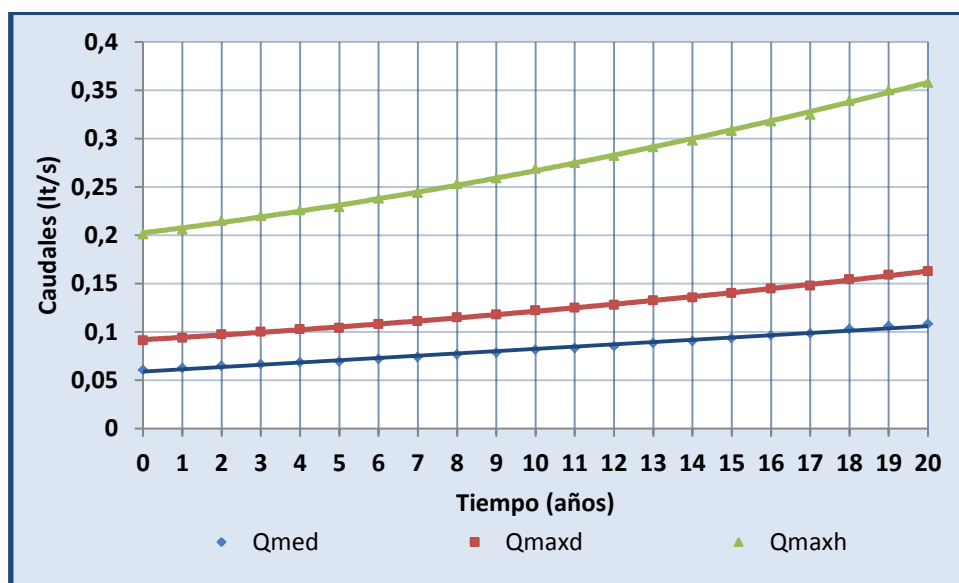
K2: 2,2

Se tiene para N=20 años:

Qmaxd: 0.1625 (l/s)

Qmaxh: 0.358 (l/s)

Figura 4.5 – Distribución de consumos en el tiempo para el Sistema 2



4.2.1 Fuentes de abastecimiento y captación (obra de toma)

▫ **Fuentes de abastecimiento.-** dentro las posibles fuentes de captación convencional de agua que se conoce:

- Fuente superficial (ríos o quebradas)
- Fuente sub superficiales (vertientes)
- Fuente subterráneas (Acuíferos)

La alternativa de captación para la comunidad de Rejará Centro será la vertiente existente, debido a la cercanía de esta y que según los aforos realizados es lo suficientemente caudalosa para abastecer a la comunidad. Esta alternativa se valida mediante:

- La Cuantificación del Agua, la cual se analizó en el CAPITULO III (ESTUDIOS PRELIMINARES)

- Un análisis de la calidad del agua a captar, el mismo se encuentra en el **ANEXO 2** que certifica que cumple los requisitos exigidos por la norma Boliviana NB 512
 - La buena ubicación de la obra de toma que se halla a menos de 0,8 km de la primera casa como a una altitud mayor a las viviendas de la comunidad.
- **Obra de toma.**-La obra de toma es la estructura más importante de un sistema de agua potable, es la que define la disposición de los demás componentes del sistema además de abarcar un porcentaje del presupuesto.

La finalidad básica de las obras de captación es asegurar de manera continua y bajo cualquier condición de flujo la captación del caudal de diseño previsto.

Para el presente diseño se optará por el tipo de obra toma para vertiente de bofedal.

4.2.2 Línea de aducción

La aducción será a gravedad por conductos cerrados a presión, en la que el agua se conduce a presiones superiores a la atmosférica. Por efectos de sanidad y para evitar la contaminación del agua la norma nos sugiere este tipo de aducción, el material a emplear será poli (cloruro de vinilo) - PVC y en los cruces de quebrada se utilizará fierro galvanizado.

La tubería de aducción conectara la obra de toma con el tanque de regulación del sistema.

Los cálculos de la línea de aducción se encuentran en el ANEXO 5.

4.2.3 Tratamiento

En cuanto a la calidad del agua se refiere, en el ANEXO 2 se tiene un informe del mismo donde se pueden apreciar que los parámetros evaluados tanto: físicos-químicos y bacteriológicos están dentro de los rangos propuestos por la norma.

Excepto por el índice de Langelier que debería estar entre un rango de -0.5 a 0.5 pero este parámetro se encuentra en -3.49. Lo cual nos indica que el agua es corrosiva debiendo en lo posible evitar el uso de dispositivos metálicos en la aducción y red de distribución.

Para la desinfección del agua, utilizaremos un hipoclorador por goteo cuyo diseño fue extraído de los planos tipo de la "Guía Técnica de Diseño de Agua Potable y Saneamiento" publicado por el ministerio de servicios obras públicas, que será ubicado encima del tanque de regulación.

▫ **Dosificación del cloro para el sistema 1:**

De acuerdo al balance de masas se tiene:

$$Q * D = q_s * C_s \quad (4.9)$$

Dónde:

Q: caudal de entrega al tanque [l/s]

D: dosis de cloro [mg/l]

q_s: caudal de la solución [l/s]

C_s: concentración de la solución

El caudal de entrega al tanque será el caudal máximo diario del sistema 1: Q: 0.410[l/s], con una dosis asumida de 0.7 [mg/l] y con un caudal de la solución que será suministrado por un tanque de 50 litros de capacidad en 15 días de operación de: 3.86×10^{-5} [l/s].

De la ecuación (4.9) se evaluará la concentración de la solución:

$$C_s = \frac{Q * D}{q_s}$$

$$C_s = \frac{0.410 * 0.7}{3.86 * 10^{-5}}$$

$$C_s = 7425 \text{ [mg/l]}$$

Con el que se calculará el cloro activo necesario:

$$W = V * Cs \quad (4.10)$$

$$W = 50 \text{ l} * 0.007425 \text{ kg/l}$$

$$W = 0.37 \text{ Kg CL}_2$$

Como la dosis se valuó para una concentración de 70%:

$$W = \frac{0.37}{0.70} = 0.530 \text{ kg de hipoclorito de calcio (HTH) al 70\%.$$

▫ **Dosificación del cloro para el sistema 1:**

El caudal de entrega al tanque será el caudal máximo diario del sistema 2: Q: 0,1625 [l/s], con una dosis asumida de 0.7 [mg/l] y con un caudal de la solución que será suministrado por un tanque de 50 litros de capacidad en 15 días de operación de: $3.86 * 10^{-5}$ [l/s].

De la ecuación (4.9) se evaluará la concentración de la solución:

$$Cs = \frac{Q * D}{qs}$$

$$Cs = \frac{0.1625 * 0.7}{3.86 * 10^{-5}}$$

$$Cs = 2947 \text{ [mg/l]}$$

Con el que se calculará el cloro activo necesario:

$$W = V * Cs \quad (4.10)$$

$$W = 50 \text{ l} * 0.002947 \text{ kg/l}$$

$$W = 0.147 \text{ Kg CL}_2$$

Como la dosis se valuó para una concentración de 70%:

$$W = \frac{0.147}{0.70} = 0.210 \text{ kg de hipoclorito de calcio (HTH) al 70\%.$$

En síntesis se requieren 530 gramos de hipoclorito de calcio para el sistema 1 y 210 gramos de hipoclorito de calcio para el sistema 2, en un volumen 50 litros de agua limpia cada uno, para una operación de 15 días.

Es aconsejable que estas dosificaciones sean planificadas por el operador del sistema de manera que se tengan buenos resultados en el análisis de cloro residual cuando el sistema se encuentre en funcionamiento.

4.2.4 Tanque de almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento debe ser mayor o igual que el volumen de regularización, volumen contra incendio o volumen de reserva. Es decir:

$$\text{Capacidad} \geq \left\{ \begin{array}{l} \text{Volumen de regulación} \\ \text{Volumen contra incendios} \\ \text{Volumen de reserva} \end{array} \right\}$$

4.2.4.1 Tanque de almacenamiento para el sistema 1

▫ Volumen de regulación.-

$$V_{rg} = C * Q_{maxd} * d \quad (4.11)$$

Dónde:

C : coeficiente (varia de 0,15 a 0,30 para sistemas de gravedad)

Q_{maxd} : Caudal máximo diario del sistema (m³/día)

d: tiempo (días –mínimo 1 día)

$$V_{rg} = 0.25 * 18.23 * 1$$

$$V_{rg} = 4,56 \text{ m}^3$$

▫ Volumen contra incendios.-

Tomando en cuenta que se trata de una comunidad rural cuya población es menor a 10.000 habitantes no se tomara el volumen contra incendios debido a que no es obligatorio para esta cantidad de personas.

▫ Volumen de reserva.-

$$V_{rs} = 3,6 * Q_{maxd} * t_{re} \quad (4.13)$$

Dónde:

$Q_{\max d}$: Caudal máximo diario del sistema (lt/s)

tre: tiempo de regulación (entre 2 a 4 horas)

$$V_{rs} = 3,6 * 0,41 * 3 \text{ horas} * \text{lt/s}$$

$$V_{rs} = 4,42 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidad del tanque} > \begin{cases} 4.56 \\ 4,42 \end{cases}$$

Siendo el volumen mayor, el obtenido para la regulación de $4,56 \text{ m}^3$, por motivos de practicidad y seguridad se adoptará para diseño por las características de la zona los planos tipo de la "Guía Técnica de Diseño de Agua Potable y Saneamiento" publicado por el ministerio de servicios obras públicas del tanque semi enterrado de hormigón ciclópeo para 5 m^3 .

$$\text{Capacidad del tanque} = 5 \text{ m}^3$$

4.2.4.2 Tanque de almacenamiento para el sistema 2

▫ Volumen de regulación.-

$$V_{rg} = C * Q_{\max d} * d \quad (4.11)$$

Dónde:

C : coeficiente (varia de 0,15 a 0,30 para sistemas de gravedad)

$Q_{\max d}$: Caudal máximo diario del sistema (m^3/dia)

d: tiempo (días –mínimo 1 día)

$$V_{rg} = 0.25 * 14,18 * 1,25$$

$$V_{rg} = 4,43 \text{ m}^3$$

▫ **Volumen contra incendios.-**

Tomando en cuenta que se trata de una comunidad rural cuya población es menor a 10.000 habitantes no se tomara el volumen contra incendios debido a que no es obligatorio para esta cantidad de personas.

▫ **Volumen de reserva.-**

$$V_{rs} = 3,6 * Q_{maxd} * tre \quad (4.13)$$

Dónde:

Q_{maxd} : Caudal máximo diario del sistema (lt/s)

tre : tiempo de regulación (entre 2 a 4 horas)

$$V_{rs} = 3,6 * 4 \text{ horas} * 0,16 \text{ lt/s}$$

$$V_{rs} = 2,36 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidad del tanque} > \begin{cases} 4,43 \\ 2,36 \end{cases}$$

Siendo el volumen mayor, el obtenido para la regulación de $4,43 \text{ m}^3$, por motivos de practicidad y seguridad se adoptará para diseño por las características de la zona los planos tipo de la "Guía Técnica de Diseño de Agua Potable y Saneamiento" publicado por el ministerio de servicios obras públicas del tanque semi enterrado de hormigón ciclópeo para 5 m^3 .

$$\text{Capacidad del tanque} = 5 \text{ m}^3$$

4.2.5 Red de distribución

Es un sistema integrado por una serie de tuberías generalmente enterradas y sus piezas de unión y accesorios necesarios para operarla, cuya función principal es conducir agua en forma continua para la prestación del servicio a los consumidores en cantidad y con presión adecuada.

4.2.5.1 Tipos de redes

4.2.5.1.1 Red abierta o ramificada

La red abierta o ramificada está constituida por tuberías que forman ramificaciones a partir de una línea principal. La red abierta puede superponerse en poblaciones semidispersas y dispersas o cuando por razones topográficas o de conformación de la población no es posible un sistema cerrado.

4.2.5.1.2 Red cerrada o anillada

La red cerrada o anillada está constituida por tuberías que forman circuitos cerrados o anillos. La red cerrada puede aplicarse en poblaciones concentradas y semi-concentradas mediante redes totalmente interconectadas o redes parcialmente interconectadas.

La red puede estar compuesta por una red de tuberías principales y una red de tuberías secundarias.

4.2.5.1.3 Red mixta o combinada

De acuerdo a las características topográficas y distribución de la población, pueden aplicarse en forma combinada redes cerradas y redes abiertas.

El tipo de red abierta o ramificada se ajusta mejor a las condiciones de la zona (comunidad de Rejará Centro). El mismo que será diseñado con el caudal máximo

horario de la población futura tomando las siguientes consideraciones extraídas de la norma boliviana NB 689.

4.2.5.2 Presiones de servicio

Durante el período de la demanda máxima horaria, la presión dinámica mínima en cualquier punto de la red no debe ser menor a:

- poblaciones iguales o menores a 2 000 habitantes 5,00 m.c.a.
- poblaciones entre 2 001 y 10 000 habitantes 10,00 m.c.a.
- poblaciones mayores a 10 000 habitantes 13,00 m.c.a.

Las presiones arriba mencionadas podrán incrementarse observando disposiciones municipales o locales de políticas de desarrollo urbano y según las características técnicas del sistema de distribución.

4.2.5.3 Velocidades

La velocidad mínima en la red principal de distribución en ningún caso debe ser menor a 0,30 m/s para garantizar su auto limpieza. Para “Poblaciones pequeñas”, se aceptaran velocidades menores, solamente en ramales secundarios. La velocidad máxima en la red de distribución no debe ser mayor a 2,00 m/s

4.2.5.4 Diámetros mínimos

Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser:

- En poblaciones menores a 2 000 habitantes 1”
- En poblaciones de 2 001 a 20 000 habitantes 1 1/2”
- En poblaciones mayores a 20 000 habitantes 2”

En redes abiertas, el diámetro mínimo de la tubería principal debe ser de 1”, aceptándose, en poblaciones menores a 2 000 habitantes, un diámetro de 3/4” para ramales.

4.3 Diseño de obras civiles

4.3.1 Obra de toma

El diseño de la obra de toma se la realizará mediante una toma de vertiente de bofedal, se adoptará para su diseño por las características de la zona los planos tipo de la "Guía Técnica de Diseño de Agua Potable y Saneamiento" publicado por el ministerio de servicios obras públicas de captación de bofedal.

4.3.2 Línea de aducción y red de distribución

Para la aducción, tanto para la red de distribución se adoptaran las consideraciones dadas en la norma boliviana NB-689 para su diseño.

4.3.2.1 Línea de aducción

Para el diseño de la aducción se trabajará con la ecuación de Hazen-Williams:

$$hf = 10,678 * \frac{Q^{1,852} * L}{C^{1,852} * D^{4,87}} \quad (4.14)$$

Dónde:

- hf:** pérdida de carga por fricción (m)
- L:** longitud de la tubería (m)
- Q:** caudal del tramo de tubería analizado (m³/s)
- D:** diámetro de la tubería (m)
- C:** coeficiente de Hazen-Williams (adim)

Cuadro 4.9 – Valores del Coeficiente de Hazen-Williams

Material	C
Acero galvanizado	125
Acero soldado c/revestimiento	130
Asbesto cemento	120
Hierro fundido nuevo	100
Hierro fundido usado (15 a 20 años)	60-100
Hierro fundido dúctil c/revestimiento de cemento	120
Plástico PVC o polietileno PE	140

Fuente: Guía Técnica de diseño de proyectos de agua potable para poblaciones menores a 10.000 habitantes

Como dato común se tiene el caudal; Para sistemas de aducción con tanque de regulación, se adoptara el caudal máximo diario: para el sistema 1= 0.4109 (lt/s), para el sistema 2 = 0.1625 (lt/s). Además de tener el coeficiente de Hazen Williams para los materiales existentes en cada tramo: PVC = 140 y acero galvanizado = 125.

Lo que se hará, es ir variando diámetros de manera que en función a la pérdida generada por la longitud de la tubería se condicione el funcionamiento de la misma. Buscando que en zonas de baja presión dinámica pase el agua por los picos sin problemas, como también se tomará en cuenta los pasos de quebrada el cambio de material acero galvanizado .

Al trabajarse con un sistema a presión o tubo lleno la velocidad se la calculara con la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Por recomendación de la norma, se diseñaran las tuberías con el 80% de la presión de servicio, tratando en todo momento de uniformizar la clase de tubería.

▫ Metodología:

Se dimensionará por tramos de 20 m aplicando la ecuación (4.14) para resolver las pérdidas por fricción en cada tramo, En base a las pérdidas generadas, se irán variando los diámetros cuidando que en los picos la presión dinámica sea mayor a 2 mca, además de verificar la presión estática que determinara la clase de tubería a emplear.

Nota:

El desarrollo de la metodología de cálculo se puede apreciar en el ANEXO 5

4.3.2.2 Red de distribución

Al tratarse de una comunidad que tiene 29 conexiones domiciliarias se determinara el caudal para cada ramal utilizando el método probabilístico o de simultaneidad, basándose en el coeficiente de simultaneidad y el número de grifos.

Siendo el caudal por ramal:

$$Q_{ramal} = K * \sum Q_g \quad (4.15)$$

Dónde:

Q ramal:	Caudal de cada ramal (l/s)	
Qg:	Caudal por grifo (lt/s)	$Qg \geq 0,10 \text{ lt/s}$
k:	coeficiente de simultaneidad	$k \geq 0,20$

$$K = \frac{1}{\sqrt{x-1}} \quad (4.16)$$

Donde

x = número de grifos en el área que abastece cada ramal

Para la elección de diámetros de la red de distribución, se aplicará la fórmula de Hazen Willian de perdida de carga para comparar entre estos el funcionamiento del diseño.

El cálculo se realizará de manera que se cumpla las presiones y velocidades recomendadas.

Nota:

El desarrollo de la metodología de cálculo se puede apreciar en el ANEXO 4

4.3.2.3 Puentes colgantes en el proyecto

De acuerdo con el levantamiento topográfico, se considera la aplicación de puentes colgantes en las depresiones que se presentan en el trazo:

Cuadro 4.10 –Puentes en el trazo

PUENTE	UBICACIÓN	PROG. INICIO	PROG. FINAL	LONGITUD	D (in)
PUENTE – 01	ADUCCIÓN 1	0+86,12	0+134,90	48,78 m	1
PUENTE – 02	RED PRINCIPAL 2	0+251,01	0+262,97	11,96 m	1
PUENTE – 03	RAMAL 1,3	0+139,73	1+172,81	33,08 m	3/4

Para el diseño de los puentes colgantes se basará en planos tipo proporcionados por..., que van de acuerdo a la longitud del puente: 20, 30, 40, 50, 75 y 100 m

Uniformizando las dimensiones, se tiene la aplicación de los diseños para:

DISEÑOS TIPO	
PUENTE-01	50 (m)
PUENTE-03	40 (m)

Para el puente – 02, se hará un diseño propio por no entrar en el rango disponible de diseños:

DISEÑO PROPIO	
PUENTE-02	12 (m)

El diseño de este puente se encuentra en el ANEXO 5

CAPÍTULO V (PRESUPUESTO)

El presupuesto es el cálculo anticipado del costo de una obra, o de una de sus partes. Es la predicción de un hecho futuro cuya magnitud debe representarse con toda la exactitud con que ella pueda determinarse.

5.1.- Computo métrico

Por medio del cómputo métrico, se miden las estructuras que forman parte de una obra de ingeniería, con el objeto de:

- Establecer el costo de la misma, o de una de sus partes.
- Determinar la cantidad de materiales necesarios para ejecutarla.

El computo métrico es un problema de medición de longitudes, áreas y volúmenes, que requiere el manejo de fórmulas geométricas, computar es entonces medir, computo, medición y cubicación son palabras equivalentes.

El cómputo métrico supone el conocimiento de los procedimientos constructivos de la práctica y su éxito depende en gran medida de una experiencia sólida. El trabajo de medición puede ser ejecutado de dos maneras que son: sobre la obra misma, o sobre los planos.

- Computo en plano.- Significa realizar los trabajos de medición en los planos del proyecto con la ayuda de un escalímetro teniendo mucho cuidado en la observación de las escalas.
- Computo en obra.-Este trabajo se lo efectúa en el lugar de la obra, cuando esta se encuentra en ejecución con la ayuda de una cinta métrica un flexómetro.

El desarrollo de los cálculos métricos se encuentran en el Anexo 10.

5.2.- Precio unitario

El precio unitario es la remuneración que recibe el contratista por las operaciones que realiza y los materiales que emplea en la ejecución de las distintas partes de una obra,

considerando la unidad que de acuerdo con las especificaciones respectivas, se fija para efectos de medición de la ejecución.

5.2.1 Materiales

Los materiales son los recursos que se utilizan en cada una de las actividades o ítems de la obra. Los materiales están determinados por las especificaciones técnicas, donde se define la calidad, cantidad, marca, procedencia, color, forma, o cualquier otra característica necesaria para su identificación.

Este componente tiene su importancia en la estructura de costos, su magnitud y cantidad dependen de la definición técnica y las características propias de cada uno de los materiales que integran el ítem.

El costo de los materiales consiste en una cotización adecuada de los materiales a utilizar en una determinada actividad o ítem, esta cotización debe ser diferenciada por el tipo de material y buscando al proveedor más conveniente. El precio a considerar debe ser el puesto en obra, por lo tanto, este proceso puede ser afectado por varios factores tales como: costo de transporte, formas de pago, volúmenes de compra, ofertas del momento, etc.

5.2.2 Maquinaria y equipo

En lo que se refiere a obras de mayor magnitud el equipo que se utilizará en un determinado ítem toma una gran importancia en los precios unitarios, dado que como se tratan de obras más grandes, desde el punto de vista ingenieril, se tendrá una serie de movimiento de tierras en el transcurso de la obra, lo que quiere decir, que en la obra se hará una serie de transportes, excavaciones, compactaciones, etc. para la ejecución de la obra.

5.2.3 Utilidades

Las utilidades deben ser calculadas en base a la política empresarial de cada empresa, al mercado de la construcción, a la dificultad de ejecución de la obra y a su ubicación geográfica (urbana o rural).

Para fines de cálculo se toma como base el 5-10% del costo sub total , que resulta de la suma del costo directo más los gastos generales.

5.2.4 Impuestos

En lo que se refiere a los impuestos, se toma el Impuesto al Valor Agregado (IVA) y el Impuesto a las Transacciones (IT). El impuesto IVA grava sobre toda compra de bienes, muebles y servicios, estando dentro de estos últimos la construcción, su costo es el del 14,94 % sobre el costo total neto de la obra y debe ser aplicado sobre los componentes de la estructura de costos.

El IT grava sobre ingresos brutos obtenidos por el ejercicio de cualquier actividad lucrativa, su valor es el del 3,09% sobre el monto de la transacción del contrato de obra, pero el IT puede ser compensado con el importe pagado por el impuesto sobre las utilidades de las empresas (IUE) en la gestión anterior.

El desarrollo de los precios unitarios se encuentra en el Anexo 11.

5.3.- Presupuesto general

En el caso en que el presupuesto significa el compromiso de la ejecución, es necesario determinar el costo con la máxima aproximación, en este caso es recomendable el sistema analítico por el cual el calculista en base a los pliegos de condiciones y especificaciones y a los planos a diseño final, calcula los precios unitarios de cada una de las actividades que forman parte de la obra como asimismo los correspondientes volúmenes de obra. Este método permite establecer el costo total de la obra como resultado de la suma de los costos parciales por ítems, además de

facilitar la determinación de las cantidades de materiales y mano de obra a emplearse en la obra.

El desarrollo del presupuesto general se encuentra en el Anexo 12.