

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

CARRERA DE CONSTRUCCIONES CIVILES



DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
DE AGUA PARA LA COMUNIDAD DE MOSCOVIA

Trabajo de aplicación de examen de grado para la obtención del Grado de Licenciatura

POR:

Univ. Vizmar Apaza Quispe

LA PAZ-BOLIVIA

2023

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ÁNDRES**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE CONSTRUCCIONES CIVILES**

**TRABAJO DE APLICACIÓN**

**DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA LA  
COMUNIDAD DE MOSCOVIA**

Presentado por: Univ. Vizmar Apaza Quispe

Para optar el grado académico de Licenciado en Construcciones Civiles.

Nota numeral: .....

Nota literal: .....

Ha sido

Director de la carrera Construcciones Civiles: M. Sc. Ing. Carlos Méndez Cárdenas

Coordinador: .....

Tribunal: .....

Tribunal: .....

# ÍNDICE

1	CAPITULO I .....	7
1.1	INTRODUCCIÓN.....	7
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
1.3	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	8
1.4	OBJETIVOS.....	8
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
2	CAPITULO II .....	9
2.1	MARCO TEORICO .....	9
2.1.1	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	9
2.1.2	AFORO METODO VOLUMETRICO.....	9
2.1.3	ESTUDIOS BASICOS DE DISEÑO .....	10
2.1.4	PARAMETROS DE DISEÑO .....	10
2.1.5	CONSUMO DE AGUA.....	11
2.1.6	CAUDALES DE DISEÑO.....	12
2.1.7	PERIODO DE DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....	14
2.1.8	ADUCCIÓN POR GRAVEDAD.....	14
2.1.9	PLANILLA PARA EL CÁLCULO HIDRAULICO DE LA LINEA DE ADUCCIÓN .....	17
2.1.10	TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....	18
3	CAPITULO III .....	21
3.1	ASPECTOS GENERALES.....	21
3.1.1	UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	21
3.1.2	UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	21
3.1.3	VIAS DE ACCESO .....	22
3.1.4	DESCRIPCIÓN FISICA DEL AREA DEL PROYECTO.....	23
3.1.5	TIPO DE SUELO .....	24
3.1.6	CAPTACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL .....	24
4	CAPITULO IV .....	25
4.1	MEMORIA DE CÁLCULO .....	25
4.1.1	CALCULOS PARA OBTENER EL CAUDAL DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO .....	25
4.1.2	PERIODO DE DISEÑO .....	25
4.1.3	DETERMINACION DE LA POBLACION FUTURA .....	25

4.1.4	DETERMINACIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONSUMO DE AGUA.....	27
4.1.5	CÁLCULO DE ADUCCIÓN .....	29
4.1.6	CÁLCULO HIDRAULICO DE LA LINEA DE ADUCCIÓN.....	31
4.1.7	TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....	32
5	CONCLUSIONES.....	34
6	BIBLIOGRAFIA.....	36
7	ANEXOS.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Aplicación de métodos de cálculo para la estimación de la población futura.....	11
<b>Tabla 2</b> Dotación media diaria (l/hab-d) .....	12
<b>Tabla 3</b> Valores del Coeficiente k2 .....	13
<b>Tabla 4</b> Periodo de diseño en años.....	14
<b>Tabla 5</b> Tabla guía para el cálculo hidráulico de la línea de aducción.....	17
<b>Tabla 6</b> calculo de aforo.....	25
<b>Tabla 7</b> población futura .....	26
<b>Tabla 8</b> Justificación de consumo .....	27
<b>Tabla 9</b> Verificación de los cálculos .....	28
<b>Tabla 10</b> Datos para el cálculo de aducción.....	29
<b>Tabla 11</b> Cálculo de aducción.....	31
<b>Tabla 12</b> Diametros de tuberias PVC (comerciales).....	40

## **RESUMEN.**

Es de conocimiento sabido que el agua es un elemento indispensable para la vida. En los seres humanos el agua representa un promedio de 66% de la masa corporal, es esencial para el desarrollo de procesos orgánicos como la digestión, así como en la absorción y eliminación de desechos.

Por tanto el agua debe estar en óptimas condiciones para su consumo, y es por tal motivo que en base a la importancia del almacenamiento y distribución, el presente proyecto pretende desarrollar los objetivos establecidos con el fin de dotar de agua a la Comunidad de Moscovia, el presente proyecto se desarrolla en 5 capítulos donde se pretende desarrollar y abarcar lo más relevante con respecto al cálculo de la dimensiones del tanque de almacenamiento, el presente se desarrolla de la siguiente manera:

En el CAPITULO I se encuentra el planteamiento del problema, justificación del trabajo y los objetivos que nos permitirán generar la base de la información obtenida para contribuir con una solución a la población de la Colonia de Moscovia, en el CAPITULO II se encuentra toda la parte teórica que fue empleada para realizar el trabajo de aplicación.

Ya en el CAPITULO III se encuentran todo el aspecto general del trabajo de aplicación como ser la ubicación del proyecto, ubicación geográfica y las vías de acceso y en el CAPITULO IV donde fue realizado la memoria de cálculo para obtención de las dimensiones del tanque de almacenamiento.

Finalizando con el trabajo de aplicación se tiene el CAPITULO V, VI Y VII con las conclusiones, bibliografía y anexos.

# **1 CAPITULO I**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

En el abastecimiento de agua para poblaciones rurales se debe tomar en cuenta diferentes aspectos como ser el estudio de campo, la recopilación de información, la población y su demanda de agua, las fuentes de abastecimiento para la comunidad, etc.

El presente trabajo de aplicación consiste en dimensionar un tanque de almacenamiento para que pueda abastecer de agua a toda la comunidad de Moscovia. Entre las primeras acciones que se debe realizar para poder determinar la factibilidad para dimensionar el tanque de almacenamiento para la Comunidad Moscovia, se realiza el reconocimiento de campo y recopilación de la información básica necesaria para la elaboración de los estudios. Es necesario solicitar información sobre la población la disponibilidad de materiales locales, la existencia de fuentes de agua y cualquier otra información necesaria para llevar a cabo una investigación completa y obtener resultados precisos con la finalidad de determinar si es factible o no la instalación del tanque de almacenamiento de agua potable para después conectar con la red de distribución.

El sistema de abastecimiento de agua potable contara una cámara de captación y de esta llevar al tanque de almacenamiento. El lugar de construcción del Tanque de Almacenamiento para que se tenga mejor distribución de agua potable para la comunidad de Moscovia se encuentra en el lugar más alto de la comunidad para que a se distribuya a través de un sistema por gravedad, la captación de agua se encuentra próxima a la población.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el presente trabajo de aplicación realizado para una comunidad donde no cuenta con un tanque de almacenamiento propio. Actualmente los habitantes sufren en el traslado de agua, utilizando baldes y bidones de plástico para su almacenamiento ocasiones que caminen largas distancias para recurrir a vertientes, ríos o pozos.

Sin embargo, el crecimiento de la población es inevitable y la competencia en los sectores económicos por este recurso vital, ejerce una presión sin precedentes y dejan una cantidad insuficiente para cubrir las necesidades humanas.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Al realizar el presente trabajo aplicativo nos permite aplicar todo el conocimiento, procedimientos y metodologías para realizar el dimensionamiento del tanque de almacenamiento. El trabajo está orientado a realizar los cálculos de abastecer de agua suficiente para el consumo de la comunidad de Moscovia.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### ***1.4.1 OBJETIVO GENERAL***

- Calcular las dimensiones de un tanque de almacenamiento de agua potable para poder abastecer a la Comunidad de Moscovia – Prov. Caranavi

#### ***1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS***

- Dotar de agua segura por lo menos al 99% de la población durante las 24 horas del día.
- Determinar el aforo.
- Determinar la población futura.
- Determinar el cálculo hidráulico de la línea de aducción.
- Calcular la dotación futura para el consumo de agua potable.
- Calcular las dimensiones del tanque de almacenamiento.



## **2 CAPITULO II**

### **2.1 MARCO TEORICO**

#### **2.1.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

El servicio de abastecimiento de agua potable es la captación de agua bruta, potabilización, almacenamiento y distribución.

Las fuentes de agua que se han considerado en la mayoría han sido los manantiales ubicados en la parte alta de los centros poblados, buscándose que, por acción de la gravedad, el agua fluya por las tuberías permitiendo a la población satisfacer oportuna y racionalmente la demanda de agua en las condiciones de calidad, cantidad y presión requeridas (Roger. 1997).

En reciprocidad con la propuesta del Trabajo Aplicativo que consiste en calcular las dimensiones de un tanque de almacenamiento agua potable para la Comunidad de Moscovia, en este punto se describirá una serie de definiciones y conceptos que permitirán comprender de mejor manera.

#### **2.1.2 AFORO METODO VOLUMETRICO**

Es un método directo, y tomando los cuidados necesarios de medición, es el más preciso y confiable. Además de ser muy preciso, la medición en campo es muy sencilla y no requiere de caros y sofisticados instrumentos de medición.

Se calculará mediante la fórmula:

$$Q = \frac{v}{t}$$

Donde:

Q = Caudal en litros/segundo (l/s)

V = Volumen en litros (l)

t = Tiempo en segundos (s)

### **2.1.3 ESTUDIOS BASICOS DE DISEÑO**

Se deben considerar en términos generales, sin ser limitativos los siguientes estudios básicos de diseño:

#### **2.1.3.1 ESTUDIOS TECNICOS**

La Comunidad Moscovia cuenta con un manantial en la parte más alta de la misma comunidad, donde se realizará la cámara de captación. Para realizar la captación será necesario realizar una evaluación de la cuenca estudiar los suelos y también recabar informaciones de estudios topográficos.

#### **2.1.3.2 ESTUDIOS SOCIOECONOMICOS Y CULTURALES**

Según la investigación realizada, la Comunidad cuenta con 369 habitantes, cuenta con la unidad educativa Moscovia. Generalmente el consumo de agua es para los alimentos, higiene, etc.

### **2.1.4 PARAMETROS DE DISEÑO**

#### **2.1.4.1 POBLACIÓN DE LA COMUNIDAD**

Es el número de habitantes que ha de ser servido por el proyecto para el período de diseño, el cual debe ser establecido con base en la población inicial.

Para poblaciones menores, en caso de no contar con índice de crecimiento poblacional, se debe adoptar el índice de crecimiento de la población capital o del municipio. Si el índice de crecimiento fuera negativo se debe adoptar como mínimo un índice de crecimiento de 1% (NB-689).

Para el método de cálculo se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$\text{metodo aritmetico } P_f = P_o * \left(1 + \frac{i * t}{100}\right)$$

$$\text{metodo geometrico } P_f = P_o * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$$

$$\text{metodo exponencial } P_f = P_o * e^{\left(\frac{i*t}{100}\right)}$$

Donde:

Pf= población futura

Po= población inicial

i= índice de crecimiento poblacional anual en %

t= número de años de estudio o periodo de diseño

El proyectista pondrá de acuerdo que ecuación utilizar siempre que lo justifique.

### **Tabla 1**

*Aplicación de métodos de cálculo para la estimación de la población futura*

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

(1) Optativo, recomendable

(2) Sujeto a justificación

Fuente: NB-689

### **2.1.5 CONSUMO DE AGUA**

En la determinación de consumo de agua domestico se debe considerar:

Sistemas con conexiones domiciliarias, en los que, la dotación debe ser suficiente para abastecer los diferentes usos: aseo personal, descarga de sanitarios, lavado de ropa, cocina, riego de jardines y lavado de pisos. En sistemas con piletas públicas, en los que, la dotación media diaria debe ser suficiente para satisfacer los requerimientos de: aseo personal, lavado de ropa y cocina (NB-689).

#### **2.1.5.1 DOTACIÓN MEDIA DIARIA**

Es el volumen equivalente de agua utilizado por una persona en un día, se tomará en cuenta la tabla siguiente:

**Tabla 2***Dotación media diaria (l/hab-d)*

Zona	Población (habitantes)					
	Hasta 500	De 501 a 2 000	De 2 001 a 5 000	De 5 001 a 20 000	De 20 001 a 100 000	Más de 100 000
Del Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 200
De los Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
De los Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350
Notas:	(1)			(2)		

(1) Justificar a través de un estudio social.

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

Fuente: NB-689

**2.1.5.2 DOTACIÓN FUTURA DE AGUA**

La dotación futura se debe estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria, aplicando la fórmula del método geométrico:

$$D_f = D_o * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t$$

Donde:

Df= dotación futura en l/hab-día

Do= dotación inicial en l/hab-día

d= variación anual de la dotación en %

t= número de años de estudio en años

**2.1.6 CAUDALES DE DISEÑO****2.1.6.1 CAUDAL MEDIO DIARIO**

Es el consumo medio diario de una población, obtenido en un año de registros. Se determina con base en la población del proyecto y dotación, de acuerdo a la siguiente expresión:

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

Donde:

$Q_{md}$ = caudal medio diario en l/s

$P_f$ = población futura en hab.

$D_f$ = dotación futura en l/hab-día

### **2.1.6.2 CAUDAL MAXIMO DIARIO**

Es el día de mayor consumo se lo calcula con la siguiente formula:

$$Q_{maxd} = K_1 * Q_{md}$$

Donde:

$Q_{maxd}$ = caudal máximo diario en l/s

$K_1$ = coeficiente de caudal máximo diario de 1.20 a 1.50

$Q_{md}$ = caudal medio diario en l/s

### **2.1.6.3 CAUDAL MAXIMO HORARIO**

Es la demanda máxima que se presenta en una hora se lo calcula con la siguiente formula:

$$Q_{max.h} = K_2 * Q_{maxd}$$

Donde:

$Q_{max.h}$ = caudal máximo horario en l/s

$K_2$ = coeficiente de caudal máximo horario

$Q_{maxd}$ = caudal máximo diario en l/s

Para el valor de  $K_2$  se utilizará la siguiente tabla

**Tabla 3**

*Valores del Coeficiente  $k_2$*

<b>Población (habitantes)</b>	<b>Coeficiente <math>k_2</math></b>
Hasta 2 000	2,20 – 2,00
De 2 001 a 10 000	2,00 – 1,80
De 10 001 a 100 000	1,80 – 1,50
Más de 100 000	1,50

Fuente: NB-689

### **2.1.7 PERIODO DE DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

El período de diseño es el número de años durante los cuales una obra determinada prestará con eficiencia el servicio para el cual fue diseñada.

El periodo de diseño debe ser adoptado según al componente del sistema, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4**  
*Periodo de diseño en años*

<b>Componente del sistema</b>	<b>Población menor a 20 000 habitantes</b>	<b>Población mayor a 20 000 habitantes</b>
Obra de captación	10 – 20	30
Aducción	20	30
Pozos profundos	10	15 - 20
Estaciones de bombeo	20	30
Plantas de tratamiento	15 - 20	20 - 30
Tanques de almacenamiento	20	20 - 30
Redes de distribución	20	30
<b>Equipamiento:</b>		
Equipos eléctricos	5 - 10	5 - 10
Equipos de combustión interna	5	5

Fuente: NB.689

### **2.1.8 ADUCCIÓN POR GRAVEDAD**

Es el conjunto de tuberías, canales, túneles, dispositivos y obras civiles que permiten el transporte de agua, aprovechando la energía disponible por efecto de la fuerza de gravedad, desde la obra de toma hasta la planta de tratamiento, tanque de regulación o directamente a la red de distribución (F. MAGNE,2008 P.97).

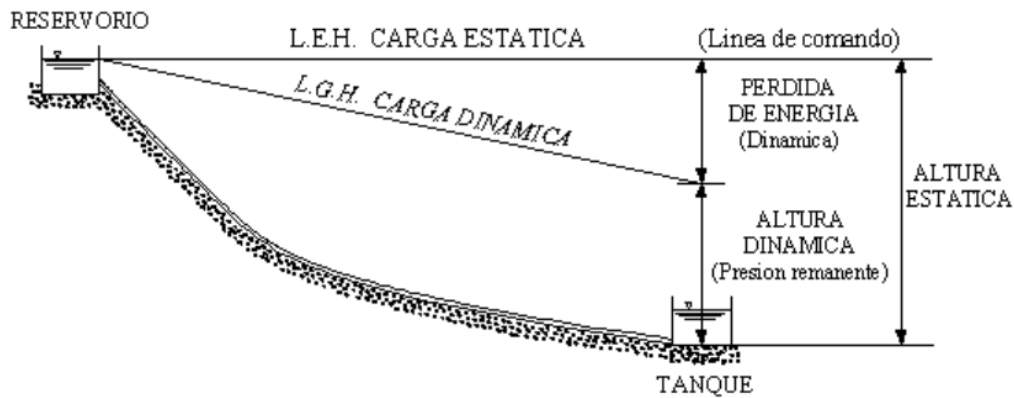


Figura 1 Perfil de la línea de aducción  
Fuente: F. MAGNE

Para realizar el cálculo de la aducción necesitamos saber datos como:

Cota de la captación

Cota del tanque de almacenamiento

Caudal de diseño máximo diario

Longitud horizontal del tramo

Material de la tubería y su coeficiente “C”

### 2.1.8.1 CARGA DEL TRAMO

Se utilizará la fórmula:

$$\Delta H = \text{Cota } \Delta O - \text{Cota } \Delta I$$

Donde:

$\Delta H$ = desnivel

Cota  $\Delta O$ = cota captación

Cota  $\Delta I$ = cota tanque de almacenamiento

### 2.1.8.2 DIAMETRO TEORICO DE LA TUBERIA

$$\phi_{teo} = \left( \frac{1743,811 * L * (Q.max. - d.)^{1,852}}{C^{1,852} * \Delta H} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

Donde:

$\emptyset_{\text{teo}}$ = diámetro teórico de la tubería

L= longitud horizontal

Q= caudal máximo diario

C= coeficiente de la tubería

$\Delta H$ = desnivel



## 2.1.9 PLANILLA PARA EL CÁLCULO HIDRAULICO DE LA LINEA DE ADUCCIÓN

Para el cálculo hidráulico de la línea de aducción se podrá realizar en la tabla siguiente

**Tabla 5**

Tabla guía para el cálculo hidráulico de la línea de aducción

TRAMO	Caudal	Longitud	COTA DEL TERRENO		Carga disponible o Desnivel	Tipo de Material a utilizar		Diametros			Perdida de carga		Velocidad	COTA PIEZOMETRICA		Presion	Observaciones
	Qmax-d [l/s]	L [m]	Inicial [msnm]	Final [msnm]	ΔH [m]	Material	C	Øteo [pulg]	Øcom [pulg]	Øcom [mm]	hf [mca]	Σhf [mca]	[m/s]	Inicial [msnm]	Final [msnm]	[m]	
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CC - ALM						PVC											

Columna 1 Identificación del tramo.

Columna 2 Caudal de diseño (Qmax-d) en [l/s].

Columna 3 Longitud horizontal del tramo en [m].

Columna 4 Cota inicial del terreno en el tramo [msnm]

Columna 5 Cota final del terreno en el tramo [msnm]

Columna 6 Carga disponible o desnivel del tramo. Este valor es igual a la diferencia de la Col. 4 -Col. 5.

Columna 7 Coeficiente de rugosidad del material a emplear. PVC C= 140

Columna 8 Diámetro teórico estimado en [pulg]

$$\varnothing_{teo} = \left( \frac{1743,811 * L * (Q. max. -d.)^{1,852}}{C^{1,852} * \Delta H} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

Columna 9 Diámetro comercial obtenido de tablas en [pulg]

Columna 10 Diámetro nominal comercial obtenido de tablas en [mm]

Columna 11 Pérdida de carga del tramo de acuerdo a la tubería elegida, se calcula con la siguiente expresión:

$$hf = \left( \frac{1743,811 * L * (Q.max. - d.)^{1,852}}{C^{1,852} * (\emptyset_{int})^{4,87}} \right)$$

columna 12 Sumatoria de las pérdidas de carga

Columna 13 Velocidad de flujo en [m/s], se obtiene con Qmax-d de la Col. 2 y Diam de la Col. 10.

$$Vel = \left( 1.97 \frac{Q.max. - d}{(\emptyset_{int})^2} \right)$$

Columna 14 Cota piezometrica inicial en [msnm] igual al valor de la Col. 4.

Columna 15 Cota piezometrica final en [msnm] igual a la diferencia de la Col. 14 - Col. 12.

Columna 16 Altura de la presión igual a la diferencia de la Col. 14 - Col. 5.

Columna 17 Observaciones.

### **2.1.10 TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Un tanque de almacenamiento es aquel depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución, destinado a almacenar agua y/o mantener presiones adecuadas en la red de distribución (NB-689).

En todo el sistema de agua potable debe disponerse de un volumen de agua almacenado, para efectuar la regulación entre la producción de agua y la extracción para el consumo, esencialmente variable (F. MAGNE,2008 P.157).

La capacidad del tanque de almacenamiento, debe ser igual al volumen que resulte mayor de las siguientes consideraciones:

#### **2.1.10.1 VOLUMEN DE REGULACIÓN**

El volumen de regulación debe ser suficiente para compensar las variaciones de caudal que se presentan entre el caudal de alimentación y el caudal de consumo en cada instante (NB-689).

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$V_r = C * Q_{max-d} * t$$

Donde:

V<sub>r</sub>= volumen de regulación en m<sup>3</sup>

C= coeficiente de regulación para sistemas por gravedad de 0.15 a 0.30

Q<sub>max-d</sub>= caudal máximo diario en m<sup>3</sup>/día

t= tiempo en días 1 día mínimo

### **2.1.10.2 VOLUMEN DE RESERVA**

Se recomienda utilizar un volumen equivalente a 4 horas de consumo

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$V_{re} = 3.6 * Q_{max-d} * t$$

Donde:

V<sub>re</sub>= volumen de reserva en m<sup>3</sup>

Q<sub>max-d</sub>= caudal máximo diario en l/s

t= tiempo en horas

### **2.1.10.3 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Para las dimensiones del tanque de almacenamiento se puede utilizar formulas empíricas, justificando que el volumen del tanque será mayor al volumen de abastecimiento.

$$\frac{\text{altura efectiva}}{\text{lado del cuadrado}} = \frac{h}{L} = 0.50 \text{ a } 0.75$$

### **2.1.10.4 TUBERIA DE REBOSE**

$$Q = C_d * A * \sqrt{2 * g * h} \rightarrow A = \frac{Q}{C_d * \sqrt{2 * g * h}}$$

Donde:

Q =Caudal máximo diario o caudal de bombeo en m<sup>3</sup>/s.

C<sub>d</sub> =Coeficiente de contracción.

$C_d = 0.60$ .

A = Área del orificio de desagüe en m<sup>2</sup>.

g = Aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>.

h = Carga hidráulica sobre la tubería de desagüe en m.

### **2.1.10.5 TUBERIA DE LIMPIEZA**

$$A_o = \frac{2 * S * \sqrt{h}}{C_d * T * \sqrt{2g}}$$

T = Tiempo de vaciado en segundos.

S = Área superficial del tanque en m.

h = Carga hidráulica sobre la tubería en m<sup>2</sup>.

C<sub>d</sub> = Coeficiente de contracción.

C<sub>d</sub> = 0,60 a 0,65

A<sub>o</sub> = Área del orificio de desagüe en m<sup>2</sup>.

g = Aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>

### 3 CAPITULO III

#### 3.1 ASPECTOS GENERALES

##### 3.1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El presente Trabajo Aplicativo de Cálculo de dimensiones del tanque de almacenamiento, red de distribución, conjunto de tuberías, válvulas y otros componentes que están diseñados para transportar el agua potable al tanque de almacenamiento para abastecer a la población de la Comunidad de Moscovia que se tiene proyectado en:

La colonia Moscovia se encuentra ubicada en el departamento de La Paz, provincia Caranavi, Cantón Carrasco la Reserva a 190 Km de la ciudad de La Paz.

##### 3.1.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA

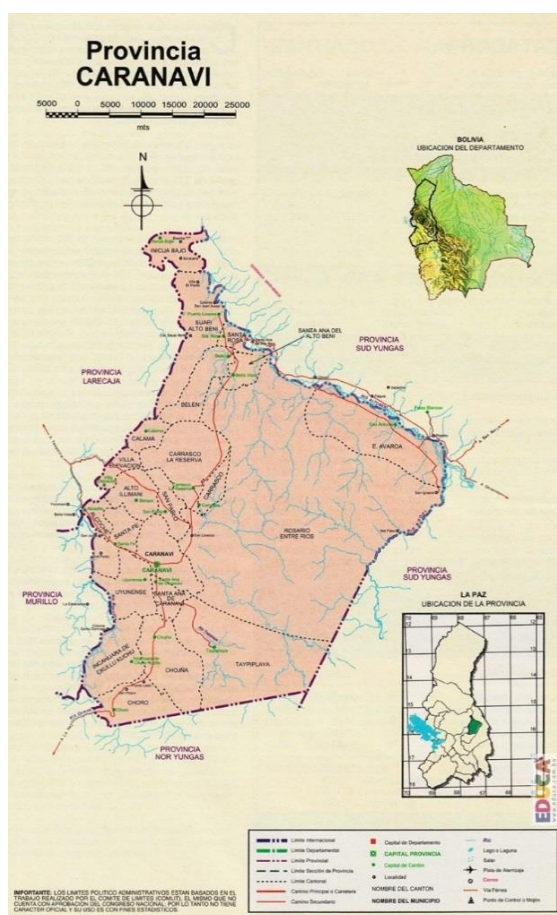


Figura 2 Mapa del Departamento de La Paz – Provincia Caranavi.  
Fuente: Educa Editorial

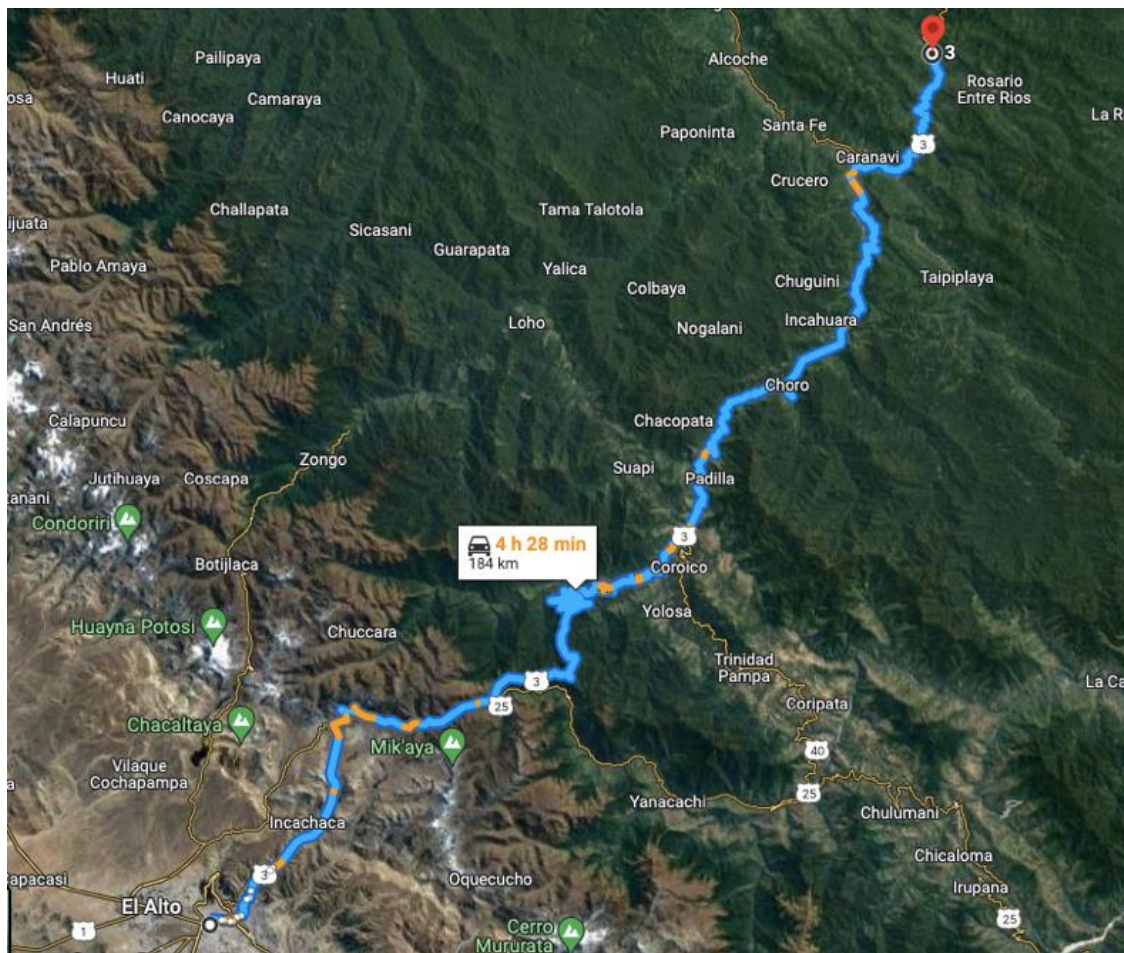
El presente proyecto se encuentra proyectado en la provincia Caranavi Colonia Moscovia, distante a 190 Km. de la ciudad de La Paz y situada geográficamente a los 15°44'31.49" latitud sur, y a los 57°37'44.79 longitud oeste.



*Figura 3 Colonia Moscovia.  
Fuente: Google Heart*

### **3.1.3 VIAS DE ACCESO**

Para llegar a la colonia nos dirigimos a la terminal interprovincial de El Alto, tomamos la carretera principal a la provincia Caranavi y de ahí tomamos otra movilidad con rumbo a la Colonia Moscovia, todo este viaje tiene una duración aproximado de 5 horas.



*Figura 4 Recorrido a la comunidad desde la ciudad de La Paz  
Fuente: Google Heart*

### **3.1.4 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL AREA DEL PROYECTO**

La Topografía es compleja con taludes muy pendientes y la comunidad que contará con el servicio de agua potable tiene en su generalidad una pendiente aproximada de 40%, existe también variaciones significativas de clima que se observan incluso en pequeñas distancias.

La presencia de fragmentos rocosos, material poco sólido a una profundidad y el rápido drenaje, contribuyen a la diferenciación y definición de las zonas agroecológicas por la condicionante geografía existente y a la baja capacidad de almacenamiento de agua.

### ***3.1.5 TIPO DE SUELO***

El tipo de suelo de donde se realizó el trabajo de aplicación es arcilloso dificultando así el trabajo en épocas de lluvias y las características fisiográficas de esta zona son la existencia de serranías medias y bajas fuertemente disectadas, con bosques y cultivos aislados.

Los suelos del Municipio de Caranavi presentan una pérdida progresiva de fertilidad, debido principalmente a la falta de reposición de los elementos nutritivos a causa de la poca fertilización y abonamiento que se realiza en las plantaciones y cultivos (Barrientos, 2011).

### ***3.1.6 CAPTACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL***

En las zonas donde se tiene un clima cálido habitual, tropical, se puede apreciar que los ríos y arroyos a menudo tienen altos niveles de agua dependiendo de la época del año en la que se encuentra, dichas zonas, tienen una gran fluctuación en su caudal.

El periodo de lluvias llega a afectar la calidad del agua ya que en su recorrido tiene contenido de sólidos, a menudo tiene una turbiedad elevada, los arroyos o corrientes que descienden de las montañas pueden llevar varias veces cargas elevadas de sedimento que contienen desechos de animales, contenido mineral, etc., por lo cual es importante que para el consumo de una población se tenga un tanque de almacenamiento de agua potable.



## 4 CAPITULO IV

### 4.1 MEMORIA DE CÁLCULO

#### 4.1.1 CALCULOS PARA OBTENER EL CAUDAL DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

El cálculo del aforo se lo realiza en in-situ juntamente con los comunarios.

La fuente de agua es superficial, nace un arroyo en lo alto de la comunidad, para saber la cantidad de agua que genera la fuente se podrá realizar un aforo especificada en la tabla siguiente:

**Tabla 6**  
*calculo de aforo*

Nº MEDICIONES	VOL. DE AFORO Litros	TIEMPO Seg.	CAUDAL Lt/seg
1	1.00	1.02	0.98
2	1.00	1.01	0.99
3	1.00	1.02	0.98
4	1.00	1.03	0.97
5	1.00	1.01	0.99

Fuente: Elaboración propia

$$Q = \frac{0.98 + 0.99 + 0.98 + 0.97 + 0.99}{5} = 0.98 \text{ lt/seg}$$

#### 4.1.2 PERIODO DE DISEÑO

Se realizará para un tanque un de almacenamiento, el periodo de diseño según la NB-689 será de 20 años.

#### 4.1.3 DETERMINACION DE LA POBLACION FUTURA

*poblacion inicial = 369 habitantes*

*indice de crecimiento = 1.4 %*

*año de calculo = 2023*

*metodo aritmetico*  $P_f = P_o * \left(1 + \frac{i * t}{100}\right)$

*metodo geometrico*  $P_f = P_o * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$

metodo exponencial  $P_f = P_o * e^{\left(\frac{i*t}{100}\right)}$

Con cada una de las formulas se procederá a realizar el cálculo y luego sacar el promedio como muestra la siguiente tabla:

**Tabla 7**  
*población futura*

AÑO DE PROYECCIÓN		MÉTODO			
AÑO	TIEMPO	ARITMETICO	GEOMETRICO	EXPONENCIAL	PROMEDIO
2023	0	369	369	369	369
2024	1	375	375	375	375
2025	2	380	380	380	380
2026	3	385	385	385	385
2027	4	390	391	391	391
2028	5	395	396	396	396
2029	6	400	402	402	402
2030	7	406	407	407	407
2031	8	411	413	413	413
2032	9	416	419	419	418
2033	10	421	425	425	424
2034	11	426	430	431	429
2035	12	431	436	437	435
2036	13	437	443	443	441
2037	14	442	449	449	447
2038	15	447	455	456	453
2039	16	452	461	462	459
2040	17	457	468	469	465
2041	18	462	474	475	471
2042	19	468	481	482	477
2043	20	473	488	489	484

Fuente: Elaboración propia

Adoptamos = 484 habitantes

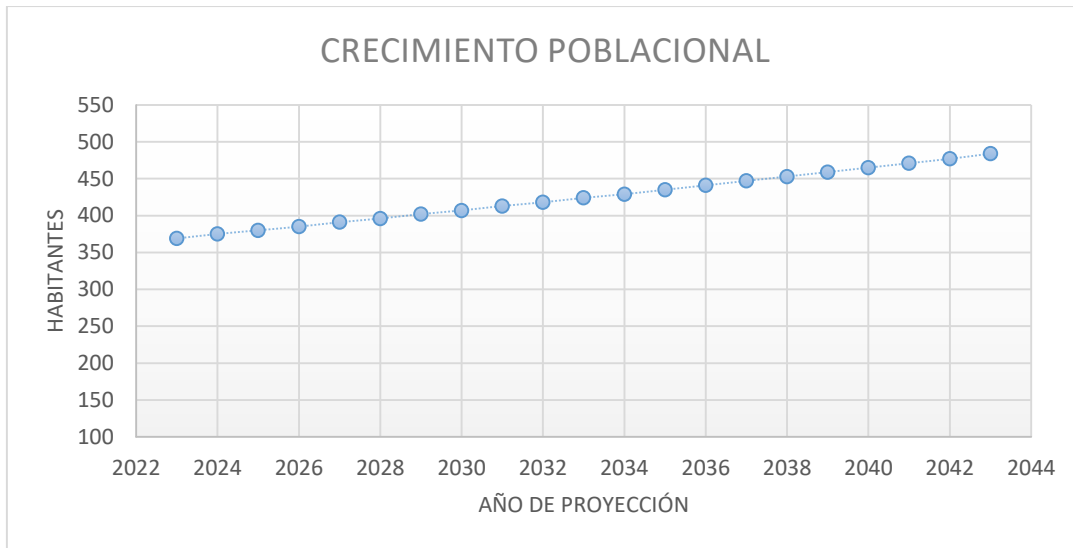


Figura 5 crecimiento poblacional. Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4 DETERMINACIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONSUMO DE AGUA

Población inicial = 369 habitantes

Se utilizará una dotación de 70 l/hab\*día

##### Tabla 8

Justificación de consumo

Consumo humano	20	[L/hab/d]
Aseo Personal	15	[L/hab/d]
Lavado de ropa	10	[L/hab/d]
Consumo Animal	10	[L/hab/d]
Riego huerto familiar	15	[L/hab/d]

Fuente: elaboración propia

Justificando se tiene un consumo de agua de 70 l/hab/día

Nota: para determinar el consumo de agua se recurrió a la tabla n°2

##### 4.1.4.1 DOTACIÓN FUTURA DE AGUA

$$D_f = D_o * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t$$

$$D_f = 70 * \left(1 + \frac{1.25}{100}\right)^{20} = 89.74 \frac{l}{hab} * día$$

Adoptamos = 90 l/hab/día

#### 4.1.4.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MEDIO DIARIO

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

$$Q_{md} = \frac{484 * 90}{86400} = 0.50 \text{ l/seg}$$

#### 4.1.4.3 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO DIARIO

$$Q_{maxd} = K_1 * Q_{md}$$

$$Q_{maxd} = 1.35 * 0.50 = 0.675 \text{ l/seg}$$

#### 4.1.4.4 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO HORARIO

$$Q_{max.h} = K_2 * Q_{maxd}$$

$$Q_{max.h} = 2.15 * 0.675 = 1.45 \text{ l/seg}$$

#### 4.1.4.5 VERIFICACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS

**Tabla 9**

Verificación de los cálculos

CRECIMIENTO POBLACIONAL			DOT. FUTURA	CAUDALES DE DISEÑO		
AÑO	TIEMPO	POB. HAB.	Lt/hab/día	Qmd (l/s)	Qmaxd (l/s)	Qmax.h (l/s)
2023	0	369	70	0.3	0.41	0.88
2024	1	375	70.88	0.31	0.42	0.9
2025	2	380	71.77	0.32	0.43	0.92
2026	3	385	72.67	0.32	0.43	0.92
2027	4	391	73.58	0.33	0.45	0.97
2028	5	396	74.5	0.34	0.46	0.99
2029	6	402	75.43	0.35	0.47	1.01
2030	7	407	76.37	0.36	0.49	1.05
2031	8	413	77.32	0.37	0.5	1.08
2032	9	418	78.29	0.38	0.51	1.1
2033	10	424	79.27	0.39	0.53	1.14
2034	11	429	80.26	0.4	0.54	1.16
2035	12	435	81.26	0.41	0.55	1.18
2036	13	441	82.28	0.42	0.57	1.23

2037	14	447	83.31	0.43	0.58	1.25
2038	15	453	84.35	0.44	0.59	1.27
2039	16	459	85.4	0.45	0.61	1.31
2040	17	465	86.47	0.47	0.63	1.35
2041	18	471	87.55	0.48	0.65	1.4
2042	19	477	88.64	0.49	0.66	1.42
2043	20	484	89.75	0.5	0.68	1.46

Fuente: Elaboración propia

Se utilizará el caudal máximo diario de 0.68 lt/seg para el cálculo de aducción y el tanque de almacenamiento.

#### 4.1.5 CÁLCULO DE ADUCCIÓN

Datos para realizar los cálculos desde la cota de captación hacia el tanque de almacenamiento.

**Tabla 10**

*Datos para el cálculo de aducción*

Cota Captacion :	1500	m.s.n.m.
Cota Tanque :	1251	m.s.n.m.
Caudal de Diseño (Qmax-d) :	0,68	Lt/Seg
Longitud horizontal de tramo :	851	m
Material de la tubería :	PVC	
Coefficiente del material C :	140	

Nota: para el cálculo de aducción necesitamos los datos que nos proporcionara los planos topográficos

##### 4.1.5.1 CÁLCULO DISPONIBLE DE LA CARGA DEL TRAMO

$$\Delta H = \text{Cota } \Delta O - \text{Cota } \Delta I$$

$$\Delta H = 1500 - 1251 = 249 \text{ m}$$

##### 4.1.5.2 CÁLCULO DEL DIAMETRO TEORICO DE LA TUBERIA

$$\phi_{teo} = \left( \frac{1743,811 * L * (Q.max.-d.)^{1,852}}{C^{1,852} * \Delta H} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\phi_{teo} = 0.7859 \text{ pulg}$$

$$\phi_{teo} = 1 \text{ pulg}$$

#### 4.1.5.3 ESTIMACIÓN DEL DIAMETRO COMERCIAL

Según la tabla de diámetros de tubería comercial de pvc obtenemos:

$\emptyset_{\text{comercial}} \text{ asumido} = 1 \text{ pulg}$

$\emptyset_{\text{exterior nominal}} = 33.50 \text{ mm}$

Espesor de la pared nominal = 3.65 mm

Presión de trabajo especificada = 322.21 m.c.a.

$$\emptyset_{\text{int}} = \frac{33.50 - 3.65 * 2}{25.4} = 1.03 \text{ pulg}$$

Presión efectiva de trabajo =  $322.21 * 0.80 = 257.77 \text{ m.c.a.}$

Nota: para la estimación del diámetro comercial se utilizó la tabla n°12 que se encuentra en el anexo

TRAMO	LONGITUD	COTAS (m.s.n.m.)		DESNIVEL (m)
	(HZ)(m)	inicial	final	
CC-ALM.	851	1500	1251	249

Nota: en caso que el cálculo disponible de la carga del tramo sea mayor a la presión efectiva se procederá a diseñar las cámaras rompe presiones y las cotas de terreno y el desnivel variaran.

#### 4.1.6 CÁLCULO HIDRAULICO DE LA LINEA DE ADUCCIÓN

**Tabla 11**

*Cálculo de aducción*

TRAMO	Caudal	Longitud	COTA DEL TERRENO		Carga disponible o Desnivel	Tipo de Material a utilizar		Diametros			Perdida de carga		Velocidad	COTA PIEZOMETRICA		Presion	Observaciones
	Qmax-d [l/s]	L [m]	Inicial [msnm]	Final [msnm]	$\Delta H$ [m]	Material	C	$\varnothing_{teo}$ [pulg]	$\varnothing_{com}$ [pulg]	$\varnothing_{com}$ [mm]	hf [mca]	$\Sigma hf$ [mca]	[m/s]	Inicial [msnm]	Final [msnm]	[m]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
CC - ALM	0.68	851	1500.00	1251.00	249	PVC	140	0.786	1	33.55	19.862	19.862	0.77	1500.00	1480.14	229.14	cumple!!

Nota:

Según la NB 689 A objeto de mitigar los efectos por golpe de ariete, y en general cuando éste sea inminente, se recomienda que la velocidad máxima sea menor a 1,50 m/s y la velocidad mínima en la tubería debe ser establecida en función de la velocidad de auto limpieza. La velocidad minima recomendada es de 0,30 m/s.

#### **4.1.7 TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

$$Q_{max-d} = 0.68 \text{ l/seg}$$

$$Q_{max-d} = 0.00068 \text{ m}^3/\text{seg}$$

##### **4.1.7.1 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

###### **4.1.7.1.1 VOLUMEN DE REGULACIÓN**

$$V_r = C * Q_{max-d} * t$$

C= para sistema por gravedad de 0.15 a 0.30

$$V_r = 0.2 * 0.00068 * 86400 = 11.75 \text{ m}^3$$

###### **4.1.7.1.2 VOLUMEN DE RESERVA**

$$V_{re} = 3.6 * Q_{max-d} * t$$

$$V_{re} = 3.6 * 0.68 * 4 = 9.79 \text{ m}^3$$

La capacidad del tanque de almacenamiento debe ser igual al volumen que resulte mayor.

##### **4.1.7.2 CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

$$\frac{\text{altura efectiva}}{\text{lado del cuadrado}} = \frac{h}{L} = 0.50 \text{ a } 0.75$$

$$h = L * 0.74 \text{ (para } L \text{ consideramos } 2.5 \text{ m)}$$

$$h = 2.5\text{m} * 0.75 = 1.875 \text{ m} \approx 1.90 \text{ m}$$

$$V_T = 2.5\text{m} * 2.5\text{m} * 1.90\text{m} = 11.875 \text{ m}^3 \geq 11.75 \text{ m}^3 \text{ cumple!!}$$

###### **4.1.7.3 TUBERIA DE REBOSE**

$$Q = C_d * A * \sqrt{2 * g * h} \rightarrow A = \frac{Q}{C_d * \sqrt{2 * g * h}}$$

$$Q=0.00068 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C=0.6$$

$$g= 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$h= 0.2 \text{ m}$$

$$A = \frac{0.00068}{0.6 * \sqrt{2 * 9.81 * 0.2}} = 0.00057 \text{ m}^2$$



$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * 0.00057 m^2}{\pi}} = 0.0269 m * \frac{100 cm}{1 m} * \frac{pulg}{2.54} = 1.06 \approx 1 pulg$$

#### 4.1.7.4 TUBERIA DE LIMPIEZA

$$A_o = \frac{2 * S * \sqrt{h}}{C_d * T * \sqrt{2g}}$$

$$T = 4 * 3600 = 14400 \text{ seg}$$

$$S = 2.50 m * 2.50 m = 6.25 m^2$$

$$h = 1.90 m + 0.2 m = 2.10 m$$

$$C_d = 0.60$$

$$g = 9.81 m/s^2$$

$$A_o = \frac{2 * 6.25 * \sqrt{2.10}}{0.6 * 14400 * \sqrt{2 * 9.81}} = 0.00047 m^2$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * 0.00047 m^2}{\pi}} = 0.0245 m * \frac{100 cm}{1 m} * \frac{pulg}{2.54} = 0.96 \approx 1 pulg$$

## 5 CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo aplicativo están desarrollados bajo los objetivos planteados. Es así que se realizó la recopilación de información necesaria de la Comunidad de Moscovia y bajo los objetivos específicos planteados se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Dotar de agua segura por lo menos al 99% de la población durante las 24 horas del día.

Se pudo determinar el aforo por el método volumétrico que tenemos como resultado 0.98 lt/seg.

También se determinó el cálculo de la población futura en base a la información obtenida por los pobladores del lugar.

Se realizó el cálculo hidráulico de la línea de aducción en base a la Norma Boliviana 689.

Al calcular las dimensiones del tanque de almacenamiento para la Comunidad de Moscovia, se dotará de agua potable, por tanto, el estudio realizado genera una base informativa para su posterior construcción y la importancia que tiene el diseño del tanque genera un sistema de abastecimiento del recurso vital.

- Calcular la dotación futura para el consumo de agua potable.

Con la implementación del diseño del tanque de almacenamiento se logrará dotar de agua potable a la población de Moscovia para el consumo diario directo, como para la siembra y con esos productos generar un ingreso económico.

Finalmente, tras todo el desarrollo del trabajo de aplicación se logró cumplir con el objetivo principal que es:

- “Calcular las dimensiones de un tanque de almacenamiento de agua potable para poder abastecer a la Comunidad de Moscovia – Caranavi”

Para el cálculo de las dimensiones del tanque de almacenamiento guiado por norma boliviana, y desarrollando en base a la Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Agua Potable NB 689 y a los Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua

Potable, se ha logrado calcular las dimensiones de un tanque de almacenamiento de agua potables para la Comunidad de Moscovia eficientemente.

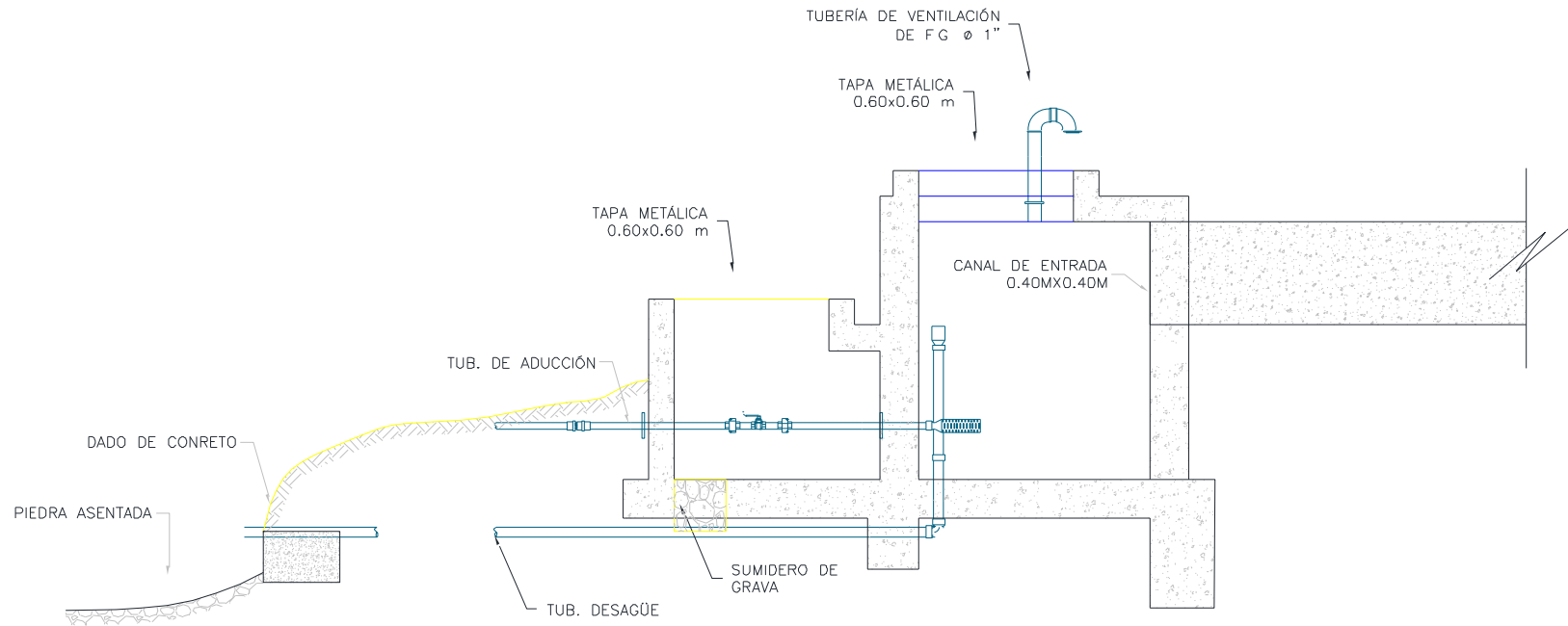
## 6 BIBLIOGRAFIA

- INFOBASICINGCIVIL*. (s.f.). Obtenido de <https://infobasicingcivil.blogspot.com/2018/03/dimensionamiento-y-diseño-de-estanque.html#>
- APUS DEL AGUA*. (s.f.). Obtenido de Sistema de Actualización Profesional Permanente en Gestión de Recursos Hídricos y Cambio Climático. Cooperación Alemana para el Desarrollo con Bolivia. (JUNIO de 2019). Obtenido de <https://la-paz.diplo.de/blob/2139608/d00d8347f47f50fd43726db5b7c28657/factsheet-wasser---allgemein-data.pdf>
- Hidraulica, C. -F.-P. (s.f.). *CIENCIA*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/presion-hidraulica/>
- IAGUA. (s.f.). *agua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-presion-hidrostatica#:~:text=La%20presi%C3%B3n%20hidrost%C3%A1tica%20es%20la,%C3%ADquido%20que%20tiene%20sobre%20%C3%A9l.>
- INGENIAREAL.COM*. (s.f.). Obtenido de <https://ingenieriareal.com/camara-rompe-presion/>
- MINISTERIO DEL AGUA. (2004). Instalaciones de agua - Diseño para Sistemas de Agua Potable. *Norma Boliviana*. La Paz, Bolivia.
- PLAMAT*. (s.f.). Obtenido de PRODUCTOS PLASTICOS: <https://www.plamat.com.bo/desague-tuberia-sanitarios/>
- SALUD, O. P. (s.f.). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS%2005b.%20Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%2005b.%20Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf)
- UNICEF. (2016). *Procesos en el acceso a fuentes mejoradas de agua e instalaciones mejoradas de saneamiento en Bolivia*. LA PAZ: BEHOBE creacion editorial S.R.L. Obtenido de [https://www.udape.gob.bo/portales\\_html/docsociales/LIBRO\\_AGUA2016.pdf](https://www.udape.gob.bo/portales_html/docsociales/LIBRO_AGUA2016.pdf)
- UMSS. (2008). ABASTECIMIENTO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE MODERNIZANDO EL APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA EN LA ASIGNATURA DE INGENIERÍA SANITARIA I

## 7 ANEXOS

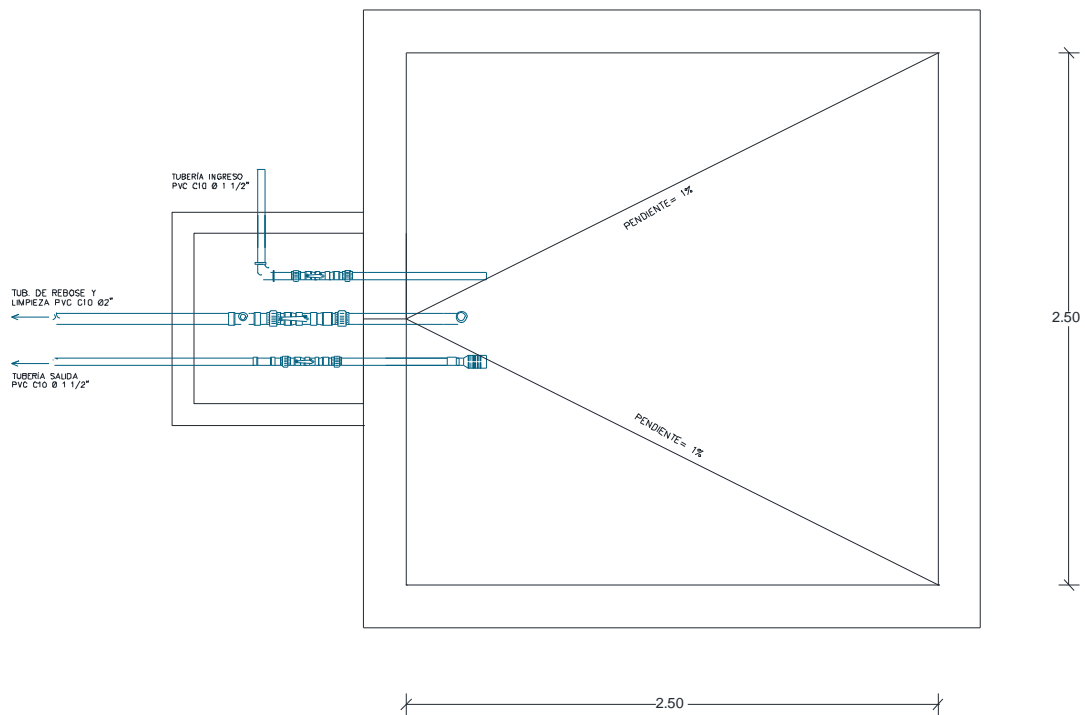
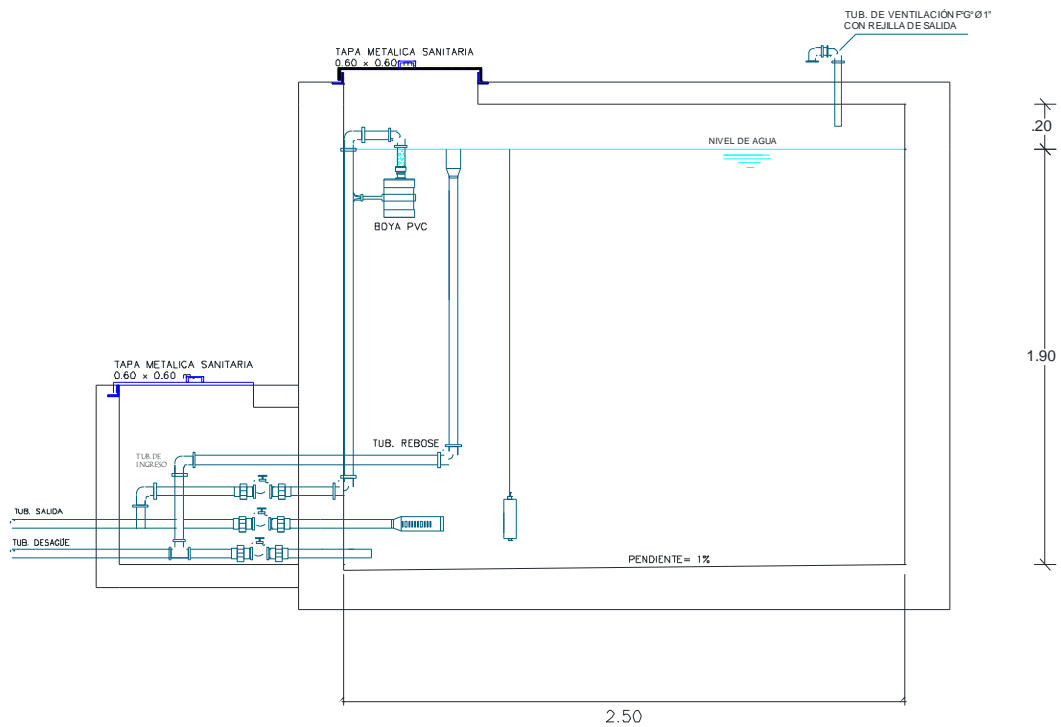
### Plano 1

Vista en corte "Plano de captación"



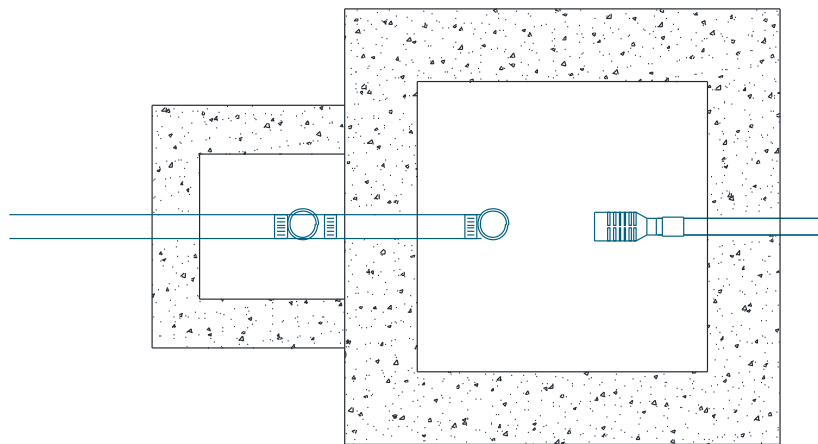
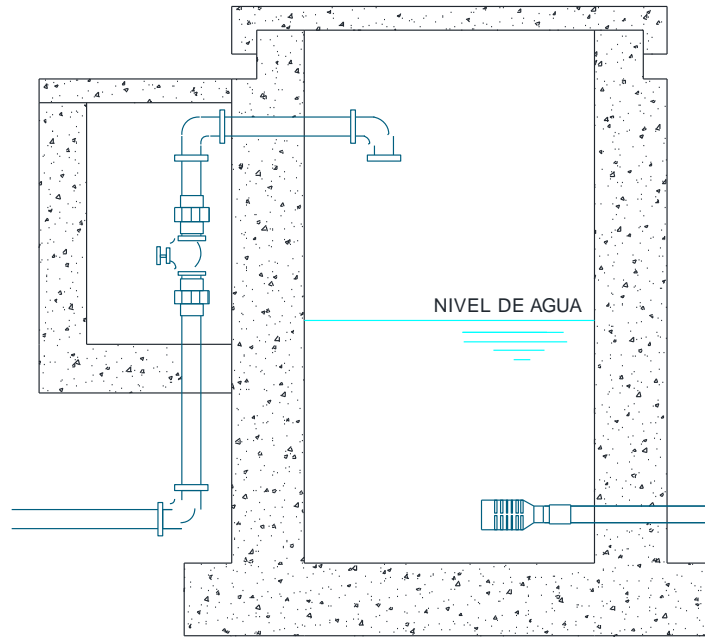
## Plano 2

Vista en corte y en planta "Tanque de almacenamiento"



### Plano 3

Vista en corte y planta "Camara rompe presión"



**Tabla 12**  
*Diametros de tuberias PVC (comerciales)*

ESQUEMA . 40	DIAMETRO		ESPESOR	LONGITUD	CAMPANA			PRESION DE TRABAJO	
	Nominal	Exterior Nominal [mm]	de pared nominal [mm]	min long con campana [m]	Longitud minima			[bar]	[m.c.a.]
					anillo	soldable	rosca		
	1/2"	21,35	3,05	6,00	-	29,00	16,30	42,23	430,32
	3/4"	26,75	3,15	6,00	-	32,00	16,50	33,76	344,01
	1"	33,55	3,65	6,00	-	37,00	20,60	31,62	322,21
	1 1/2"	48,25	3,95	6,00	60,60	46,00	21,60	23,26	237,02
	2"	60,35	4,15	6,00	63,30	54,00	22,90	19,69	200,64
	2 1/2"	73,00	5,50	6,00	66,10	62,00	-	21,11	215,11
	3"	88,90	5,80	6,00	69,60	73,00	-	18,26	186,07
	4"	114,30	6,35	6,00	75,20	89,00	-	15,50	157,95
	6"	168,25	7,55	6,00	87,00	124,00	-	12,65	128,90
	8"	219,10	8,70	6,00	98,20	157,00	-	11,22	114,33
	10"	273,00	9,85	6,00	110,10	192,00	-	9,89	100,78
	12"	323,80	10,90	6,00	121,30	226,00	-	9,18	93,54