

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE  
A BOMBEO MEDIANTE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA  
COMUNIDAD DE MORTERITO”**

Por:

**LILIANA LÓPEZ SIERRA**

Agosto de 2013

**TARIJA – BOLIVIA**

**VºBº**

.....  
**ING. JUAN CARLOS LOZA**

**DOCENTE GUÍA**

.....  
**ING. MSC. LUIS A. YURQUINA**

**DECANO FACULTAD**

**CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....  
**LIC. GUSTAVO SUCCI**

**VICEDECANO FACULTAD**

**CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

APROBADA POR:

.....  
**ING. HENRY MONZON**

.....  
**ING. CESAR PEREZ**

.....  
**ING. IVAR COLODRO**

## **DEDICATORIA:**

A Dios y a la Virgen María por iluminar y guiar mi vida, a mis padres Orlando y Liliana, quienes con su amor y apoyo me han dado la oportunidad de alcanzar mi meta anhelada, a mis hermanas: Karen y Cecilia, quienes han estado pendientes y preocupadas por mi bienestar, y en memoria de mis abuelitos que me miran desde el cielo.

## **AGRADECIMIENTO:**

A Dios por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida, por toda su ayuda cuando más lo necesitaba.

A mis padres que siempre confiaron en mí, por el amor y apoyo incondicional, con su abnegado esfuerzo me han encaminado para lograr esta tan anhelada meta. A mis hermanas: Karen y Cecilia; a José quienes me brindaron su ayuda y apoyo incondicional, a mis familiares y amigos, por el respaldo que tuvieron conmigo.

## **PENSAMIENTO:**

Dios mío tus ojos hacen de guía en mi camino, iluminan y alegran mi vida, por favor no me dejes, contigo quiero llegar hasta el fin. De lo contrario yo me perdería. En el largo camino de la vida una persona es exitosa siempre y cuando esos logros obtenidos hayan sido por mérito, capacidad y esfuerzo, no por difamar a quien cree rival.

**Anónimo.**

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1. Título del proyecto .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2. Problema actual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2.1. Planteamiento del problema .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2.2. Formulación del problema.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2.3. Sistematización del problema.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3. Objetivos del problema .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.1. Objetivo general .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3.2. Objetivo específico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4. Justificación del proyecto.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.1. Justificación Académica .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.2. Justificación Técnica .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.3. Justificación Social .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.4. Justificación Institucional .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.5. Descripción de los componentes del sistema. .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.6. Marco de referencia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.6.1. Marco teórico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.6.2. Marco conceptual .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.6.3. Marco espacial.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.6.4. Marco temporal .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.7. Alcance del proyecto.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>CAPÍTULO II ASPECTOS PRELIMINARES</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1. Ubicación geográfica del lugar .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2. Acceso a la zona del proyecto .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3. Descripción de la zona .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4. Aspectos Sociales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.1. Población beneficiaria .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.2. Actitud de los comunarios ante el proyecto .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

2.4.3.	Actividad económica de la población .....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.	Servicios Básicos .....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.1.	Agua potable.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.2.	Alcantarillado sanitario .....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.3.	Salud.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.4.	Vivienda .....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.5.	Educación .....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.	Clima.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>CAPÍTULO III ESTUDIOS PRELIMINARES.....</b>		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1.	Estudio topográfico .....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.	Cuantificación del agua.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.	Estudio de la calidad del agua.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>CAPITULO IV INGENIERIA DEL PROYECTO</b>		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1.	Parámetros de diseño.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.1.	Índice de crecimiento poblacional.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.2.	Periodo de diseño .....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.3.	Población horizonte .....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.4.	Dotación media diaria .....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.5.	Dotación futura.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.6.	Consumo medio diario .....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.7.	Consumo máximo diario .....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.8.	Consumo máximo horario .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.	Componentes del sistema.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.	Fuentes de abastecimiento y captación (obra de toma)....	¡Error! Marcador no definido.
4.4.	Línea de aducción a gravedad.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4.1.	Estructuras complementarias de la línea de aducción ..	¡Error! Marcador no definido.
4.5.	Cárcamo de bombeo.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5.1.	Caudal de bombeo .....	¡Error! Marcador no definido.

4.5.2.	Cálculo de la tubería de impulsión.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5.3.	Línea de aducción por bombeo.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5.3.1.	Golpe de ariete.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5.4.	Selección de la bomba de agua.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5.4.1.	Tipo de bomba.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5.5.	Potencia de la bomba.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5.5.1.	Instalaciones de bombas.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6.	Bombeo con paneles solares.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6.1.	Efecto fotovoltaico.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6.2.	Inclinación y orientación.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6.3.	Módulo fotovoltaico.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6.4.	Componentes de un sistema fotovoltaico.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6.5.	Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.....	¡Error! Marcador no definido.
4.7.	Tratamiento de agua.....	¡Error! Marcador no definido.
4.8.	Tanque de almacenamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
4.8.1.	Accesorios del tanque.....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.	Red de distribución.....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.1.	Tipos de redes.....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.2.	Presiones de servicio.....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.3.	Velocidades.....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.4.	Diámetros mínimos.....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.5.	Ubicación de las tuberías.....	¡Error! Marcador no definido.
4.9.6.	Análisis hidráulico.....	¡Error! Marcador no definido.
	<b>CAPÍTULO V PRESUPUESTO.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.1.	Cómputo métrico.....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.	Precio Unitario.....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.1.	Materiales.....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.2.	Maquinaria y equipo.....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.3.	Utilidades.....	¡Error! Marcador no definido.

5.2.4.	Impuestos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.3.	Presupuesto general.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.4.	Costo del ciclo de vida útil (CCVU).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Conclusiones .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	Recomendaciones.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura N° 1** Sistema de energía fotovoltaica.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 2** Trayectoria del sol.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 3** Croquis de los componentes del sistema – Vista en planta..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 4** Croquis de los componentes del sistema – Vista en perfil..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 5** Obra de toma para vertiente de fondo ....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 6** Obra de Toma para vertiente de ladera ..**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 7** Obra de toma para vertiente de bofedal..**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 8** Flujo de agua en un orificio de pared gruesa.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 9** Carga disponible y pérdida de carga .....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 10** Altura total de la cámara húmeda.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 11** Esquema de la altura total de bombeo..**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 12** Intervalos comunes donde se aplica los diferentes tipos de bomba  
.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 13** Esquema e ilustración de una bomba centrífuga sumergible múltiples etapas.....**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 14** Curva Característica de Bomba Eficiencia vrs Caudal ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 15** Modelo de la bomba en función de la potencia....**¡Error! Marcador no definido.**

**Figura N° 16** Esquema del efecto fotovoltaico .....**¡Error! Marcador no definido.**

**Figura N° 17** Tipos de módulos fotovoltaicos .....**¡Error! Marcador no definido.**

**Figura N° 18** Esquema de los componentes de un sistema fotovoltaico para el bombeo de agua.....**¡Error! Marcador no definido.**

**Figura N° 19** Horas Pico Solares.....**¡Error! Marcador no definido.**

**Figura N° 20** Esquema de una válvula reguladora de presión. ..**¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE CUADROS

**Cuadro N° 1** Ventajas y desventajas de un sistema fotovoltaico.... **¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 2** Principales Características de Bombas Fotovoltaicas **¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 3** Distribución de la población .....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 4** Estaciones pluviométricas y climatológicas .....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 5** Parámetros de control y técnicas de análisis para agua potable .. **¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 6** Periodo de diseño.....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 7** Métodos de cálculo de población.....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 8** Dotaciones medias .....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 9** Dotaciones medias .....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 10** Coeficientes de rugosidad de Manning para distintos tipos de materiales .....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 11** Velocidades máximas permisibles.....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 12** Valores de coeficiente C de Hazen –Williams ...**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 13** Valores aproximados de K.....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 14** Módulos de elasticidad de los materiales usado en tuberías..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 15** Tipos de bombas eléctricas recomendados por el tipo de fuente;**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 16** Inclinaciones óptimas en función de la máxima captación..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 17** Factores de pérdida .....**¡Error! Marcador no definido.**

**Cuadro N° 18** Años de vidas útiles de equipos de sistema FV y sistemas de combustión interna .....**¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b>	TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS, RADIACIÓN MEDIA DIARIA.
<b>ANEXO 2</b>	INFORME DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.
<b>ANEXO 3</b>	ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA.
<b>ANEXO 4</b>	CÁLCULO DE LA OBRA DE TOMA.
<b>ANEXO 5</b>	CÁLCULO DE LA ADUCCIÓN POR GRAVEDAD.
<b>ANEXO 6</b>	CÁLCULO DEL PUENTE COLGANTE.
<b>ANEXO 7</b>	CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL CÁRCAMO DE BOMBEO.
<b>ANEXO 8</b>	ADUCCIÓN POR BOMBEO Y GOLPE DE ARIETE.
<b>ANEXO 9</b>	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE BOMBA SOLAR.

- ANEXO 10** CÁLCULO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.
- ANEXO 11** CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.
- ANEXO 12** CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.
- ANEXO 13** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- ANEXO 14** CÓMPUTOS MÉTRICOS.
- ANEXO 15** PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO.
- ANEXO 16** PRESUPUESTO DEL MÓDULO I: INICIO DE OBRAS  
PRESUPUESTO DEL MÓDULO II: OBRA DE TOMA  
PRESUPUESTO DEL MÓDULO III: ADUCCIÓN POR GRAVEDAD  
PRESUPUESTO DEL MÓDULO IV: SISTEMA DE BOMBEO  
PRESUPUESTO DEL MÓDULO V: TUBERÍA DE IMPULSIÓN  
PRESUPUESTO DEL MÓDULO VI: TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
PRESUPUESTO DEL MÓDULO VII: RED DE DISTRIBUCIÓN
- ANEXO 17** COSTO DEL CICLO DE VIDA ÚTIL -ANÁLISIS TARIFARIO