

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**



Proyecto de Grado para obtención de GRADO DE INGENIERIA:  
**Estudio de Factibilidad para el aprovechamiento de aguas de vertiente en  
la ladera Este de la ciudad de La Paz.**

**Tutor: Ing. Grover Sanchez Eid.**

**Alumno: Univ. Jose Marco Tapia Lopez.**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**Agosto 2019**

## Tabla de contenido

### CAPITULO Nº 1

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1.	EL RECURSO NATURAL AGUA EN EL CONTEXTO MUNDIAL.....	1
1.1.1.	Bosques, selvas y áreas protegidas.....	1
1.1.2.	Importancia Mundial de los Bosques.....	3
1.1.3.	Crisis del Agua a Nivel Mundial.....	4
1.1.4.	Oferta y demanda hidrica.....	6
1.1.5.	La Gestión del Agua en América Latina y el Caribe.....	14
1.1.6.	Principales fuentes subterranas en sudamerica.....	18
1.2.	PROBLEMÁTICA.....	23
1.2.1.	Análisis del agua en Bolivia.....	23
1.2.2.	Fuentes de agua potable.....	23
1.2.3.	El consumo de agua potable.....	24
1.3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.4.	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	25
1.4.1.	Objetivo General.....	25
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	26
1.5.	JUSTIFICACION.....	26
1.5.1.	Justificativo Ambiental.....	26
1.5.2.	Justificativo Social.....	27
1.5.3.	Justificativo Económico.....	27
1.5.4.	Justificación académica.....	27
1.6.	ALCANCE DE LA INVESTIGACION .....	28

### CAPITULO Nº 2

<b>2.</b>	<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>29</b>
2.1.	HIDROLOGIA.....	29
2.1.1.	Definiciones sobre hidrología.....	31
2.1.2.	Ciclos del agua.....	33
2.2.	HIDROGEOLOGIA :AGUAS ALMACENADAS.....	37
2.2.1.	Acuífero.....	39
2.3.	CALIDAD DEL AGUA EN LA FUENTE.....	44
2.3.1.	Límites de tolerancia de la calidad del agua.....	46
2.3.2.	Protección de las fuentes.....	47
2.3.3.	Formas de contaminación de agua.....	48
2.3.4.	Prácticas de protección de fuentes.....	49
2.4.	MÉTODOS DE AFORO.....	50

### **CAPITULO N° 3**

<b>3.</b>	<b>ESTUDIO DE MERCADO.....</b>	<b>53</b>
3.1.	ESTUDIO DE LA DEMANDA.....	53
3.1.1.	Consumo general de agua.....	53
3.1.2.	Consumo de agua de mesa.....	54
3.1.2.1.	Demanda de agua de mesa para el proyecto.....	54
3.1.2.2.	Modelos de regresión.....	55
3.1.2.3.	Estimación del consumo poblacional.....	64
3.2.	ESTUDIO DE LA OFERTA .....	65
3.3.	ANALISIS DEL PRECIO.....	67

### **CAPITULO N° 4**

<b>4.</b>	<b>TAMAÑO Y LOCALIZACION DEL PROYECTO.....</b>	<b>68</b>
4.1.	DATOS GEOGRÁFICOS.....	68
4.1.1.	Macrolocalizacion.....	68
4.1.2.	Datos hidrológicos del lugar.....	72
4.2.	CAPACIDAD POTENCIAL DEL PROYECTO.....	74
4.3.	DATOS DE LA FUENTE DE AGUA.....	74
4.3.1.	Análisis estadísticos.....	76
4.3.2.	Desigualdad de Chevishev.....	79
4.3.3.	Distribución Normal.....	80

### **CAPITULO N° 5**

<b>5.</b>	<b>TECNOLOGIAS PARA EL PROCESAMIENTO DE AGUA POTABLE.....</b>	<b>82</b>
5.1.	DENSIDAD DEL AGUA.....	82
5.2.	TEMPERATURA Y PRESIÓN DEL AGUA.....	82
5.3.	SABOR, OLOR Y ASPECTO.....	83
5.4.	PROCESOS PARA TRATAR EL AGUA.....	84
5.5.	ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA.....	85
5.5.1	Parámetros de control de calidad del agua.....	85
5.6.	MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE AGUA PURIFICADA.....	89

### **CAPITULO N° 6**

<b>6.</b>	<b>INGENIERIA DEL PROYECTO (SELECCIÓN DEL PROCESO).....</b>	<b>97</b>
6.1.	COMPOSICIÓN DEL AGUA DEL PROYECTO.....	97
6.1.1.	Del análisis fisicoquímico.....	97
6.1.2.	Análisis micro-biológico de la materia prima a emplear.....	98
6.2.	INGENIERIA DEL PRODUCTO.....	100
6.2.1.	Descripción técnica del producto terminado.....	100
6.2.2.	Envase y descripción de la etiqueta.....	100
6.2.3.	Empaque.....	101
6.2.4.	Características del producto.....	101
6.3.	DESCRIPCION DEL PROCESO.....	101
6.4.	DIAGRAMA DEL FLUJO DEL PROCESO.....	110

6.5	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.....	112
6.5.1	Edificaciones.....	113
6.5.2	Maquinaria y equipo.....	117
6.5.3	Instalaciones.....	119
6.5.4	Muebles y enseres.....	120
6.6	LAY OUT DEL PROCESO.....	121
6.6.1.	Condiciones de operación.....	121
6.7.	BALANCE DE MATERIA.....	124
6.8.	DIAGRAMA DEL BALANCE HIDRICO.....	127
6.9.	BALANCE DE ENERGIA.....	128
6.10	POTENCIA EMPLEADA EN EL PROCESO.....	129
6.11.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.....	130
6.11.1	Calidad total.....	130
6.11.2	Control estadístico de la calidad.....	132

## **CAPITULO 7.**

<b>7.</b>	<b>ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO.....</b>	<b>135</b>
7.1.	COSTES.....	136
7.1.1.	Costes de logística.....	140
7.1.2.	Determinación del costo unitario.....	141
7.2.	COSTOS LABORALES EN LA REALIDAD ECONÓMICA EN BOLIVIA.....,	144
7.2.1.	Punto de equilibrio del proyecto.....	145
7.2.2.	Operar en el mercado de manera formal.....,	147
7.2.2.1.	Sin financiamiento.....	148
7.2.2.2.	Con financiamiento.....	150

## **CAPITULO 8.**

<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>153</b>
8.1.	MEDIO AMBIENTE, EL AGUA, HIDROLOGIA.....	153
8.2.	UBICACIÓN DEL PROYECTO Y ESTUDIO DE MERCADO.....	154
8.3.	INGENIERIA DEL PROYECTO.....	155
8.4.	ESTUDIO DE COSTOS Y FLUJO FINANCIERO DEL PROYECTO.....	156

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO N° 1	
Encuestas seleccionadas de la base de datos por muestreo sistematico.....	159
ANEXO N° 2	
Numero esperado de ventas.....	160
ANEXO N° 3	
Muestra de caudales de agua tomados de la vertiente de la poza.....	162
ANEXO N° 4	
Grafica estacional de las caudales de la poza.....	165
ANEXO N° 5	
Procesos que no entran en el proyecto.....	166
Anexo N° 5.1	
Destilacion.....	166
Anexo N° 5.2	
Desinfeccion con NaClO.....	166
ANEXO N° 6	
Propiedades del agua a nivel del mar.....	168
ANEXO N° 7	
Equipos empleados.....	169
Anexo N° 7.1	
Bomba de Agua.....	169
Anexo N° 7.2	
Filtro de Bioarena.....	169
Anexo N° 7.3	
Lampara LUV.....	170
Anexo N° 7.4	
Generador de ozono.....	170
Anexo N° 7.5	
Selladora industrial de bolsas.....	171
Anexo N° 7.6	
Tanque de almacenamiento.....	171
ANEXO N° 8	
Plano y distribucion de la planta y oficinas.....	172
ANEXO N° 9	
Hoja de resultados Fisicoquimicos del agua.....	173
ANEXO N° 10	
Hoja de resultados Microbiologicos del agua.....	174
ANEXO N° 11	
Planilla de Sueldos y salarios.....	175
ANEXO N° 12	
Planilla para determinacion del RC-IVA.....	176
ANEXO N° 13	
Cuadro de aportes patronales y provisiones.....	177

## Contenido de Cuadros y Tablas

### CAPITULO Nº 1.

1.1	Distribución porcentual de bosques por continente.....	3
1.2.	Oferta y demanda por continente en porcentaje.....	10
1.3.	Sectores de demanda hídrica mundial en el tiempo.....	11
1.4.	Cuencas hidrológicas de Bolivia.....	16

### CAPITULO Nº 2.

2.1.	Formas de contaminación por medio del agua.....	46
2.2.	Microorganismos de mayor frecuencia en el agua.....	47

### CAPITULO Nº 3.

3.1.	Detalle de consumo diario per cápita de agua.....	54
3.2.	Población paceña en 2016 por Macrodistrito.....	54
3.3.	Numero de encuestas y consumidores de agua en La Paz.....	56
3.4.	Datos de la Encuesta de Hogares 2017.....	59
3.5.	Estimaciones de los Parámetros.....	60
3.6.	Modelos de regresión de la demanda mensual pc de agua de mesa.....	60
3.7.	Cantidades estimadas según ingreso.....	61
3.8.	Resumen del modelo.....	62
3.9.	Producción diaria de agua de mesa de acuerdo al tamaño de la empresa... .	65
3.10.	Precios del mercado de agua embotellada.....	67

### CAPITULO Nº 4

4.1.	Media y desviación standard de la muestra.....	76
4.2.	Coficiente de variación de la muestra valores y rango.....	76
4.3.	Coficientes de asimetría y curtosis.....	77
4.4.	Intervalos de clase y frecuencias.....	78

### CAPITULO Nº 5.

5.1.	Parametros de control minimo.....	86
5.2.	Parametros de control basico.....	86
5.3.	Parametros de control complementario.....	87
5.4.	Eficiencia del tratamiento del filtro de bioarena.....	90
5.5.	Datos del ozono.....	93

## **CAPITULO Nº 6.**

6.1	Resultados de los parametros fisicoquimicos analizados.....	97
6.2.	Resultados de los parametros microbiologicos analizados.....	99
6.3	Potencias empleadas por la bomba 1.....	101
6.4	Datos y potencia empleada por la bomba 2.....	107
6.5	Datos de la dimension de planta y oficinas.....	112
6.6	Ítems de la construcción de la planta.....	113
6.7	Ítems de la construcción de la administración.....	114
6.8	Ítems de la construcción de comercio.....	115
6.9	Ítems de la construcción de baño.....	116
6.10	Inversión en Maquinaria y Equipo del proyecto.....	117
6.11	Inversión en Instalaciones y Material.....	119
6.12	Inversión en Activos Fijos Muebles y Enseres.....	120
6.13	Detalle del consumo de los equipos de producción.....	129
6.14.	Parametros de permisividad de elementos fisicoquimicos.....	132
6.15	Parametros de permisividad de elementos microbiologicos.....	133

## **CAPITULO Nº 7.**

7.1.	La infraestructura en 4 ambientes.....	135
7.2.	Cuadro de instalaciones.....	136
7.3.	Cuadro de costos energéticos de operación.....	140
7.4.	Cuadro del costo por unidad de bolsa.....	141
7.5.	Detalle de los costos directo e indirectos en Bs. Corrientes.....	142
7.6.	Punto de equilibrio mensual.....	145
7.7.	Ítems salariales según planilla.....	148
7.8.	Flujo del proyecto sin Financiamiento.....	149
7.9.	Cuadro de Amortización de Capital año 2018.....	150
7.10.	Flujo del proyecto con Financiamiento.....	151

## Contenido de Mapas

### CAPITULO Nº 1.

1.1.	Zonas Ecologicas del Planeta.....	2
1.2.	Relacion entre disponibilidad de agua y poblacion por continente.....	10
1.3.	Cuencas Hidrograficas de Bolivia.....	15
1.4.	Ubicación del Acuífero Guaraní.....	18

### CAPITULO Nº 2.

2.1.	Mapa Hidrologico del Mundo.....	30
------	---------------------------------	----

### CAPITULO Nº 4.

4.1.	Ubicación cartográfica de la planta.....	69
4.2.	Nivel de humedad del suelo.....	73

## Contenido de Diagramas.

### CAPITULO Nº 1.

1.1.	Demanda de agua en sectores 2000.....	11
1.2.	Demanda de agua en sectores 2015.....	12
1.3.	Vertiente de origen subterráneo en la ladera oeste de La Paz.....	21

### CAPITULO Nº 2.

2.1.	Ciclo del agua.....	34
2.2.	Recursos naturales en Bolivia.....	36
2.3.	Afloramiento de agua subterránea en un pozo.....	37
2.4.	Esquema de un acuífero a.....	39
2.5.	Esquema de un acuífero b. ....	41
2.6.	Flujo del agua subterránea.....	43

### CAPITULO Nº 3.

3.1	Ingreso pc y Cantidad demandada de agua de mesa.....	63
3.2	Fotografias de productos de empresas de agua.....	66

#### **CAPITULO Nº 4.**

4.1	Fotografías de la poza donde llena la vertiente.....	75
4.2.	Histograma de Frecuencias.....	79

#### **CAPITULO Nº 5.**

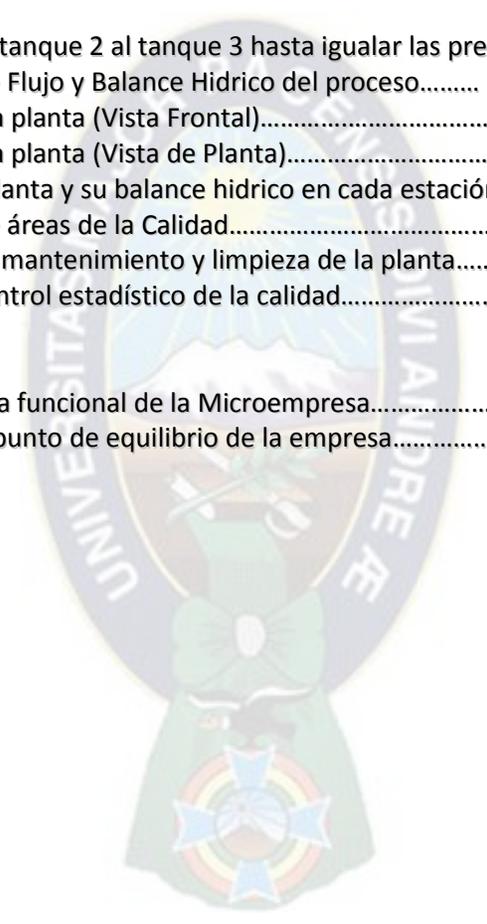
5.1.	Tratamiento del Agua.....	84
5.2.	Procesos de desinfeccion del agua. ....	91

#### **CAPITULO Nº 6.**

6.1.	Trasvase del tanque 2 al tanque 3 hasta igualar las presiones atmosféricas.....	105
6.2.	Diagrama de Flujo y Balance Hidrico del proceso.....	111
6.3.	Lay Out de la planta (Vista Frontal).....	122
6.4.	Lay Out de la planta (Vista de Planta).....	123
6.5.	Vista de la planta y su balance hidrico en cada estación del proceso.....	127
6.6.	Diagrama de áreas de la Calidad.....	130
6.7.	Esquema de mantenimiento y limpieza de la planta.....	131
6.8.	Áreas del control estadístico de la calidad.....	134

#### **CAPITULO Nº 7**

7.1	Organigrama funcional de la Microempresa.....	143
7.2	Grafico del punto de equilibrio de la empresa.....	146



# CAPITULO N° 1

## 1 INTRODUCCION.

### 1.1. EL RECURSO NATURAL AGUA EN EL CONTEXTO MUNDIAL

Mientras que en muchos lugares el abastecimiento del agua se da por hecho, en otros es un recurso escaso debido a la falta del agua o a la contaminación de sus fuentes. Aproximadamente un 18% de la población mundial no tiene acceso a fuentes seguras de agua potable y más de 2400 millones de personas no tienen saneamiento adecuado.

Todo esto refleja la realidad de un problema serio que aun no se ha tomado con la importancia suficiente. La sobreexplotación de acuíferos, la disminución de recursos hídricos, el uso inadecuado, el gasto de agua y la contaminación no solo son las causantes de un daño medioambiental sino una de las principales causas porque una cuarta parte de la población no tenga acceso al agua potable.

La crisis del agua<sup>1</sup> que se avecina sobre la humanidad por la disminución gradual del recurso hídrico para consumo y producción es una situación crítica.

En general la población no es consciente de la gravedad de los temas del agua y muy pocas personas conocen los problemas vinculados en los próximos 20 o 30 años.

#### 1.1.1. Bosques, selvas y áreas protegidas.

La pérdida de cubierta vegetal es un problema menos manifiesto, pero las consecuencias de sus pérdidas a largo plazo de páramos, humedales, manglares, masas forestales y su erosión, son importantes en la conservación y calidad de los recursos hídricos.

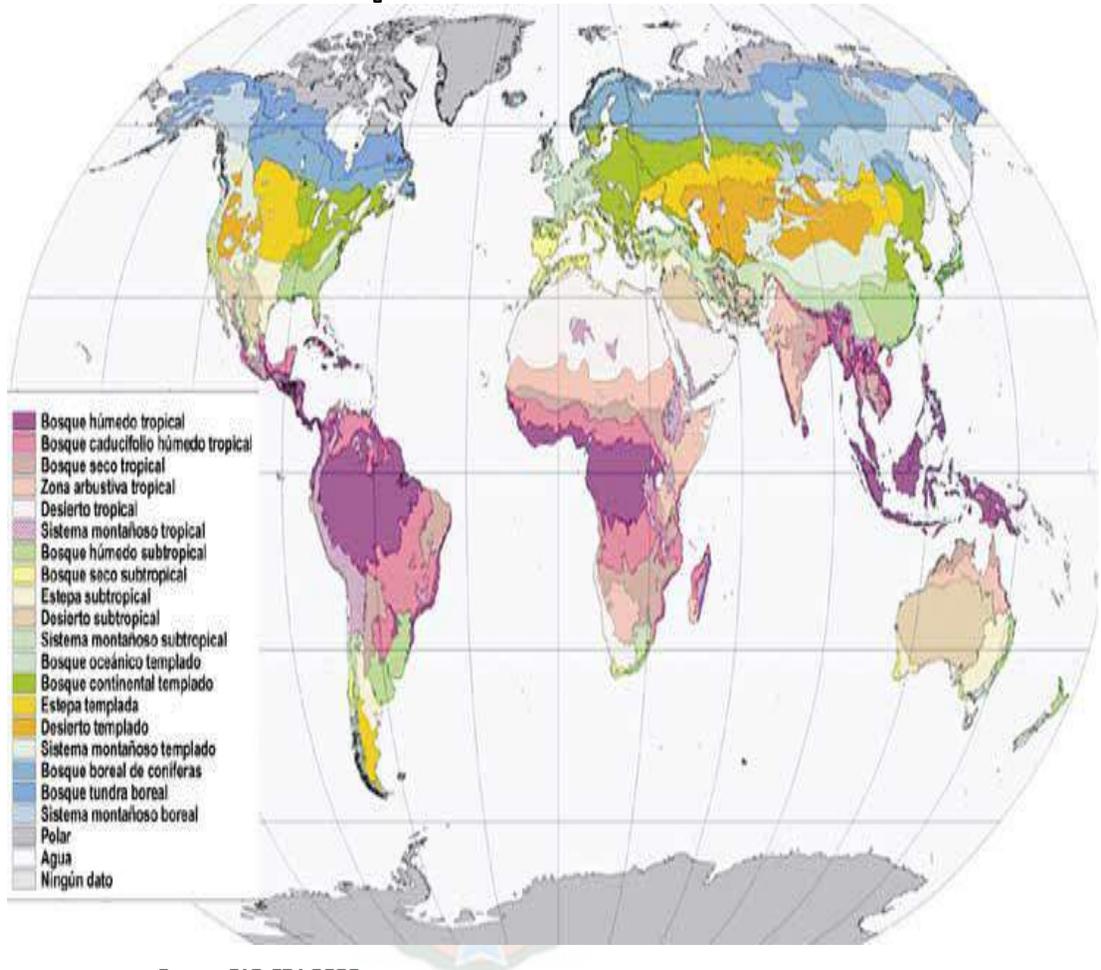
De acuerdo al mapa mundial de zonas ecológicas en relación al agua, el programa FAO-FRA<sup>2</sup> 2000 (**mapa 1.1**) en colaboración de varios programas continentales pudo elaborar

---

<sup>1</sup> Conferencia de la UNESCO acerca del agua en el siglo XXI.

un mapa mundial de las zonas ecológicas clasificando bajo tres mapas las zonas ecológicas regionales y nacionales y así también las áreas protegidas de cada continente y país.

**Mapa 1.1.**  
**Zonas Ecológicas del Planeta**



*Fuente: FAO-FRA 2000.*

La finalidad del mapa 1.1 es proporcionar un cuadro sinóptico de la situación actual de los bosques, zonas ecológicas y áreas protegidas en todo el mundo.

El mapa mundial de zonas ecológicas puede ser utilizado para agregar información sobre recursos forestales por zona ecológica produciendo informes de acuerdo a la

---

<sup>2</sup> Forest Resources Assesment (Cuentas de Recursos Forestales) elaborò mapas de bosques y zonas ecológicas.

característica natural de la vegetación que normalmente atraviesa fronteras nacionales a fin de producir estadísticas de los recursos forestales.

### 1.1.2. Importancia Mundial de los Bosques.

Resumidamente se puede presentar (cuadro 1.1) la distribución de bosques por cada zona ecológica:

Cuadro 1.1.  
Distribución porcentual de bosques por continente.

Zona Ecológica	Total bosque %	África %	Asia %	Oceanía %	Europa %	Norte y Centro América%	América del Sur %
Bosque lluvioso tropical	28	24	17	---	---	1	58
Bosque húmedo tropical	11	40	14	6	---	9	31
Bosque seco tropical	5	39	23	---	---	6	33
Bosque montaña tropical	4	11	29	---	---	30	30
<b>TOTAL BT.</b>	<b>47</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>---</b>	<b>5</b>	<b>47</b>
Bosque húmedo subtropical	4	---	52	8	---	34	6
Bosque seco subtropical	1	16	11	22	30	6	14
Bosque montaña subtropical	3	1	47	---	13	38	1
<b>TOTAL BST.</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>42</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>37</b>	<b>5</b>
Bosque oceánico templado	1	---	---	33	33	9	25
Bosque continental templado	7	---	13	---	40	46	---
Bosque montaña templado	3	---	26	5	40	29	---
<b>TOTAL Bosques Templados</b>	<b>11</b>	<b>---</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>2</b>
Bosque conífera boreal	19	---	2	---	74	24	---
Boscosa tundra boreal	3	---	---	---	19	81	---
<b>TOTAL BConifera y Boreales</b>	<b>33</b>	<b>---</b>	<b>2</b>	<b>1.</b>	<b>65</b>	<b>34</b>	<b>---</b>
<b>TOTAL BOSQUES</b>	<b>100</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>27</b>	<b>14</b>	<b>23</b>

Fuente: FAO- FRA 2000.

Esta información y el mapa mundial (FAO- FRA 2000, 2014) de zonas ecológicas, permite ilustrar como se encuentra en la actualidad las zonas ambientales del planeta<sup>3</sup> con el objeto de cómo puede esto cambiar o modificarse a futuro debido al efecto del cambio climático y tratar de controlar la desertificación que pueda causar.

### **1.1.3. Crisis del Agua a Nivel Mundial.**

Si bien el planeta Tierra esta en su mayor parte conformado por agua, solo un 3% representa agua dulce apta para el consumo humano y que hoy se esta agotando por las siguientes causas:

- Una creciente población que demanda mas agua.
- El agotamiento continuo de las fuentes conocidas de agua (ríos y lagos) debido a la contaminación industrial y al calentamiento global.

Las industrias básicamente consumen hidrocarburos y emiten a la atmosfera CO<sub>2</sub> un gas toxico que al elevarse también destruye la capa de ozono O<sub>3</sub> que es la capa que protege a nuestro planeta de los rayos ultravioleta solares. Este calentamiento atmosférico de las capas ha hecho que se eleve la temperatura promedio provocando deshielos y evaporaciones de algunas fuentes de agua.

#### **Situación mundial debido a efectos del calentamiento global.**

Mientras las cumbres internacionales sobre agua o cambio climático buscan un acuerdo histórico para reducir la emisión de gases contaminantes a la atmosfera, el calentamiento global hace estragos en Latinoamérica. Y Bolivia es uno de los más afectados cuando el derretimiento de sus glaciares y la sequia dejaran sin agua a millones de personas en muy pocos años.

---

<sup>3</sup> FAO- FRA ha empleado la tecnología satelital para localizar con la mejor exactitud todas las zonas ecológicas (**agregar fotos**) por cada continente.

Desde hace 2 años, distintos organismos internacionales publicaron informes sobre efectos del cambio climático a nivel mundial. Muchos organismos internacionales<sup>4</sup> se convirtieron en voceros de lo que le espera al planeta en el corto y mediano plazo.

La actualización de esos informes que con nuevos análisis y datos corregidos arrojaron conclusiones aún más negativas, casi apocalípticas. Derretimiento de glaciares, aumento de temperatura, sequías, inundaciones masivas, falta de agua en grandes ciudades, aumento de niveles de los mares. *Lo más estremecedor es que estos pronósticos se harán realidad en pocos años.*

A simple vista uno de los fenómenos de las consecuencias del calentamiento global es el acelerado proceso del derretimiento de los glaciares. Donde antes había hielos eternos, hoy solo quedan montañas cada vez más desnudas.

Latinoamérica no es la excepción, los científicos vienen advirtiéndolo desde hace tiempo la desaparición de los glaciares y la escasez del agua como una de sus consecuencias. Los glaciares bolivianos, peruanos y ecuatorianos son un claro ejemplo.

Bolivia es uno de los países que más está sufriendo este fenómeno. Para los científicos bolivianos la falta de agua es ya uno de los temas más urgentes; ahora el gran temor de ciudades como La Paz es que el agua no alcance. Las altas temperaturas no solo están derretiendo sus glaciares, sino que además secan sus represas ya sea por la falta de lluvias o la evaporación del agua; por lo que el racionamiento *será inminente.*

Se contemplan los preocupantes niveles de las represas que abastecen de agua a La Paz, mientras se observa las montañas que rodean la ciudad con sus picos nevados y glaciares en retroceso.

La Tierra con sus abundantes formas de vida están enfrentados con una grave crisis de agua. Todo indica que esto va empeorar a menos que se tomen medidas correctivas.

De acuerdo a la Organización de Naciones Unidas, en los países subdesarrollados hasta un 90% de sus aguas residuales se llegan a verter en ríos, lagos y zonas costeras.

---

<sup>4</sup> Naciones Unidas; El Banco Mundial; Organizaciones Ecologistas y Paneles de Científicos.

Según la FAO para el 2025 serán dos tercios de la población mundial que vivirán bajo condiciones de stress hídrico.

Se habla de **stress hídrico** cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad. Que provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, etc.) y de calidad (contaminación de la materia orgánica, intrusión salina.). Interpretar correctamente este término es importante ya que el estrés se refiere a sequía y a desertificación, a la falta de agua, y al mismo tiempo, se refiere al exceso de agua, como inundaciones y crecidas de ríos.

Por lo tanto, se pueden definir como zonas de estrés hídrico aquellas regiones donde la disponibilidad de agua no satisface la exigencia de todos los usuarios a nivel industrial, agrícola y doméstico. Este estrés hídrico es causado por agentes físicos y/o económicos provocando escasez de agua. La escasez de agua por agentes físicos ocurre cuando la demanda del agua en una región excede del suministro debido a la disponibilidad física limitada, y la escasez por agentes económicos sucede cuando el suministro es bajo debido a unas inadecuadas prácticas en la gestión del agua, que puede ser a causa de la falta de financiación de recursos.

#### **1.1.4. Oferta y Demanda Hídrica**

La oferta hídrica es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar. Usualmente esta porción de agua que escurre por los ríos es denominada por los hidrólogos como escorrentía superficial y su cuantificación

conforma el elemento principal de medición en las redes de seguimiento hidrológico existentes en los distintos países<sup>5</sup>.

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde también al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca.

La disponibilidad de agua en un lugar sea esta superficial o subterránea condiciona la oferta disponible para uso (demanda) doméstico, industrial y agrícola. A su vez esta depende del grado de precipitación pluvial en la zona y de la capacidad de absorción del terreno, que permita la recarga de los mantos acuíferos. Por lo tanto para poder garantizar a los usuarios la disponibilidad y darles certeza sobre el uso de este recurso a través del tiempo, es necesario promover las prácticas de un mejor uso del agua, así como de la conservación del medio ambiente.

Quienes tienen un **papel de suma importancia en la generación de las lluvias son los bosques**, por lo tanto la sociedad debe educarse y conservarlos. Poniendo en práctica la reforestación, control y sofocación de incendios forestales, separación de desechos y eliminar las descargas de aguas residuales contaminadas.

Por otro lado el crecimiento poblacional en una localidad, da como resultado una mayor necesidad de agua y un mayor grado de presión sobre la oferta disponible, que de ser finita, se requerirá de una fuerte inversión para traer agua de lugares lejanos, y de

---

<sup>5</sup>Cada país maneja una Metodología para El Cálculo del Índice de Escasez de Agua Superficial.

momento pasar o sufrir de escasez estacionaria o temporal, tiempo durante el cual los usuarios estarían dispuesto a pagar un mayor precio a fin de poder contar con el agua, o quienes tienen la posibilidad de efectuar la compra realizan estas transacciones en un mercado no regulado de agua para uso humano (restaurantes, hoteles y demás centros de reunión).

Los balances hídricos, tanto globales como regionales permiten determinar la disponibilidad hídrica natural de las áreas en consideración y conocer el comportamiento de la oferta de agua, bien sea superficial o subterránea, a través del estudio de las diferentes fases del ciclo hidrológico.

La oferta hídrica se determina fundamentalmente cuantificando los términos de la ecuación del balance hídrico, aplicación del principio de conservación de masa, también conocida como *ecuación de continuidad*.

Se establece que, para cualquier volumen y durante un determinado tiempo, la diferencia entre las entradas y las salidas de agua está condicionada por la variación del volumen almacenado.

Las entradas en la ecuación del balance hídrico tienen que ver principalmente la precipitación (P), en forma de lluvia o eventualmente en forma de nieve, recibida realmente en la superficie del suelo, mientras que las salidas en la ecuación incluyen: la evapotranspiración real (ETR), que involucra a la evaporación desde la superficie del suelo y desde una masa de agua; la transpiración de las plantas y la intercepción de agua por parte de la vegetación; en la evapotranspiración también pueden estar incluidos los parámetros de variación de humedad del suelo ( $H_{\text{suelo}}$ ) y la variación de humedad en la vegetación por intercepción ( $H_{\text{veg}}$ ).

Otro factor de salida son las corrientes de agua superficial en forma de escorrentía superficial ( $E_{\text{scsup}}$ ), representada por la producción hídrica que fluye superficialmente

en un área determinada, y la subterránea (Escsub), proveniente de un acuífero o que surge en el cauce a través de una fuente.

Cuando las entradas superan las salidas, el volumen de agua almacenada (DS) aumenta, y en caso contrario, disminuye. Este término adquiere importancia cuando los cuerpos de agua y los acuíferos son de tamaño considerable.

Debe anotarse que la definición exacta de los componentes del balance hídrico implica la introducción en la ecuación de un término residual de discrepancia (Der), encargado de recoger los errores sistemáticos y la influencia de factores desconocidos que puedan afectarlo significativamente la ecuación presenta la siguiente forma:

$$P - \text{Esc (sup)} - \text{Esc (sub)} - \text{ETR} - \text{Hsuelo} - \text{Hveg} \pm \text{DS} \pm \text{Der} = 0$$

Esta ecuación del balance hídrico se simplifica hasta incluir solamente a la precipitación (P), la escorrentía (Escsup), la evapotranspiración real (ETR) y el término residual de discrepancia (Der), ya que la variación de los almacenamientos de los cuerpos de agua y las salidas y entradas del agua subterránea se compensan durante un año.

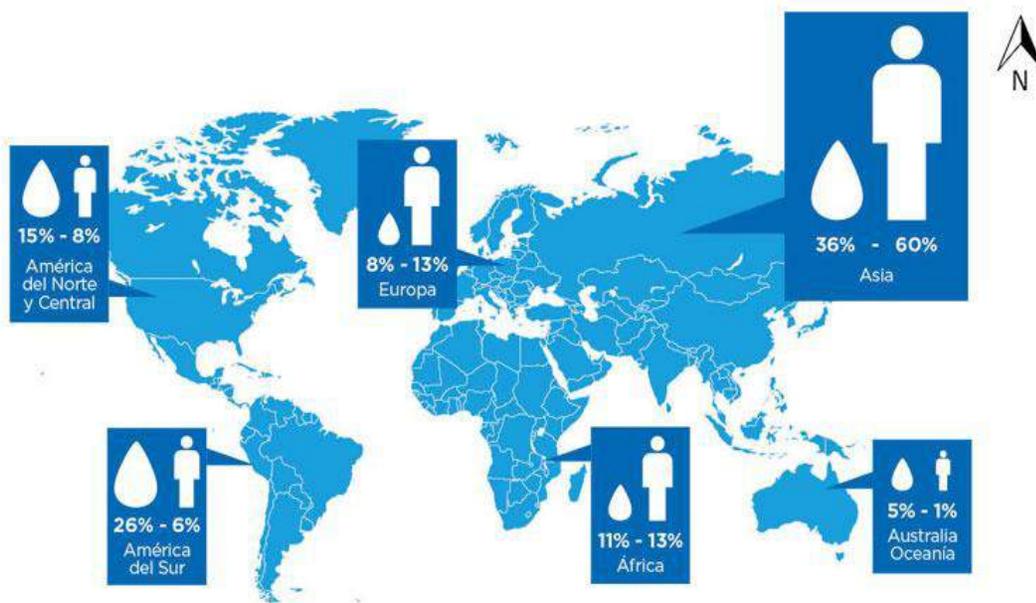
Por esta razón, la ecuación simplificada del balance hídrico es:

$$P - \text{Esc (sup)} - \text{ETR} \pm \text{Der} = 0$$

En la actualización del balance hídrico se toma en cuenta también la evaluación de la precipitación, la evapotranspiración potencial, la temperatura, la escorrentía superficial y la evapotranspiración real, basada en las series históricas de estaciones hidrológicas, pluviométricas (de precipitación) y meteorológicas.

A continuación se muestra el actual mapa mundial (mapa 1.2) referido a la oferta y demanda de agua para consumo humano a nivel de cada continente:

Mapa N° 1.2.  
Relación entre disponibilidad de agua y población por continente



Fuente: Adaptado de *UNESCO*, Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio, (2010).

Así mismo se presenta la oferta y demanda de agua por continente.

Cuadro 1.2.  
Oferta y demanda de agua por continente en porcentaje.

Continento	Oferta en %	Demanda en %
América del Norte y Central	14	8
América del Sur	26	6
Europa	8	12
Asia	36	60
África	11	13
Oceanía	5	1
<b>Total:</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base al mapa 1.3.

Un 2.53% del agua del planeta es agua dulce y de eso menos del 1% es accesible para el hombre, o sea más de 2/3 del agua dulce esta almacenada en glaciares y los polos inaccesibles para el hombre.

De esa agua disponible gran parte se ve contaminada por desechos industriales y agroindustriales que son vertidos químicos y físicos además de los desechos humanos. Del uso del agua se puede observar el siguiente comportamiento a nivel mundial de acuerdo a 3 grandes demandas en 2 periodos del tiempo (año 2000 y 2015) mostrado en el cuadro 1.3:

Cuadro 1.3.  
Sectores de demanda hídrica mundial en el tiempo

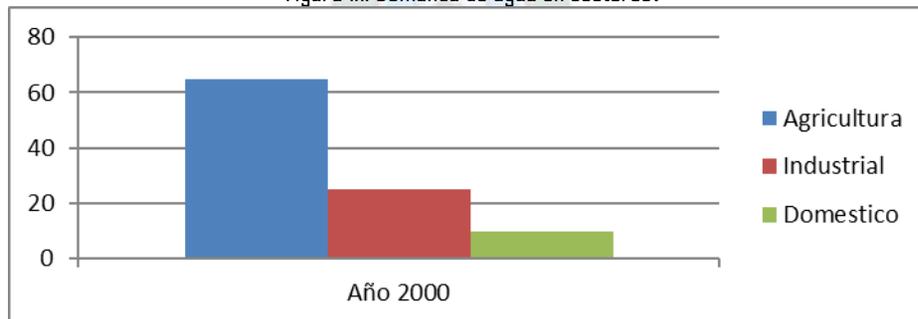
Sector	Demanda Hídrica en 2000 en %	Demanda Hídrica en 2015 en %
Agricultura	65	54
Industrial	25	38
Domestico	10	8

Fuente: Elaboración propia en base a documento de la FAO.

Desde el año 1950 la demanda de agua del sector agrícola se ha triplicado alcanzando una cifra de 4300 km<sup>3</sup>/año pero que no es lo más eficiente porque existe gran desperdicio del recurso en este sector.

En un análisis estadístico presentado por la FAO nos muestra el comportamiento en la figura 1.1.

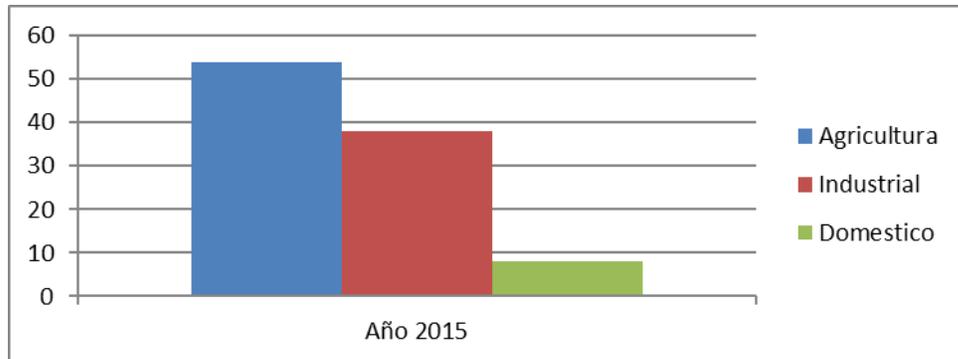
Figura 1.1. Demanda de agua en sectores.



Fuente: Elaboración propia en base a documento de la FAO.

Desde el 2000, el sector industrial ha incrementado su demanda de agua a un 38% a costa de reducir su participación el sector agrícola a un 54% mientras que el sector doméstico-comercial debe reducir al 8% en el 2015. Esto se muestra en la figura 1.2.

Figura 1.2. Demanda de agua en sectores.



Fuente: Elaboración propia en base a documento de la FAO.

Todo esto ha hecho que se exploten fuentes hídricas subterráneas que más que todo lo hace el sector agrícola que cada vez explotan más recursos hídricos subterráneas de manera alarmante la cual ya puede afectar los depósitos acuíferos y las capas freáticas viendo que ha futuro se agoten estas fuentes de agua.

Cuando esto ocurra habrá escasez de agua y comenzaran los racionamientos del recurso provocando un problema económico y social que nadie sabe en que podría terminar. Actualmente ya son casi 2500 millones de personas en el mundo que tienen carencia de ya sea acceso al agua o al servicio de saneamiento y es muy difícil pensar en una distribución más equitativa que tal vez podría reducir la mortalidad infantil por causa de enfermedades por consumo de aguas contaminadas en un 75%.

En los países subdesarrollados el 50% del suministro de agua se pierde antes de llegar al consumidor debido a fugas en las instalaciones o a robos del recurso en el trayecto cuando se trata para el consumo humano. Si el suministro es para riego también ocurre más de 50% de desperdicio porque el agua se pierde antes, o buena parte se vuelve a los ríos.

Por esos motivos todo esto resalta que no existe una conciencia en gran parte de la población de la importancia que tiene el agua y ya es necesario que la gente tenga conocimiento de lo que puede muy pronto ocurrir por la carencia del recurso.

Hay datos y cifras que muestran un evidente agotamiento de la dotación del recurso hídrico frente a una creciente demanda, y que pronto la crisis del agua será evidente más que todo en las regiones donde actualmente hay dificultades en la dotación y que además sufren de dotación de aguas no aptas para el consumo humano y que ya les están causando una serie de enfermedades por aguas contaminadas.

El peligro radica en que aquellos lugares en que ya no tengan una oferta suficiente para satisfacer sus necesidades de agua, invadan otros sitios donde haya agua suficiente, lo que generara conflictos regionales hasta conflictos militares de gran escala. Esto no es una visión pesimista, sino una futura realidad que se vislumbra a partir del año 2025.

Ya existe una controversia entre los que piensan que el agua es un bien comerciable y los que creen que el agua es un bien social y esencial para la vida humana y que no debe verse como algo comerciable.

Se la considera comerciable cuando el agua recibe un tratamiento de represas, sistemas riego, de tecnologías de purificación y desalinización además de sistemas de alcantarillado y de aguas residuales; donde además también surge la **industria del agua embotellada** vendida a los consumidores y que desde 1970 al 2000 esta industria ha incrementado sus ventas en el mundo desde 1000 millones de litros hasta 84000 millones de litros respectivamente.

### **1.1.6. La Gestión del Agua en América Latina y el Caribe.**

Se puede vivir sin alimento un tiempo, pero sin agua no se puede vivir, en Latinoamérica, se ha demandado agua para regadíos, pero su creciente población y urbanización, ha hecho que también se demande mas agua en el área urbana.

Cada vez para acceder al agua hay que recurrir a lugares más distantes aumentando el coste de su transporte.

Además que muchas industrias ha hecho uso de ellas y la han devuelto contaminada, por lo que el aprovechamiento del recurso hídrico superficial y subterráneo tanto en zonas rurales o urbanas genera conflictos permanentes generalmente por las cantidades requeridas y la falta de prioridades.

No hubo equidad en materia de distribución del recurso, ya que especialmente el área rural se ha visto desfavorecida en el acceso al agua.

Y para la actualidad aún no hay una planificación de gestión del recurso lo que dificulta y genera aún más problemas.

La contaminación del recurso hídrico es uno de los problemas más graves que tiene la gestión del agua por la diversidad, desconocimiento y agresividad de las fuentes de contaminación urbana, industrial, minera, hidrocarburifera y agroindustrial; la ineficiencia y descoordinación de las instituciones públicas con funciones en la materia.

#### **1.1.5.1. El caso de Bolivia de sus cuencas hidrológicas.**

A través del territorio boliviano pasan 3 cuencas hidrológicas que son:

- Cuenca Amazónica.
- Cuenca Del Plata.
- Cuenca Altiplánica o Endorreica.

Esto se muestra en el mapa 1.3.

Mapa 1.3.  
Cuencas Hidrográficas de Bolivia.



Fuente: Medio-ambiente e Hidrología.

A continuación se presenta el cuadro que muestra las ubicaciones y las extensiones de las cuencas:

Cuadro # 1.4.  
Cuencas Hidrológicas de Bolivia.

Vertiente	Ubicación en latitud y longitud	Extensión en Km <sup>2</sup>	Porcentaje del territorio nacional
<b>Amazónica</b>	9°38' a 20°30' 59°58' a 69°30'	724000	65.9%
<b>Cerrada o Altiplánica</b>	14°38' a 22°58' 66°14' a 69°40'	145081	13.2%
<b>Del Plata</b>	18°36' a 22°59' 57°30' a 66°40'	229500	20.9%

Fuente: Plan Nacional de Manejo de Cuencas FAD 1997.

Se puede apreciar que la cuenca hidrográfica más grande se encuentra en el Amazonas con 724000 Km<sup>2</sup> o un equivalente del 65.9% del territorio nacional. Le sigue la cuenca del Plata con 229500 Km<sup>2</sup> o equivale a 20.9% del territorio y por último es la cuenca del Altiplano o Endorreica la que nos interesa (pertenecemos a esta cuenca) con solo 145081 Km<sup>2</sup> abarca un 13.2% del territorio.

#### **Cuenca Amazónica.**

La vertiente Amazónica se encuentra ubicada en el Noreste del territorio nacional, es la más importante por sus volúmenes de agua que fluyen y por ser la más extensa geográficamente.

Sus principales cuencas de la vertiente amazónica son:

- Cuenca del río Acre.
- Cuenca del río Madera.
- Cuenca del río Mamorè.
- Cuenca del río Abunà.
- Cuenca del río Beni.

La cuenca más grande e importante es la del río Madera que representa un 99.7% de la cuenca amazónica teniendo como afluentes al río Beni, al río Mamorè y al río Abunà definiendo los límites entre Beni y Pando y yendo al Brasil a alimentar al río Amazonas.

#### **Cuenca Endorreica o del Altiplano.**

Ubicada al suroeste del país comprendiendo casi toda la zona altiplánica donde su principal cuerpo de agua es el lago Titikaka cuyo afluente principal es el río Desaguadero que conecta directo al lago Poopò.

Las cuencas que componen la vertiente Endorreica son:

- Cuenca del lago Titikaka.
- Cuenca del lago Poopò.
- Cuenca del salar de Coipasa.
- Cuenca del salar de Uyuni.

Siendo la cuenca del Titikaka la más importante y de una superficie de 13967 km<sup>2</sup> y el lago de una extensión de 8030 km<sup>2</sup> y a una altura de 3800 msnm que es compartida con la república del Perú.

Toda la cuenca del Altiplano es un 13.2% del territorio nacional, se la denomina Endorreica porque es cerrada, la afluencia de los ríos acaba en sí mismas.

En esta región está el 90% de los glaciares secos y por el calentamiento global, los cambios de temperatura han hecho que se modifiquen los ecosistemas y los sistemas naturales de aprovisionamiento de agua, humedales<sup>6</sup> y reservorios naturales<sup>7</sup> coincidiendo con el aumento del punto de rocío. El **punto de rocío** o temperatura de **rocío** es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, produciendo **rocío**, neblina, cualquier tipo de nube o, en caso de que la temperatura sea lo suficientemente baja, escarcha.

### **Cuenca Del Plata.**

Situada al sudeste del país, comparte la vertiente los departamentos Tarija, Santa Cruz, Chuquisaca y Potosí y las cuencas de este sistema son:

- Cuenca del Alto Paraguay.
- Cuenca del río Pilcomayo.
- Cuenca del río Bermejo.

---

<sup>6</sup> Un **humedal** es una zona de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente. Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

<sup>7</sup> Un reservorio o *embalse*; en hidrografía, una acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.

Se estima que el módulo de flujo de agua a la cuenca del Plata a partir de esta subcuenca es de 707 m<sup>3</sup>/s.

#### 1.1.6. Principales fuentes subterráneas en sudamérica.

Según un estudio publicado<sup>8</sup> las reservas acuíferas a nivel mundial son muy importantes en su volumen almacenado. En Sudamérica se tiene el más grande y el tercero a nivel mundial y está ubicado en la zona de La Plata.

Mapa # 1.4.  
Ubicación del Acuífero Guaraní.



<sup>8</sup> La revista *Nature Geoscience*, estima que el **agua subterránea** puede abarcar hasta un volumen total de 23 millones de [kilómetros cúbicos](#) y se ubica a 2 km bajo la superficie, esa cantidad, es suficiente para aumentar el nivel del mar en 50 metros.

El **Acuífero Guaraní** es un gigantesco reservorio natural (casi en su totalidad subterráneo) de **agua dulce** que se extiende por debajo de la superficie de parte de la Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Se trata de una de las mayores reservas de agua dulce conocidas del planeta Tierra. Y es el tercero más grande del mundo.

#### **1.1.6.1. Principales fuentes de agua subterránea en Bolivia.**

##### **Características de los acuíferos.**

*Sistemas acuíferos.* Existen en la Cuenca acuíferos libres (freáticos), confinados y artesianos. Los acuíferos libres están constituidos por arenas y gravas del cuaternario. Debido a su heterogeneidad, estos sedimentos presentan horizontes arcillosos que originan localmente acuíferos confinados.

En los valles de los ríos San Francisco, Lavayén y Guadalquivir, varias perforaciones pusieron de manifiesto la existencia de acuíferos artesianos. Estos se localizan en general en la base del cuaternario, en el terciario subandino y en formaciones cretácicas para los dos primeros valles, y en el cuaternario terciario para la zona boliviana.

Se investigaron las áreas de recarga y descarga de los acuíferos artesianos en base al análisis de las estructuras geológicas e interpretación de los perfiles de pozos.

##### **Disponibilidad de aguas subterráneas en Bolivia.**

Las aguas subterráneas no siempre son tomadas en cuenta en los planes de manejo de cuencas, lo cual es extraño y nada práctico cuando se conoce que el mayor porcentaje del abastecimiento de agua potable y agua de riego en las zonas rurales y urbanas proviene de acuíferos subterráneos.

La disponibilidad de aguas subterráneas depende de varios factores, como puede ser la naturaleza de las rocas por donde fluyen los acuíferos, es decir, el tipo de roca, ya sean éstas sedimentarias o rocas ígneas efusivas altamente fracturadas. También depende de las condiciones hidrodinámicas y las condiciones de carga y recarga. La calidad de las

aguas subterráneas tiene una relación directa con los volúmenes de precipitaciones de lluvia, así como con el tipo y la composición de las rocas donde se aloja o acumula el agua de lluvia o de deshielos luego de percolar hacia ellas.

Existen varias otras razones por las cuales se deben considerar las aguas subterráneas en todo análisis de gestión de aguas. Una de ellas es que, en muchos casos, las aguas subterráneas y superficiales están interconectadas. Las principales zonas de recarga de los acuíferos son los humedales, los abanicos aluviales u otras zonas con suelos permeables. En la macrocuenca alta del Río de la Plata, estas infiltraciones parecen ser muy importantes<sup>9</sup>. En períodos de torrenteras, el río alimenta el acuífero, mientras que el acuífero descarga al río en épocas de estiaje. Este fenómeno ha sido observado en el Chaco Paraguayo con el acuífero Yrenda-Toba-Tarijeño. En general, en todo el territorio nacional, las zonas de descarga superficiales son cada vez más escasas, debido a que los niveles freáticos están descendiendo y las zonas de recarga están sufriendo alta contaminación. Los bofedales andinos son descargas de aguas subterráneas que no escurren, por lo que, al mantenerse, forman pastizales que son aprovechados por los auquénidos.

Los recursos hídricos subterráneos no han sido aún cuantificados a nivel nacional. Se cuenta con estudios locales muy limitados y su información técnica no está organizada ni nada sistematizada. En 1985, el Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL) desarrolló y publicó el Mapa Hidrogeológico Regional de Bolivia y definió en el país cinco provincias hidrogeológicas que presentan diferencias fundamentales en la conformación litológica y estructural.

#### **1.1.6.1.1. Fuentes subterráneas en la paz.**

Hace más de 12000 años cuando terminaba la era de la última glaciación, el área geográfica que corresponde a la ciudad de La Paz, de acuerdo a información geológica, estaba ocupada por una gran masa de agua, y por algún motivo desconocido esas aguas

---

<sup>9</sup> Roche et al., 1992

comenzaron a retirarse, dando paso a una inmensa hoyada vacía que posteriormente comenzó a formar la actual geografía de la ciudad de La Paz.

Después de aquel acontecimiento geológico, la cuenca debió haber quedado con muchas fuentes de agua que seguramente alimentaban aquel prehistórico lago.

Dada las características geográficas de este lugar, rodeado de cordilleras y montañas nevadas, se sabe que son la fuente de origen de gran parte de los ríos y afluentes que circulan por la hoyada.

Muchos ríos hoy conocidos que circulan la hoyada nacen en estas cordilleras nevadas, que han llevado sus aguas para satisfacer las necesidades de sus pobladores desde tiempos remotos hasta los días de hoy.

Bolivia está entre los 20 países con más recursos hídricos. En la ciudad de La Paz hay 127 manantiales que pueden ser una respuesta al desfase entre la oferta y la demanda; 84 se hallan en algunos de los 140 barrios golpeados por la crisis del agua que estalló en Noviembre de 2016 (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2017).

Figura # 1.3.

Una vertiente de origen subterráneo en la ladera oeste de La Paz.



Fuente: Gobierno Municipal La Paz.

El Instituto de Investigaciones Químicas de la UMSA<sup>10</sup>, explicó que el agua de 18 de esos 84 manantiales situados en el área de restricción fue analizada y la conclusión es que el recurso natural puede ser potabilizado.

La Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS) trata el agua proveniente del deshielo de los glaciares y, fundamentalmente, de las precipitaciones pluviales (705), ya que tiene menos contaminantes y el proceso de potabilización es poco severo. Esas fuentes tienen un caudal de 600 litros por segundo (l/s), a diferencia de los manantiales, de 10 l/seg. el más caudaloso.

Sobre la utilización de las vertientes para paliar el déficit, el director ejecutivo de la AAPS, Víctor Rico, explicó que esa posibilidad no está descartada.

Incluso en la Resolución Administrativa 598/2016, que autoriza el uso de agua de las vertientes para el consumo de los seres humanos, permite a EPSAS apelar a ellas si la emergencia empeora<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> “Analizamos la calidad de agua de las vertientes y es similar al agua potable. Si bien está presente la bacteria escherichia coli (E. coli) que se encuentra en los intestinos de los seres humanos, se puede tratar para emplear esa reserva hídrica y mitigar la escasez”.

<sup>11</sup> Dada la situación que vivió la ciudad de La Paz en Noviembre de 2016, el ingeniero Rico explicó lo siguiente “Logísticamente se tendría que colocar un sistema de captación y otros, con un valor de \$us 12.000 aproximadamente, en cada manantial para captar y potabilizar esas aguas. Por eso, consideramos la alternativa y no está descartada, pero priorizamos la captación de las fuentes que tienen más caudal”.

## **1.2. PROBLEMÁTICA**

### **1.2.1. Análisis del agua en Bolivia.**

Actualmente en Bolivia el 79.2% de la población tiene acceso a agua potable y el 58.5% cuenta con saneamiento básico según informe<sup>12</sup>.

De acuerdo a esta cifras, 2.28 millones de bolivianos carecen de agua potable y unos 4.56 millones de bolivianos no cuentan con saneamiento básico. Estas carencias comprometen la salud integral de las familias provocando casos de malnutrición y diarreas agudas, enfermedad que es responsable de un tercio de todas las muertes infantiles. Según informe estas deficiencias frenan la capacidad de desarrollo de las comunidades pobres en cuanto su productividad e ingresos. En el caso de las ciudades La Paz y El Alto, han tenido una alta tasa de inmigración campo ciudad que hizo que aumente bastante su demanda de agua secando las principales fuentes de agua que son los glaciares de Los Andes y que además ha sufrido cambios por el cambio climático.

### **1.2.2. Fuentes de agua potable.**

Concretamente la Ciudad de La Paz tiene 2 fuentes principales de agua para consumo humano:

De aguas superficiales: Que son ríos y lagunas circundantes a la ciudad y cuyo origen es en gran parte de los glaciares que se encuentran cerca (el Huayna Potosí y otros) y que por procesos naturales de temperatura, presión atmosférica y humedad relativa al deshielarse, fluyen por las laderas y pendientes hasta formar riachuelos y ríos circundantes por la ciudad, que los principales son el Choqueyapu, el Orkojahuirra y el río Irpavi.

Así también provienen de aguas pluviales que caen en la región. Debido al clima seco de la región, la época de lluvias normalmente dura 3 meses (Diciembre, Enero, Febrero) y a veces extendiéndose un poco mas o un poco menos y esas aguas pluviales al irse

---

<sup>12</sup> Avances Hacia el Cumplimiento del Derecho Humano al Agua y al Saneamiento (DHAS) publicado en Octubre de 2014. Ministerio de Medio Ambiente y Aguas (MMAyA) y la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID).

deslizando por las pendientes llegan a ríos y lagunas que alimentan represas y fuentes que sirven para suministrar de agua para consumo humano.

De aguas subterráneas: Debido a las características geológicas e hidrográficas La Paz tiene muchas fuentes de aguas subterráneas (venas, acuíferos y capas freáticas) y cuyo estudio ubica en ciertas áreas y zonas principalmente en las laderas de la ciudad, si bien hay estudios y un moderado uso racional de estas, muchas están siendo contaminadas por la actividad humana principalmente por desechos fecales y otras con metales y sustancias tóxicas. Salvo aquellas fuentes que están siendo captadas adecuadamente para uso industrial y de consumo humano, gran parte están siendo desperdiciadas.

### **1.2.3. El consumo de agua potable.**

La ciudad de La Paz tiene 2 grandes fuentes de abastecimiento de agua potable:

Sistema de Achachicala: Este sistema capta aguas del río Choqueyapu y su planta de tratamiento está en la zona de Achachicala de donde salen las tuberías matrices para distribuir agua potable a la zona central y oeste de la ciudad. Su caudal promedio es 1000 l/s<sup>13</sup>

Sistema de Hampaturi: Ubicada en la ladera este de la ciudad y captan aguas de los deshielos del Huayna Potosí y su planta de tratamiento está en la zona de Pampahasi cuyas matrices distribuyen agua a toda la ladera este y la zona sur de la ciudad. Su caudal es 700 l/s<sup>14</sup>

## **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

Muchos países actualmente ya están invirtiendo mucho dinero en exploración y explotación de pozos acuíferos<sup>15</sup> pensando en que llegara un momento en que pueda

---

<sup>13</sup> Fuente: Documento anual EPSAS.

<sup>14</sup> Documento anual EPSAS.

<sup>15</sup> Actualmente en Bolivia se realiza de escasa y forma poco eficiente.

haber una disminución de la oferta que satisfaga sus demandas para consumo doméstico<sup>16</sup> y para alimentar sus industrias.

En Sudamérica existe mucha heterogeneidad en el tema del recurso hídrico, hay regiones que sufren gran escasez pero no desabastecimiento (ejemplo el norte de Chile); hay regiones que sufren desabastecimiento (gran parte del altiplano boliviano) y así otras regiones de manera estacional (normalmente entre junio y octubre) entonces si hay que comenzar a pensar en buscar fuentes alternativas de este recurso.

Debido a sus características hidrográficas, en la ciudad de La Paz la oferta hídrica a la población proviene de los glaciares circundantes que a un futuro puede afectar en déficit por incremento constante de su demanda y por el calentamiento global que afecte a los glaciares. En la actualidad existe mucho desaprovechamiento del recurso aquí en la ciudad, que aparte de los caudales extraídos de los ríos, existe mucho flujo de agua subterránea el cual podría ayudar a asegurar la oferta hídrica en un futuro no lejano.

Específicamente, la ladera Este de la ciudad posee un sin número de vertientes subterráneas y filtraciones que de haber un buen estudio hidrogeológico se podría canalizar de manera adecuada esos recursos y se daría un mejor uso de ellos en vez de desperdiciarlos contaminándolos o canalizándolos a los alcantarillados. Actualmente son muchos m<sup>3</sup>/día de aguas de vertiente que en este sector de la ciudad son desechadas sin provecho ni beneficio alguno para nadie ya que sus juntas de vecinos juntamente con la alcaldía no han visto una oportunidad en ello sino mas bien un perjuicio para sus predios, porque efectivamente sus construcciones al carecer de estudios adecuados de humedad de los terrenos, han sufrido rajaduras y asta hundimientos de sus casas.

## **1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar un Estudio de Factibilidad para la explotación racional de los recursos hídricos existentes en la ladera Este de la ciudad de La Paz y su aprovechamiento que consiste en

---

<sup>16</sup> Latinoamérica es uno de los continentes con mayor crecimiento demográfico.

realizar procesos de purificación del agua de vertiente del lugar y su posterior comercialización como agua de mesa.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Evaluar los recursos hídricos subterráneos de la ladera este de la ciudad de La Paz.
- b) Realizar un estudio de mercado para agua de mesa en la ciudad de La Paz
- c) Dimensionar el tamaño y establecer la localización de la vertiente y de la planta de potabilización
- d) Analizar las opciones tecnológicas para el procesamiento de agua potable
- e) Elaborar el estudio de ingeniería para la planta de explotación, potabilización y envasado de agua.
- f) Diseñar los programas de producción y planes de gestión
- g) Realizar el estudio económico financiero del proyecto

#### **1.5. JUSTIFICACION.**

Se puede justificar el trabajo bajo 4 tipos o formas:

##### **1.5.1. Justificativo Ambiental:**

Con el calentamiento global y el incesante crecimiento demográfico que tenemos en la ciudad de la paz las actuales autoridades<sup>17</sup> parece que no se han preguntado<sup>18</sup> que va pasar con la creciente demanda de recursos hídricos a un largo plazo.

Si bien es cierto, el calentamiento ha hecho que nuestros glaciares, principal fuente proveedora de agua a la ciudad se vayan derritiendo, aumentando así el riesgo que haya en adelante un principio de escases de agua que afectaría totalmente la vida cotidiana de sus habitantes.

---

<sup>17</sup> Viceministerio del Agua a la cabeza de sus representantes y Empresa Pública de Servicios de Agua (EPSAS).

<sup>18</sup> Suponemos que no se han preguntado ni a un corto plazo hasta la gran crisis del agua en la ciudad de La Paz en Noviembre de 2016, y que posibles repercusiones tenga a futuro.

### **1.5.2. Justificativo Social.**

Si no existe una planificación sostenida para la demanda de agua a largo plazo en la ciudad de La Paz, nuevamente habrá una gran escasez que se hará insostenible ya que la oferta se reducirá tanto al constante derretimiento de los glaciares, que se volverá urgente la exploración de otras fuentes de agua, las que generalmente son subterráneas. Para ello debe realizarse un plan de exploración y explotación de capas freáticas y de aguas a gran profundidad.

### **1.5.3. Justificativo Económico:**

Sin duda afectaría a toda la actividad económica e industrial de la ciudad la carencia de agua. Para ello se debe elaborar proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales que cumplan 2 objetivos:

Tratamiento fisicoquímico para purificación de los residuos industriales.

Tratamiento micro orgánico para purificación de aguas servidas domiciliarias.

### **1.5.4. Justificación académica:**

La formación adquirida a lo largo de la carrera de ingeniería industrial, permite adquirir el conocimiento que armoniza el desarrollo industrial bajo lo aprendido.

- a. **Medioambiente:** Se pretende emplear de manera racional los recursos existentes en el lugar. De manera particular, el proyecto de una planta de agua en el lugar donde se piensa ubicar, haría un uso racional de un recurso que es desperdiciado por la mayoría de los habitantes de ese lugar, además que se puede obtener beneficios por ejecutar el proyecto.
- b. **Estudio de Mercado:** A través de las herramientas estadísticas aprendidas en la carrera, se piensa aplicarlas para medir la demanda en La Paz y la capacidad de oferta del proyecto.
- c. **Métodos:** Para la distribución de procesos y el lay out de la planta.

- d. **Operaciones Unitarias:** para el balance de materia y energético durante el proceso del proyecto así como determinar la cantidad de energía empleada en cada estación de servicio del proceso.
- e. **Costos:** Lograr medir los costos por cada proceso determinado de acuerdo a los insumos empleados.
- f. **Normas de calidad:** Son normas que indican los parámetros de elementos permisibles que debe llevar el producto terminado.
- g. **Control y gestión de la calidad:** Mencionado en normas y un control estadístico de la calidad del producto terminado.
- h. **Preparación y Evaluación de Proyectos:** Desde el estudio de la prefactibilidad, localización e ingeniería del proyecto, así como su determinación de indicadores financieros del proyecto.

## **1.6. ALCANCE DA LA INVESTIGACION.**

De acuerdo a la naturaleza del proyecto, tendría básicamente 2 alcances y sus delimitaciones;

**Geográfico:** Ciudad de La Paz (Ladera este). Lugar donde se ha visto de acuerdo a estudios geológicos mucha agua subterránea y cuyas fuentes de origen pueden estar en las partes altas de donde se cree que el agua se sume y aparece o brota en ciertos lugares de más abajo que es donde se planea realizar el proyecto.

**Temporal:** Años 2017 a 2018. Estos han sido los años donde se han registrado principalmente los datos muestrales para realizar los análisis estadísticos que se muestran para ver la capacidad de producción y oferta del proyecto.

# CAPITULO N° 2

## 2 MARCO TEORICO

### 2.1. HIDROLOGIA.

La hidrología es una rama de la geofísica, es la ciencia que estudia el agua desde el punto de vista de la geología, es decir propiedades, distribución y circulación por los continentes es la hidrología y está muy relacionada con la oceanografía, la meteorología y la geoquímica.

La hidrología estudia especialmente el agua una vez precipitada sobre los continentes y mientras se halla en estos, es decir antes de pasar al océano. Por consiguiente ha de proporcionar métodos para determinar la cantidad de agua almacenada en los glaciares o en forma de nieve; las variaciones de la cantidad de agua almacenada en los lagos; las variaciones de la humedad del suelo; la cantidad de sustancia minerales contenidas y transportadas por las aguas superficiales y subterráneas.

El concepto básico de la hidrología es el ciclo hidrológico o circulación del agua desde los océanos a la atmosfera y los continentes, y de estos nuevamente a los océanos.

Cabe destacarse que la Hidrología es una rama dentro de lo que se conoce como Ciencias de la Tierra o Geo ciencias, que son ciencias naturales que justamente se ocupan de estudiar cuestiones como la estructura, la dinámica, la morfología y la evolución de la tierra, la figura 1 muestra el mapa Hidrológico del mundo y las características del curso del agua en nuestro planeta.

Se denomina hidrografía al estudio de todas las masas de agua de la Tierra y, en sentido más estricto, a la medida, recopilación y representación de los datos relativos al fondo del océano, las costas, las mareas y las corrientes, de manera que se puedan plasmar sobre una carta hidrográfica. No obstante esta diferencia, los términos se utilizarán casi como sinónimos, ya que la parte de la hidrografía que interesa aquí es aquella que crea

relieve, por lo tanto, la que está en contacto con la superficie terrestre, y por eso mismo la que es objeto de un análisis hidrológico.

Mapa # 2.1  
"Mapa Hidrológico del Mundo"



Fuente: Ciencias de la Tierra.

La circulación de las masas de agua en el planeta es responsable del modelado de la corteza terrestre, como queda de manifiesto en el ciclo geográfico. Esa influencia se manifiesta en función de la distribución de las masas de rocas coherentes y deleznales, y de las deformaciones que las han afectado, y son fundamentales en la definición de los diferentes relieves.

Recordemos que un río es una corriente de agua que fluye por un cauce desde las tierras altas a las tierras bajas y vierte en el mar o en una región endorreica (río colector) o a otro río (afluente) y los ríos se organizan en redes. Una cuenca hidrográfica es el área total que vierte sus aguas de escorrentía a un único río, aguas que dependen de las características de la alimentación. Una cuenca de drenaje es la parte de la superficie

terrestre que es drenada por un sistema fluvial unitario. Su perímetro queda delimitado por la divisoria o interfluvio.

Los trazados de los elementos hidrográficos se caracterizan por la adaptación o inadaptación a las estructuras litológicas y tectónicas, pero también la estructura geológica que actúa en el dominio de las redes hidrográficas determinando su estructura y evolución.

El estudio hidrológico, inicia con el análisis morfométrico de la cuenca, que incluye: la delimitación de la cuenca, la medición del área y la longitud, altura máxima y mínima, índice de compacidad, factor de forma, curva hipsométrica, pendiente media, caracterización de la red de drenaje y el perfil altimétrico del cauce principal, entre otros.

### **2.1.1. Definiciones sobre hidrología**

En el transcurso de su desarrollo la hidrología se ha definido de diversas formas, una de las más simples es la que se deriva del análisis etimológico del vocablo, por ello, se tendría: La **hidrología** es la ciencia del agua. Etimológicamente proviene del griego *hidro: agua, logos: estudio*.

En el nivel actual de desarrollo de las actividades humanas y de las ciencias en general no se puede satisfacer con la definición anterior, demasiado simplista e incompleta, por ello se recomienda analizar las siguientes definiciones:

- a) Hidrología es la ciencia que trata de las aguas de la Tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos. El dominio de la hidrología abarca la historia completa de la existencia del agua<sup>19</sup> sobre la tierra

---

<sup>19</sup> U.S. Federal Council for Science and Technology (1962)

- b) Hidrología es la ciencia que trata de los procesos que rigen el agotamiento y la recuperación de los recursos de agua en las áreas continentales de la Tierra y en las diversas fases del ciclo hidrológico.

El estilo de vida al cual nos hemos ido acostumbrando depende, en gran medida, de la disponibilidad de suficiente agua limpia y barata y que, luego de haber sido usada, su eliminación sea segura.

La naturaleza limita la cantidad de agua disponible para nuestro uso. Aunque hay suficiente agua en el planeta, no siempre se encuentra en el lugar y momento adecuados. Además, existen evidencias de que los desechos químicos eliminados de forma inapropiada tiempo atrás están apareciendo actualmente en las fuentes de agua.

Nos enfrentamos, en la actualidad, a unos consumos muy altos, abastecimientos inciertos, y demandas incrementadas de protección contra las inundaciones y la contaminación. Son preocupantes los efectos de la escasez de agua limpia sobre la economía y la salud.

- c) La hidrología se ha desarrollado como ciencia en respuesta a la necesidad de comprender el complejo sistema hídrico de la Tierra y ayudar a solucionar los problemas de agua. Los hidrólogos juegan un papel importante en la búsqueda de soluciones a los problemas del agua y, para los que estudien hidrología, los retos son interesantes.
- d) La **Hidrología** (del griego *hydor-*, agua) es la disciplina científica dedicada al estudio de las aguas de la Tierra, incluyendo su presencia, distribución y circulación a través del ciclo hidrológico, y las interacciones con los seres vivos. También trata de las propiedades químicas y físicas del agua en todas sus fases.

El objetivo primario de la hidrología es el estudio de las interrelaciones entre el agua y su ambiente. Ya que la hidrología se interesa principalmente en el agua localizada cerca

de la superficie del suelo, se interesa particularmente en aquellos componentes del ciclo hidrológico que se presentan esto es, precipitación, evapotranspiración, escorrentía y agua en el suelo. Los diferentes aspectos de estos fenómenos son estudiados en sus varias sub disciplinas. La hidrometeorología, por ejemplo, se concentra en el agua localizada en la capa fronteriza inferior de la atmósfera, mientras que la hidrometría se encarga de las mediciones del agua superficial, especialmente precipitación y flujo de las corrientes. La hidrografía involucra la descripción y la confección de mapas de los grandes cuerpos de agua, tales como lagos, mares interiores y océanos. Por el otro lado, la hidrología del suelo se centra en el agua que se encuentra en la zona saturada debajo de la superficie del suelo, y en la física suelo-agua en la zona no saturada.

La investigación hidrológica es importante para el desarrollo, gestión y control de los recursos de agua. Sus aplicaciones son muchas, incluyendo el desarrollo de sistemas de irrigación, control de inundaciones y erosión de suelos, eliminación y tratamiento de aguas usadas, disminución de la contaminación, uso recreacional del agua, la conservación de los peces y vida silvestre, la generación hidráulica, y el diseño de estructuras hidráulicas.

### **2.1.2. Ciclos del agua.**

El Agua de los lagos, ríos, y especialmente de los océanos y de los mares, calentada por el sol se evapora, es lo que se llama la evaporación. Algunos tipos de vegetación (por ejemplo, la selva) también despiden agua a causa de la evaporación y la transpiración de las plantas por las hojas. Esta agua luego llega a la atmósfera en forma de vapor. El aire caliente y húmedo se eleva. Se enfría a medida que se eleva las gotas de agua se unen para formar nubes, es el efecto de la condensación. Esta agua contenida en las nubes cae en los océanos y continentes cuando llueve y nieva (precipitaciones).

Cerca de los tres cuartos de las precipitaciones caen en los océanos y mares. En este caso el ciclo del agua es muy corto. Cuando el agua cae sobre los continentes, corre o se

infiltra (infiltración o flujo de agua subterránea). Parte de esta agua caída naturalmente se resta a la infiltración gracias a las plantas. El agua infiltrada llega en un tiempo más o menos largo, a un curso de agua. El agua vuelve así hasta los océanos, los lagos, y volverá a emprender otra vez el mismo camino, por lo que es un ciclo que se inicia cada vez.

Sin embargo, parte del agua infiltrada es completamente atrapada por las rocas: forma las aguas subterráneas y es accesible al hombre excavando un pozo. Así se formaron durante la historia geológica de la Tierra, las capas freáticas que contienen el agua fósil.

El agua está presente en tres estados durante el ciclo del agua:

- **Líquido:** en el mar, lagos, ríos, la lluvia ...
- **Sólido:** como el hielo
- **Gas:** en la evaporación (vapor de agua) y la condensación

Un análisis mas detallado del ciclo se muestra en la figura 2.1.

Figura # 2.1  
Ciclo del agua.



Fuente:Definiciones de medio ambiente.

1. **Evaporación:** El agua se evapora en la superficie oceánica, sobre la superficie terrestre y también por los organismos, en el fenómeno de la transpiración en plantas y sudoración en animales. Los seres vivos, especialmente las plantas, contribuyen con un 10% al agua que se incorpora a la atmósfera.
2. **Condensación:** El agua en forma de vapor sube y se condensa formando las nubes, constituidas por agua en pequeñas gotas.
3. **Precipitación:** Se produce cuando las gotas de agua que forman las nubes se enfrían acelerándose la condensación y uniéndose las gotitas de agua para formar gotas mayores que terminan por precipitarse a la superficie terrestre en razón a su mayor peso. La precipitación puede ser sólida (nieve o granizo) o líquida (lluvia).
4. **Infiltración:** Ocurre cuando el agua que alcanza el suelo, penetra a través de sus poros y pasa a ser subterránea. La proporción de agua que se infiltra y la que circula en superficie (escorrentía) depende de la permeabilidad de las rocas, de la pendiente y de la cobertura vegetal. Parte del agua infiltrada vuelve a la atmósfera por evaporación o, más aún, por la transpiración de las plantas, que la extraen con sus raíces. Otra parte se incorpora a los acuíferos, niveles que contienen agua estancada o circulante. Parte del agua subterránea alcanza la superficie allí donde los acuíferos aparecen en la superficie del terreno formando fuentes naturales, pozos, o manantiales.
5. **Escorrentía:** Este término se refiere a los diversos medios por los que el agua líquida se desliza cuesta abajo por la superficie del terreno. En la mayoría de los climas y sobre todo en los llamados desérticos, la escorrentía es el principal agente geológico de erosión y de transporte de sedimentos.

La figura 2.2. Muestra el recurso hidrológico natural de Bolivia que en su gran mayoría se encuentran en pisos ecológicos menores a 3000 msnm.

Las personas interfieren el ciclo del agua para sus propias necesidades. El agua es desviada temporalmente de una parte del ciclo, ya sea extrayéndola del suelo o tomándola de un río o lago. Esa agua es usada para diversas actividades en el hogar, los negocios y en las industrias; para el transporte de los desechos a través de las cloacas; para la irrigación de fincas y plazas; y para la producción de energía eléctrica.

Figura # 2.2.  
"Recursos Naturales en Bolivia"



Fuente: Geografía y recursos naturales.

Luego de ser usada, el agua es regresada a otra parte del ciclo: descargada, quizás, aguas abajo o dejada a que se infiltre en el suelo. Normalmente, el agua usada es de menor calidad, incluso luego de ser tratada, lo cual ocasiona problemas a los usuarios aguas abajo.

Los problemas del recurso agua también son estudiados por los meteorólogos, oceanógrafos, geólogos, químicos, biólogos, economistas, politólogos, especialistas en matemáticas aplicadas e informática, e ingenieros de varios campos.

## 2.2. HIDROGEOLOGIA :AGUAS ALMACENADAS

La hidrogeología o hidrología subterránea es, la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, sus formas de yacimiento, difusión, movimiento, régimen y reservas, interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación.

El **agua subterránea** representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los **acuíferos** bajo la superficie de la Tierra. El volumen del agua subterránea es mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar un millón o más de kilómetros cuadrados como el Acuífero Guaraní.

Figura 2.3.

Afloramiento de agua subterránea en un pozo



Fuente: Geografía y recursos naturales

El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece a una tercera parte de la población mundial,<sup>1</sup> pero de difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a

la sobreexplotación. El agua subterránea es parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hasta llegar al material rocoso que está saturado de agua. El agua subterránea se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados (debido a la gravedad) y eventualmente llegan a los arroyos, los lagos y los océanos.

La mayoría de las ciudades satisfacen sus necesidades de agua extrayéndola del río, lago o embalse más próximo. Los hidrólogos recogen y analizan los datos necesarios para predecir cuánta agua se dispone de las fuentes locales y si será suficiente para satisfacer las necesidades futuras proyectadas.

La gestión de los embalses puede ser muy compleja ya que, generalmente, tienen propósitos diversos. Los embalses aumentan la confiabilidad de los abastecimientos locales de agua. Se usan mapas topográficos y fotografías aéreas para determinar hasta donde llegarán los niveles del embalse y así calcular las profundidades y la capacidad de almacenamiento.

**La decisión de la cantidad de agua liberar y cuanto almacenar depende de la época del año, las predicciones de flujo para los próximos meses,** y las necesidades de los regantes y las ciudades al igual que las de los usuarios aguas abajo que dependen del embalse. También se usa el embalse para recreación o para la generación de energía hidroeléctrica, hay que tener en cuenta sus requerimientos, reúnen las informaciones necesarias y corre un modelo informático con ellas para tratar de predecir los resultados bajo varias estrategias de operación.

Los posibles usos de las aguas superficiales (nadar, beber, industrial) a veces están restringidos debido a la contaminación; esta puede ser solamente un inconveniente visual, o también puede ser una amenaza invisible, aunque letal, para la salud de las personas, plantas y animales.

**Circulación subterránea:** El **agua subterránea** es una parte importante de toda el agua que hay en los continentes, y se encuentra en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra.

El volumen del agua subterránea es mucho más grande que el de agua retenida en lagos o que circula por los ríos y arroyos. Las masas más extensas pueden alcanzar millones de kilómetros cuadrados. El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece a una tercera parte de la población mundial, pero se contamina con facilidad y actualmente está explotada en exceso en muchas zonas.

### 2.2.1. Acuífero

Un **acuífero** es aquella masa de rocas permeables que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas. Las rocas almacén pueden ser de materiales muy variados como gravas de río, limo, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, arenas de playa, formaciones volcánicas, depósitos de dunas e incluso ciertos tipos de arcilla. El nivel superior del agua subterránea se denomina nivel freático, y en el caso de un acuífero libre, corresponde al nivel freático, su esquema se muestra en la figura 2.4.

Figura.2.4.  
Esquema de un acuífero a.

Fuente: Medio ambiente e hidrología.



-  Acuífero de alta permeabilidad
-  Nivel estratigráfico permeable
-  Lecho de roca impermeable
-  Flujo de las aguas subterráneas

### **Estructura de un acuífero.**

Un acuífero es un terreno rocoso permeable dispuesto bajo la superficie, en donde se acumula y por donde circula el agua subterránea.

- **Una zona de saturación**, que es la situada encima de la capa impermeable, donde el agua rellena completamente los poros de las rocas. El límite superior de esta zona, que lo separa de la zona vadosa o de aireación, es el nivel freático y varía según las circunstancias: descendiendo en épocas secas, cuando el acuífero no se recarga o lo hace a un ritmo más lento que su descarga; y ascendiendo, en épocas húmedas.
- **Una zona de aireación o vadosa**, es el espacio comprendido entre el nivel freático y la superficie, donde no todos los poros están llenos de agua.

Cuando la roca permeable donde se acumula el agua se localiza entre dos capas impermeables, que puede tener forma de U o no, vemos que era un acuífero cautivo o confinado. En este caso, el agua se encuentra sometida a una presión mayor que la atmosférica, y si se perfora la capa superior o exterior del terreno, fluye como un surtidor, tipo pozo artesiano.

### **Tipos de acuíferos.**

Se muestra los tipos de acuíferos que normalmente se pueden dar de acuerdo al esquema de la figura 3.3.

Figura 2.5.  
Esquema de un acuífero.



- a. *río o lago*, en este caso es la fuente de recarga de ambos acuíferos.
- b. *suelo poroso no saturado*.
- c. *suelo poroso saturado*, en el cual existe una camada de terreno impermeable, formado, por ejemplo arcilla, este estrato impermeable confina el acuífero a cotas inferiores.
- d. *suelo impermeable*.
- e. *acuífero no confinado*.
- f. *Manantial*.
- g. pozo que capta agua del acuífero no confinado.
- h. *pozo* que alcanza el **acuífero confinado**, frecuentemente el agua brota como en un surtidor o fuente, llamado pozo artesiano.

### **Recarga de los acuíferos.**

El agua del suelo se renueva en general por procesos activos de **recarga** desde la superficie. La renovación se produce lentamente cuando la comparamos con la de los depósitos superficiales, como los lagos, y los cursos de agua. El tiempo de residencia (el periodo necesario para renovar por completo un depósito a su tasa de renovación normal) es muy largo. En algunos casos la renovación está interrumpida por la impermeabilidad de las formaciones geológicas superiores (acuitardos), o por circunstancias climáticas sobrevenidas de aridez.

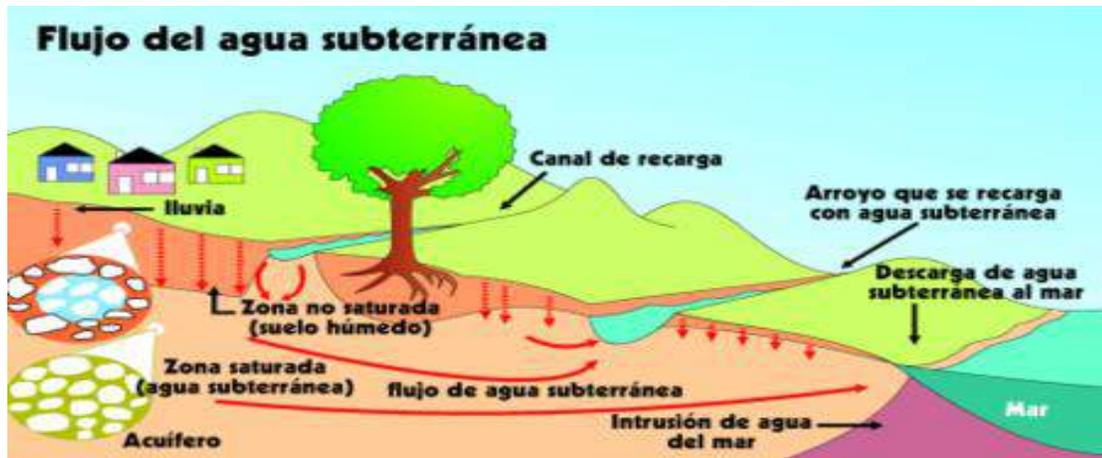
En ciertos casos se habla de acuíferos fósiles, estos son bolsones de agua subterránea, formados en épocas geológicas pasadas, y que, a causa de variaciones climáticas ya no tienen actualmente recarga.

El agua de las precipitaciones (lluvia, nieve,...) puede tener distintos destinos una vez alcanza el suelo. Se reparte en tres fracciones. Se llama escorrentía a la parte que se desliza por la superficie del terreno, primero como arroyada difusa y luego como agua encauzada, formando arroyos y ríos. Otra parte del agua se evapora desde las capas superficiales del suelo o pasa a la atmósfera con la transpiración de los organismos, especialmente las plantas; nos referimos a esta parte como evapotranspiración. Por último, otra parte se infiltra en el terreno y pasa a ser agua subterránea.

La proporción de infiltración respecto al total de las precipitaciones depende de varios factores:

- **La litología** (la naturaleza del material geológico que aflora a la superficie) influye a través de su permeabilidad, la cual depende de la porosidad, del agrietamiento y de la mineralogía del sustrato, los minerales arcillosos se hidratan fácilmente, hinchándose siempre en algún grado, lo que da lugar a una reducción de la porosidad que termina por hacer al sustrato impermeable.
- Otro factor desfavorable para la infiltración es una **pendiente marcada**.
- La presencia de **vegetación densa** influye de forma compleja, porque reduce el agua que llega al suelo (interceptación), pero extiende en el tiempo el efecto de las precipitaciones, desprendiendo poco a poco el agua que moja el follaje, reduciendo así la fracción de escorrentía y aumentando la de infiltración. Otro efecto favorable de la vegetación tiene que ver con las raíces, especialmente las raíces densas y superficiales de muchas plantas herbáceas, y con la formación de suelo, generalmente más permeable que la mayoría de las rocas frescas. Esta rotación de agua se muestra en la figura 2.6.

Figura 2.6.



Fuente: Medio-ambiente e hidrología.

La velocidad a la que el agua se mueve depende del volumen de los intersticios (porosidad) y del grado de intercomunicación entre ellos. Los dos principales parámetros de que depende la permeabilidad. Los acuíferos suelen ser materiales sedimentarios de grano relativamente grueso (gravas, arenas, limos, etc.). Si los poros son suficientemente amplios, una parte del agua circula libremente a través de ellos impulsada por la gravedad, pero otra queda fijada por las fuerzas de la capilaridad y otras motivadas por interacciones entre ella y las moléculas minerales.

En algunas situaciones especiales se ha logrado la **recarga artificial** de los acuíferos, pero este no es un procedimiento generalizado, y no siempre es posible. Antes de poder plantearse la conveniencia de proponer la recarga artificial de un acuífero es necesario tener un conocimiento muy profundo y detallado de la hidrogeología de la región donde se encuentra el acuífero en cuestión por un lado y por otro disponer del volumen de agua necesario para tal operación.

### Tránsito de los acuíferos.

Uno de ellos es el flujo hipodérmico o "interflujo" es aquel que circula de modo somero y rápido por ciertas formaciones permeables de escasa profundidad, por lo general,

ligada a álveos fluviales (acuíferos subálveos); que proceden de una rápida infiltración, una alta velocidad de transmisión (conductividad hidráulica), y un retorno hacia el cauce superficial. Por lo que estos flujos más intervienen en el balance neto de las aguas superficiales (o de escorrentía superficial) que en las aguas subterráneas donde sólo interviene como balance transitorio. De este modo, estos flujos suelen ir ligados al propio flujo en el río, dándose a veces al río el nombre de cauce intermitente, ya que lo que se observa en el río es que este tiene tramos con agua y tramos secos.

Como medio transitorio, también puede citarse el flujo ligado a hábitats húmedos, tipo criptohumedal, donde el agua, por debajo del circuito hipodérmico, ya circula propiamente por la zona saturada de un acuífero, y pertenece, por tanto, al balance neto de las aguas subterráneas, en diferencia al interflujo, de balance de escorrentía superficial. Este tránsito favorece el mantenimiento de las plantas denominadas "freatófilas", que son capaces de succionar las capas saturadas más someras de los acuíferos, como agua extra a la captada del suelo del exterior.

Es una creencia común que el agua subterránea llena cavidades y circula por galerías. Sin embargo, no siempre es así, pues puede encontrarse ocupando los intersticios (poros y grietas) del suelo, del sustrato rocoso o del sedimento sin consolidar, los cuales la contienen como una esponja. La única excepción significativa la ofrecen las rocas solubles, como las calizas y los yesos, susceptibles de sufrir el proceso llamado karstificación, en el que el agua excava simas, cavernas y otras vías de circulación, modelo que más se ajusta a la creencia popular.

### **2.3. CALIDAD DEL AGUA EN LA FUENTE**

La calidad del agua debe ser evaluada antes de la construcción del sistema de abastecimiento. El agua en la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites recomendados, el agua deberá ser tratada

antes de su consumo. Además de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan rechazar el consumo.

Se define como agua potable aquella que cumple con los requerimientos de las normas y reglamentos internacionales sobre calidad del agua para consumo humano y que básicamente atiende a los siguientes requisitos:

- libre de microorganismos que causan enfermedades.
- libre de compuestos nocivos a la salud.
- aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor.
- sin compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.

La siguiente tabla 2.1 nos da una relación sobre la contaminación y patógenos que pueden estar en el agua como fuente.

Las enfermedades relacionadas con el agua son una de las mayores causas de enfermedad y mortalidad, que afecta sobre todo a las personas con menores recursos económicos de los países en vías de desarrollo.

El agua contaminada causa una serie de enfermedades que pueden resultar mortales. Si bien las enfermedades relacionadas con el agua varían considerablemente en cuanto a su naturaleza, transmisión, efectos y tratamiento, los efectos adversos para la salud relacionados con el agua pueden organizarse en diferentes categorías: enfermedades transmitidas por el agua, incluidas las causadas por organismos fecales-orales y las causadas por sustancias tóxicas; las enfermedades con base en el agua, las enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua y las enfermedades vinculadas a la escasez de agua (también denominadas enfermedades vinculadas a la falta de higiene).

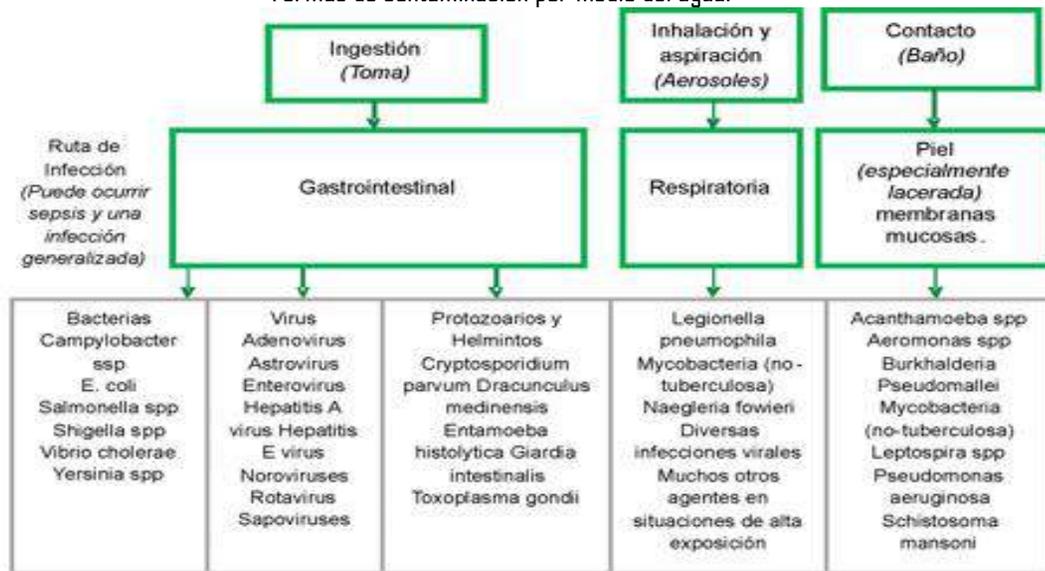
- Enfermedades microbiológicas transmitidas por el agua: son las enfermedades causadas por organismos patógenos presentes en el agua y que ingresan al organismo por la boca. Están relacionadas a la contaminación con excretas humanas. Se caracterizan por ser fácilmente transmisibles por otros medios como ser las manos o los alimentos. En esta

categoría se encuentran la fiebre tifoidea, cólera, disentería amebiana, disentería bacilar, gastritis y gastroenteritis.

Enfermedades transmitidas por contacto con el agua: producidas por microorganismos patógenos que ingresan al cuerpo humano a través de la piel.

Tabla N°2.1.

Formas de contaminación por medio del agua.



Fuente: World Health Organization.

### 2.3.1. Límites de tolerancia de la calidad del agua.

El agua para consumo humano debe cumplir los estándares de calidad establecidos por las normas vigentes de cada país.

Las “Guías para la Calidad del Agua de Consumo Humano” de la Organización Mundial de Salud establecen las recomendaciones de los valores límites para los diferentes contaminantes que pueden ser encontrados en el agua de consumo humano.

Algunos de los valores guía, recomendados por la OMS se refieren a los siguientes aspectos:

- Valores guía para verificación de la calidad microbiana
- Valores guía para elementos químicos de importancia a la salud presentes naturalmente en el agua potable

- Valores guía para elementos químicos provenientes de fuentes industriales o residenciales de importancia a la salud en el agua potable
- Valores guía para elementos químicos provenientes de actividades agrícolas de importancia a la salud en el agua potable
- Valores guía para elementos químicos utilizados en el tratamiento del agua de importancia a la salud en el agua potable

Al referirse a la calidad microbiana, se indica:

La Escherichia coli es un tipo de bacteria que se encuentra comúnmente en los intestinos de animales y seres humanos. La presencia de E. coli en el agua es una fuerte indicación de la contaminación de residuos de animales o aguas residuales.

Tabla Nº 2.2.  
Microorganismos de mayor frecuencia en el agua

MICROORGANISMO	Unidad de medida	Temperatura
Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 ml	35°C
E. Coli termotolerantes	UFC/100 ml	44,5°C
Bacterias Fecales.	UFC/100 ml	44,5°C

Fuente: World Health Organization.

Los suministros de agua pública en general se desinfectan con cloro, ozono, o algún otro proceso.

### 2.3.2. Protección de las fuentes.

La protección de fuentes de agua o nacimientos es un conjunto de prácticas que se aplican para mejorar las condiciones de producción de agua, en calidad y cantidad, reducir o eliminar las posibilidades de contaminación y optimizar las condiciones de uso y manejo.

Estas prácticas pueden ser:

- En el área de recogimiento de la fuente. Para aumentar la infiltración de agua en el suelo, recargar la capa freática que la sostiene y evitar la contaminación.
- En el afloramiento del agua. Para mejorar la captación y eliminar la contaminación local.

En el uso y manejo del agua. Para evitar los desperdicios y la contaminación, tanto local como aguas abajo.

### **2.3.3. Formas de contaminación de agua.**

Los contaminantes tienen un impacto significativo en los problemas de calidad del agua, sin embargo, normalmente son de difícil definición y cuantificación, por ese motivo muchas veces los programas de control no las tienen en consideración adecuadamente.

Las formas de contaminación del agua se dividen en dos tipos:

- A. Puntuales.
- B. No puntuales.

#### **A. *Formas puntuales***

Son las descargas en puntos definidos, como las descargas de emisores de desagües, industrias, etc. Los desagües domésticos presentan una gran cantidad de contaminantes que pueden provocar daños al ambiente, por ese motivo deben ser tratados antes de su disposición final.

#### **B. *Formas no puntuales***

La contaminación no puntual está asociada a las aguas de lluvia, deshielo, percolación, etc. La contaminación difusa es la que está asociada a fuentes no puntuales. A medida que la lluvia cae, acarrea contaminantes naturales o producidos por el hombre.

Tales contaminantes pueden ser:

- Exceso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas, provenientes de usos agrícolas o domésticos;
- Aceites, grasas y contaminantes tóxicos transportados por el arrastre de agua de lluvia en zonas urbanas;
- Sedimentos provenientes de construcciones, zonas agrícolas o erosión;
- Drenaje ácido de minas abandonadas;
- Materia orgánica y microorganismos provenientes de zonas de ganadería;
- Arrastre de basura;

- Contaminantes en la atmósfera (material en partículas y otros compuestos); entre otros.

#### **2.3.4. Prácticas de protección de fuentes.**

Para la prevención de la contaminación de las fuentes, se debe dar atención especial a las medidas para controlar la contaminación puntual y no puntual, tal como se señala a continuación:

##### **A. Prevención de la contaminación por actividades agrícolas**

- Gestión de los residuos sólidos animales para evitar la contaminación del agua superficial y subterránea.
- Reducción del uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes.
- Eliminar el uso de pesticidas de elevada toxicidad, dando prioridad al uso de productos de origen biológico menos contaminantes.
- Reducción de la erosión a través del empleo de prácticas conservativas.
- Disposición adecuada de los envases de pesticida, contenedores, agua de limpieza, etc.

##### **B. Prevención de la contaminación por arrastre de agua de lluvia en zonas urbanas**

- Disponer de un sistema de recolección adecuada y oportuna de basura.
- Mantener calles y patios de las casas libres de basura, hojas, botellas.
- Evitar la defecación en zonas abiertas y sujetas a arrastre. Disposición adecuada de heces.
- Disponer adecuadamente restos de pintura, aceite usado, productos químicos domésticos, etc., nunca echar a la calle o a los desagües.
- Los aceites usados deben ser recolectados; de ninguna manera esos productos deben ser descargados en los desagües o en las calles.
- Controlar zonas de erosión con adecuada protección.

- Adecuada operación y limpieza de tanques sépticos.
- Utilizar detergentes con bajo contenido de fósforo, para reducir la cantidad de nutrientes descargada en lagos y ríos.

#### C. Prevención de **la contaminación por actividades mineras**

- Con relación a las actividades industriales o mineras, es necesario evaluar previamente a su implantación los impactos ambientales que pueden ser generados a lo largo de su operación, previéndose las medidas mitigadoras correspondientes, tales como el tratamiento de las aguas residuales generadas, la disposición adecuada de los residuos sólidos, el reciclaje de aguas, la recuperación de sustancias químicas, etc.

### **2.4. MÉTODOS DE AFORO**

Es necesario medir la cantidad de agua de las fuentes, para saber la cantidad para la población que puede alcanzar. El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua. El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura. Lo ideal sería que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses de estiaje (los meses secos) y de lluvias, para conocer caudales mínimos y máximos.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos en zonas rurales son los métodos volumétrico y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta con un máximo de 10 lts/seg. y el segundo para caudales mayores a 10 lts./seg.

#### 1. *Método volumétrico*

El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en lts/seg.

## 2. *Método de velocidad – área*

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre de la fuente tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme.

Se toma un trecho de la corriente; se mide el área de la sección; se lanza un cuerpo que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. El resultado de la velocidad se ajusta a un factor de 0.8 a 0.9, factor obtenido experimentalmente.

## 3. *Método de vertedero y canaletas*

Aforo con vertedero es otro método de medición de caudal, útil en caudales pequeños.

Se interrumpe el flujo del agua en la canaleta y se produce una depresión del nivel, se mide el tamaño de la lámina de agua y su altura. El agua cae por un vertedero durante cierto tiempo, se mide la altura de la lámina y se calcula la cantidad de agua que se vertió en ese tiempo.

**Por el volumen del flujo de agua se ha elegido el *método volumétrico* para la medición de caudales de la poza.**

### **Métodos y Formulas empleadas en el proyecto.**

Para el siguiente capítulo se menciona la teoría de mercado a aplicarse en el proyecto, así como el muestreo realizado de la encuesta de Hogares 2017.

**Modelo de Mercado:** Mercado competitivo donde hay muchos productores y consumidores de un mismo bien o servicio.

**Muestreo Aleatorio:** Cuando se toma una muestra de elementos elegido aleatoriamente de una población o universo finito.

**Muestreo Sistemático:** Cuando a través de una fórmula se extrae una constante aleatoria de un universo determinado.

**Modelos de Regresión:** Modelo que presenta una variable explicativa (X) y otra variable por explicar (Y) a través de una ecuación matemática que puede ser lineal como no lineal expresada en general como:

$$Y = f(X).$$

**Formulas empleadas:**

**Tamaño muestral:** Numero de muestras determinadas por el tamaño de una población, su distribución normal, sus probabilidades de éxito o fracaso y el error de la muestra:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * N - 1 + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

**Numero aleatorio:** Numero de encuesta elegido en una población de datos de forma aleatoria, a partir de una constante k.

$$N_i = nr + k * (n - 1).$$

En el capítulo 5 se habla de las tecnologías para el procesamiento de agua potable, sus teorías, características y métodos específicos en esos procesos.

# CAPITULO N<sup>a</sup> 3

## 3 ESTUDIO DE MERCADO

**Bajo** un sistema de las economías de libre oferta y demanda, que son denominadas economías de mercado, cada bien o servicio tiene su propio mercado, a continuación se hará un estudio del mercado del agua de mesa.

### 3.1 ESTUDIO DE LA DEMANDA

La demanda de agua parte del consumo general de agua por habitante, y es heterogénea por las siguientes razones:

Por razones geográficas: Hay lugares que por razones de clima, abundancia o escasez del recurso, tienen diferentes niveles de consumo de agua y que puede ser a nivel mundial, continental o incluso regional.

Por razón estacional: El consumo de agua en un mismo lugar difiere en el tiempo, si consideramos en un periodo anual, el consumo varia, como es lógico incrementa en estaciones cálidas y disminuye en estaciones frías.

#### 3.1.1. Consumo general de agua.

Por razones explicadas línea arriba, en Bolivia también existe un consumo diferenciado por razones geográficas; en la zona oriental de Bolivia que debido a su clima cálido, el consumo percapita de agua diario llega a 250 litros<sup>20</sup>, mientras que en la zona occidental caracterizado por un clima frio y seco el consumo percápita es mucho menor siendo un promedio de 85 l/dia<sup>21</sup>.

Detalle de consumo:

Elaborando una tabla de consumo diario percápita de agua, que se tiene en La Paz:

---

<sup>20</sup> Fuente La Razón fecha de publicación 26/10/15.

<sup>21</sup> Idem.....

Tabla N°3.1  
Detalle de consumo diario percapita de agua

Detalle	Consumo en litros
Cepillado de dientes, lavado de manos y relacionados	7
Ducha	35
Inodoro	30
Bebida de agua	2
Cocina	1
Otros	10
<b>Total:</b>	<b>85</b>

Fuente: Elaboración propia en base a fuente La Razón.

### 3.1.2 Consumo de agua de mesa.

Beber agua para las personas se está haciendo mas sofisticado, cada vez se consume agua mas elaborada es decir agua industrializada para el consumo humano, por ello se presenta el consumo de agua de mesa del siguiente cuadro expresada exclusivamente para la ciudad de La Paz:

#### 3.1.2.1 Demanda de agua de mesa para el proyecto.

##### Información poblacional.

De acuerdo a las proyecciones de la población de la ciudad de La Paz (Secretaria Municipal La Paz), se tiene los habitantes por macrodistrito.

Tabla N° 3.2  
Población paceña en 2016 por Macrodistrito.

Macrodistrito	Población 2016	Porcentaje 100%
Centro	74284	08.03
Cotahuma	179037	19.35
Max paredes	190546	31.40
Periférica	183732	19.85
San Antonio	134891	14.58
Sur	147485	15.94
Otras	15401	1.66
<b>TOTAL</b>	<b>925376</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Secretaria Municipal La Paz.

Del 100% de la población paceña, el macrodistrito de San Antonio<sup>22</sup> le corresponde el 14.58% del estrato poblacional, por lo tanto es el porcentaje del número de muestra que le corresponde de la “Encuesta Nacional de Hogares” EH2017<sup>23</sup> a la muestra del correspondiente estrato de análisis.

Muchas personas están consumiendo cada vez mas agua de mesa, pero por razones que hoy se están volviendo moda, costumbre y además por recomendaciones médicas y de bienestar humano.

De acuerdo a todos los datos brindados por la fuente EH2017, tienen como variables la cantidad demandada de agua de mesa y el ingreso.

De acuerdo a la fuente, es la primera vez que en esta encuesta, se toma en cuenta la pregunta relacionada al consumo de agua de mesa que tienen las personas, en la sección correspondiente, de bebidas tradicionales (gaseosas, jugos).

Con el paso del tiempo, el agua procesada se está volviendo cada vez en el consumidor como un producto importante en su dieta.

Por eso la EH2017 ha decidido por primera vez incluir la pregunta referida al consumo de agua de mesa.

### **3.1.2.2. Modelo de regresión**

De acuerdo a la Encuesta de Hogares 2017 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, 2017), se toma los datos del consumo de agua de mesa realizada en la ciudad de La Paz.

De 2540 encuestados en la ciudad de La paz, 477 afirman consumir agua de mesa, por lo que:

---

<sup>22</sup> Se ha elegido este macrodistrito por ser el lugar de ubicación de la planta.

<sup>23</sup> Encuesta Nacional 2017 es un documento publicado por el INE.

Tabla Nº 3.3  
 Numero de encuestas y consumidores de agua en La Paz

Hogares encuestados	Consumidores de agua de mesa
2540	477

Porcentaje de los que consumen agua de mesa:

$$\text{Consumidores/Encuestados} = 18,78\%$$

Esta es la proporción de consumidores de agua de mesa entre el número de personas de hogares encuestados de la muestra realizada.

**Proporción de muestras de la Encuesta de Hogares.**

Si tomamos la proporción de población que vive en el macrodistrito San Antonio (14.58%), se puede aplicar a la muestra de 2540 personas de la encuesta.

Y así se estima la proporción de la muestra que corresponde a San Antonio.

$$\text{Muestra del macrodistrito SA} = 370,33$$

Al macrodistrito de San Antonio le corresponde 370 personas de la encuesta, y de acuerdo a los parámetros muestrales se ha calculado que un 18.78% consumen agua de mesa. Con ese parámetro se selecciona en número

Formula del tamaño de muestra de n:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * N - 1 + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

**Siendo las variables:**

- N: Número de personas encuestadas en el macrodistrito.
- Z: Distribución normal a un  $\alpha$  de 5%
- p: Probabilidad de los que consumen agua.
- q: probabilidad de los que no consumen agua.
- d: error con que se realiza la muestra.

Tomando datos de la encuesta de referencia, se tiene:

N=370.  
Z=1.96  
P= 0.1878  
q=0.8122  
d=0.1

Valor de n será:

n= 51

Redondeo superior significa que con 51 datos se puede seleccionar de la base de datos de la muestra aplicando un método sistemático.

### **Regresión del Modelo.**

Debido a que en el año 2017 en que se ha realizado la encuesta del hogar se incluye por primera vez la pregunta en la sección (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, 2017) “*Gastos del Hogar, Parte A, pregunta 11*” acerca del consumo de aguas de mesa. No se puede realizar una serie de tiempo ni un pronóstico de demanda en el tiempo, por lo que se ha decidido relacionar la cantidad de demanda de agua de mesa con otra variable microeconómica.

### **Cantidad demandada en función del ingreso del consumidor.**

Bajo el concepto de teoría de la demanda (Pindyck, 1995); se ha relacionado el consumo de agua de mesa con el ingreso de las personas como un bien normal, es decir a medida que aumente el ingreso del consumidor, aumenta su consumo de agua de mesa.

### **Función de demanda:**

Los modelos de regresión que a continuación se presenta, tienen que la cantidad demandada de agua de mesa por persona (q) está en función del ingreso de las personas (I).

q: Cantidad demandada de agua de mesa per cápita.

I: Nivel de ingreso del consumidor.

$$q = f(I);$$

Los datos de ambas variables están en el **anexo 1**. Extraídos de la encuesta de hogares 2017.

### **Características de la Encuesta de Hogares 2017.**

Los resultados disponibles de la Encuesta al público, solo se presentan en formato digital y no físico, para lo cual hay que descargar de la página del INE por medio del programa SPSS.

De acuerdo a los datos de la EH2017, se realiza dos procedimientos:

- Descargar en Excel la boleta de la encuesta.
- Descargar en SPSS los resultados virtuales de la encuesta.
- Buscar en la base la sección Gastos Alimentarios.

Todos los datos están en una gran base de datos donde hay que sustraer la información por código de departamento, para La paz el código es 2 y de la ciudad sub código 1.

Una vez seleccionado la búsqueda por estos criterios esta gran base de datos no distingue ni la zona ni el macrodistrito del registro de información.

### **Forma de seleccionar la información.**

Se ha recurrido al muestreo sistemático para seleccionar aquellas encuestas que van a correr en la función de regresión.

### **Muestreo Aleatorio Sistemático.**

Se obtiene como cociente a través de la muestra:

$$k = N/n;$$

donde:

N: Es el tamaño de la población de la muestra de EH2017.

n: Es el tamaño de la muestra obtenida líneas arriba.

k: Constante aritmética que suma a partir del valor aleatorio elegido

### **Nº Aleatorio**

- Número elegido por la máquina para el muestreo sistemático.
- La primera muestra corresponde a la numero 43.
- Fue el primer valor que obtuvo la máquina y por lo que:

Obtención de k:

$$\begin{aligned} N &= 2540 \\ n &= 51 \\ k &= 49,8039216 \\ &= 43 + k * (51-1) \\ N' &= 2533 \end{aligned}$$

- Con la fórmula del muestreo sistemático se selecciona aquellos registros de la base de datos y se ve si el encuestado consume agua de mesa o no (**anexo N°1**).
- Una vez seleccionados los registros de los que consumen agua de mesa, se toman los valores de las 2 variables de estudio.
- En la siguiente tabla se registra el número de folio de la base de datos de la encuesta donde además se extrae la cantidad consumida de agua de mesa y el ingreso mensual de la persona.
- Para registrar la cantidad consumida de agua de mesa se la vuelve mensual multiplicando la cantidad declarada del consumidor por la frecuencia de consumo.

Tabla N° 3.4

Datos de la Encuesta de Hogares 2017.

n° folio	Q(litros)	Ingreso pc(Bs)
10754	8	4906,66
27109	20	3833,33
36893	4	700,00
39043	40	5416,58
52770	20	6179,40
60390	20	1696,00
64584	20	3000,00
88998	8	4200,00

- Después se regresa el modelo.
- Los datos que alimentan el modelo están registrados mensualmente.

A continuación se presentan las regresiones con los datos brindados arriba.

Con estos datos se ha planteado 5 modelos de regresión econométricos:

- Lineal
- Logarítmico
- Cuadrático
- Potencial
- Exponencial

Se han estimado proyecciones con el ingreso percapita para pronosticar el consumo de agua, donde el modelo funciona bajo los siguientes variables:

- Ingreso pc (**I**) es el ingreso personal mensual de las muestras seleccionadas en la encuesta.
- Cantidad demandada (**q**) es la cantidad de agua de mesa que una persona puede demandar cada mes.

A través de los modelos mencionados, se han encontrado los parámetros de cada ecuación de regresión:

Tabla Nº 3.5.

Ecuación	Estimaciones de los parámetros		
	Constante	b1	b2
Lineal	7,853	,003	
Logarítmica	-39,012	7,019	
Cuadrático	6,781	,003	-,000000127
Potencia	,144	,570	
Exponencial	7,022	,00018	

Fuente: Tabla extraída del programa SPSS.

A continuación se presenta en la tabla # 3.6 las ecuaciones de regresión para cada modelo:

Tabla Nº 3.6.

**Modelos de regresión de la demanda mensual pc de agua de mesa**

MODELO DE REGRESION	ECUACION DE REGRESION $q = f(I \text{ pc})$
Lineal	$Q = 7.853 + 0.003 * I$
Logarítmico	$\ln Q = -39.012 + 7.019 * I$ $q = 1,148E-17 * I^{7.02}$
Cuadrático	$Q = 6.781 + 0.003 * I - 0.000000127 * I^2$
Potencial	$Q = 0.144 * I^{0.57}$
Exponencial	$Q = 7.022 * e^{(0.00018 * I)}$

**Modelo Lineal:** La ecuación de regresión del modelo lineal dice que la cantidad pc es igual a un parámetro constante de 7.85 mas su coeficiente de regresión de la función es 0.003 por el ingreso pc.

**Modelo Logarítmico:** Si el modelo corre bajo un modelo logarítmico la cantidad individual de un consumidor tiene una constante de  $1.14 \cdot 10^{-17}$  multiplicado por la variable ingreso pc elevado a la potencia 7.02. Una vez logaritmizado el modelo la cantidad pc es igual al coeficiente -39.012 mas el coeficiente 7.019 por el ingreso pc.

**Modelo Cuadrático:** Tiene una forma polinómica de 2ª grado donde la cantidad pc de agua de mesa es igual al constante 6.781 mas el coeficiente 0.003 por el ingreso pc menos el coeficiente 0.000000127 por el ingreso pc elevado al cuadrado.

**Modelo Potencial:** Seria el siguiente modelo donde la cantidad de agua de mesa pc es igual al constante 0.144 por el ingreso pc elevado a la potencia 0.57.

**Modelo Exponencial:** Tiene una constante de 7.022 que multiplicado por una base neperiana e, elevada al parámetro 0.00018 por ingreso pc.

**Pronostico de la demanda personal de agua de mesa.**

De acuerdo a los parámetros encontrados para cada modelo, a cada ecuación, se reemplaza los valores tentativos del ingreso personal de las personas en la tabla # 3.7 para encontrar su consumo percapita de agua de mesa en un mes:

Tabla Nº 3.7.  
Cantidades estimadas según el ingreso.

Ingreso pc Ipc	Cantidad Modelo					
	Lineal Q	Logarítmico ln Q	Logarítmico Q	Cuadrático Q	Potencial Q	Exponencial Q
2500,00	14,2989	17507,90	9,7704	14,5936	12,4590	11,2326
3000,00	15,5881	21017,28	9,9531	15,9661	13,8235	12,3392
3500,00	16,8773	24526,66	10,1075	17,2752	15,0932	13,5548
4000,00	18,1665	28036,04	10,2412	18,5211	16,2869	14,8902
4500,00	19,4557	31545,43	10,3592	19,7036	17,4180	16,3571
6500,00	24,6126	45582,96	10,7273	23,8004	21,4800	23,8196
7000,00	25,9018	49092,34	10,8015	24,6663	22,4069	26,1663
8000,00	28,4802	56111,10	10,9351	26,2081	24,1791	31,5759
9000,00	31,0586	63129,87	11,0529	27,4966	25,8582	38,1039

La tabla # 3.7 muestra las cantidades percapita de agua de mesa que un consumidor podría demandar en un mes dado su ingreso personal.

A un ingreso inferior de 2500 Bs/mes, por el modelo lineal y cuadrático, daría un mayor consumo (14.2989 l/mes el lineal, y 14.5936 l/mes el cuadrático).

A un ingreso mayor de 9000 Bs/mes, en el modelo lineal un consumidor podría consumir hasta 31.0586 litros/mes y en el modelo cuadrático llega a consumir hasta 27.4966 litros/mes.

Debido a la complejidad de determinar los ingresos de las personas, se asume un rango de ingresos que se encuentran en la misma base de datos.

De acuerdo a la teoría microeconómica, en el tiempo el ingreso de las personas tiende a aumentar, es decir que esto haría que el consumo de agua de mesa también aumentaría.

Todos los resultados se han hecho correr por el programa SPSS, y se ha obtenido la tabla de coeficientes, anovas y parámetros de t y F.

Tabla Nº 3.8.

Ecuación	Resumen del modelo				
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.
Lineal	,181	1,324	1	6	,294
Logarítmica	,205	1,544	1	6	,260
Cuadrático	,182	,556	2	5	,605
Potencia	,317	2,786	1	6	,146
Exponencial	,226	1,748	1	6	,234

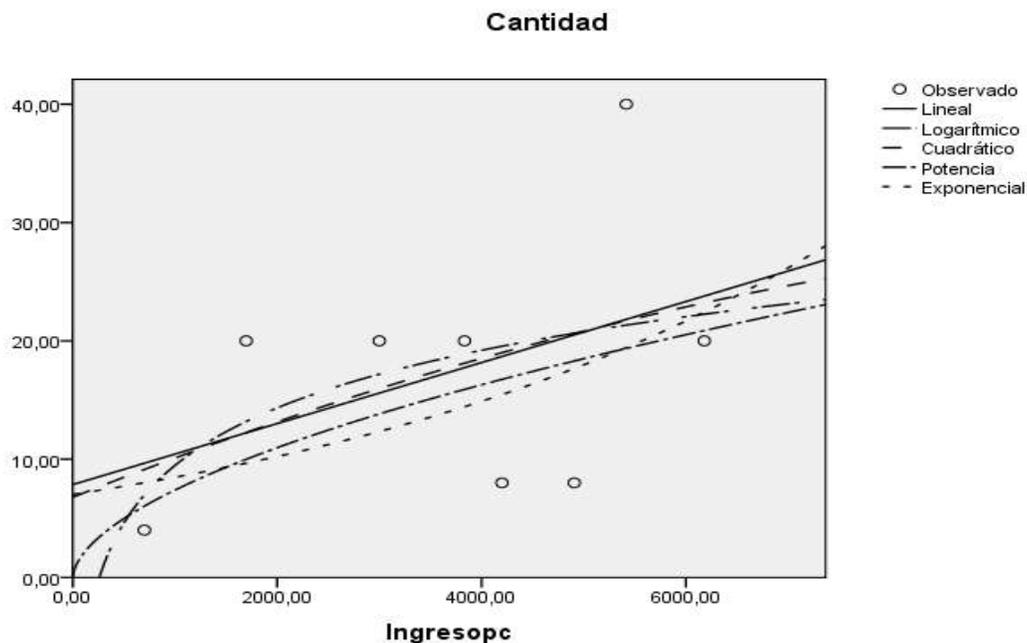
Fuente: Tabla extraída del programa SPSS .

### Gráfico de regresión:

Muestra los niveles de ingreso por habitante con los respectivos niveles de consumo de agua de mesa de acuerdo a cada modelo elegido.

En cualquier caso la relación de ambas variables es directa.

Grafico # 3.1.  
Ingreso pc y Cantidad demandada de agua de mesa.



### Mejor modelo de pronóstico.

Por pruebas de autocorrelación, el mejor  $R^2$  es el modelo potencial con 0.317 explicando que tiene la mejor (mínima) desviación de errores y valores estimados.

De acuerdo a la distribución Fisher, en el modelo potencial, la varianza de los parámetros caen mejor en la región de hipótesis nula (de acuerdo a valor de tablas), con F igual a 2.786 a un grado de libertad, obtenido de la formula:

$$F = (R^2/(k-1)) / ((1 - R^2) / (n-k))$$

F: Distribución de Fisher;

$R^2$ : Coeficiente de determinación;

k: Numero de variables del modelo;

n: Numero de muestra (los que toman agua de mesa del muestreo sistemático);

Reemplazando los datos que se tiene en la función de distribución de Fisher, se tiene;

$$F = (0.317/(2-1)) / ((1 - 0.317) / (8 - 2));$$

$$F = 2.786$$

Por lo tanto es el modelo potencial el que muestra ser mas consistente, eficiente y que muestra mayor grado de insesgamiento que los demás modelos, es este el modelo que tendría un pronóstico más real que los demás.

De acuerdo al grado de significación, el modelo mas significativo es el cuadrático con un 60.5% de sus parámetros obtenidos.

### **3.1.2.3. Estimación del consumo poblacional.**

Si hay un total de 925376 personas potenciales consumidores en la ciudad y de una encuesta de 2540 personas que mensualmente consumen 1431 litros<sup>24</sup> mes solo **en envases menores a 3 litros.**

<b>Población</b>	925376
<b>Muestra</b>	2540
<b>Relación Muestral:</b>	0.002745

#### **Consumo percápita muestral**

De ello se deduce que el consumo muestral de agua de mesa es 0.5634 l/mes percápita de dividir 1431 litros entre 2540 personas.

#### **Consumo estimado mensual de agua de mesa.**

Dividiendo la muestra poblacional entre la población paceña, se obtiene la relación (0.002745). Dividiendo 1431 litros/mes entre la relación obtenida se obtiene un volumen estimado de consumo de agua de mesa mensual en la ciudad:

$$\text{Volumen} = 521343,72$$

Representa un consumo estimado de 521343 litros-mes en toda la ciudad, **solo en consumo diario de envases menores a 3 litros.**

Si se desea ver la probabilidad de ventas al mercado, **ver anexo 2.**

---

<sup>24</sup> Dato correspondiente de la base de datos de la EH2017.

### **Captura inicial del nicho de mercado.**

De este volumen (521343,7 litros/mes) de consumo en solo envases menores a 3 litros, mas adelante veremos que la oferta potencial del proyecto es 1920 litro/día, que adicionaría al mercado 57600 litros/mes (representa un 11% de la oferta en el mercado paceño) de incremento.

No solo se ofertaría el producto en La Paz, sino también en El Alto y en las localidades más cercanas al municipio. Además existe una demanda creciente de agua de mesa en el caso del modelo por incremento en el ingreso pc.

Al tratarse de un volumen importante, se podría colocar los productos en tiendas de barrio, almacenes y especialmente en quioscos de colegios y de universidades.

### **3.2. ESTUDIO DE LA OFERTA**

La oferta estudia el comportamiento del productor en cuanto la cantidad ofertada por el proyecto en función del recurso disponible que es el agua de vertiente.

**Oferta en La Paz:** El negocio del agua envasada en la ciudad de La Paz es cada año creciente y más rentable debido al incremento de la demanda.

De acuerdo a lo señalado por el Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM), se tiene el siguiente detalle:

Tabla Nº 3.9.  
Producción diaria de agua de mesa de acuerdo al tamaño de la Empresa.

Empresa	Volumen litros/diario
Grandes(Embol, Cascada,Pil)	49000
Medianas(Klarit,)	13000
Chicas	6000
<b>TOTAL diario</b>	<b>68000</b>

Representa que se produce 2040000 litros mensualmente, en envases desde 0.4 a 20 litros y cuyos mercados seguramente son la ciudad de La Paz, El Alto y provincias.

Operan 25 empresas comercializadoras de agua<sup>25</sup> y hay empresas tan grandes como Embol, Cascada, y Pil, que por sí sola comercializa unos 6 millones de litros en el último año.

Empresas medianas como Klarit y otras pueden comercializar unos 13000 litros diariamente.

Las empresas chicas pueden producir más de 6000 litros diarios y comercializarlos.

Fotografías N° 3.2

Fotografías de productos de empresas de agua.



Dado que es un mercado competitivo, no se puede desplazar a ninguna empresa, pero se puede pelear un pequeño segmento (porcentaje mostrado arriba) y que dada las proyecciones crecientes de demanda, no habría tanto problema, además que puede afectar en favor la influencia de otras variables como gusto, moda, salud en incremento del consumo de agua de mesa.

<sup>25</sup> Fuente base de datos RASIM y RAI (Registro Ambiental Industrial) disponibles del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

### 3.3. ANALISIS DEL PRECIO

Por definición, el precio se determina por la intersección de la oferta y la demanda cuando los mercados son competitivos.

Estos son los precios de mercado de agua embotellada en La Paz según la cantidad del envase:

Tabla Nº 3.10.

Precios del mercado de agua embotellada

Tipo de envase	Volumen en litros	Precio Bs.
Sachet	0.4	0.50
Botella	0.6	4.00
Botella	2.0	5.50
Botella	2.5	6.50
Botellón	6.0	14.00
Botellón*	20.0	20.00

**Botellón\*** Los botellones de 20 litros son retornables, y su precio es solo del contenido.

Y el mercado de agua de mesa es un mercado competitivo porque hay muchos productores y por lo tanto la empresa es tomadora de precios y el precio de mercado de una bolsa sachet (bolsa de 400 ml) es 50 centavos, información que sirve para determinar los ingresos mensuales de la empresa de acuerdo a la producción y demanda estimada del producto.

#### **Proyecciones del mercado.**

Como la información del mercado es muy escasa o inexistente, en cuanto no hay volúmenes de agua demandada u ofrecida según su precio, no se pueden construir funciones de demanda u oferta.

Se ha dado el modelo de proyección de demanda en el cuadro # 3.7 de la cantidad demandada en función del ingreso de las personas.

Hubiera sido bueno elaborar una función de oferta del mercado, pero no hay información en cuanto cantidades ofrecidas al mercado para cada precio de botella según su volumen.

Tampoco se puede elaborar proyecciones de demanda del producto en función del tiempo porque solo existe un dato del año 2017 de consumo de agua de mesa.

# CAPITULO N° 4

## 4 TAMAÑO Y LOCALIZACION DEL PROYECTO.

De acuerdo a la información obtenida por diferentes fuentes, y dadas las características topográficas e hidrológicas del lugar en el presente proyecto se tiene:

### 4.1. DATOS GEOGRÁFICOS.

Sobre la base de una imagen de satélite y de planos topográficos regionales de algunos sectores de la zona de estudio, se efectuó un plano geológico donde están delimitadas las unidades litológicas identificadas en la zona.

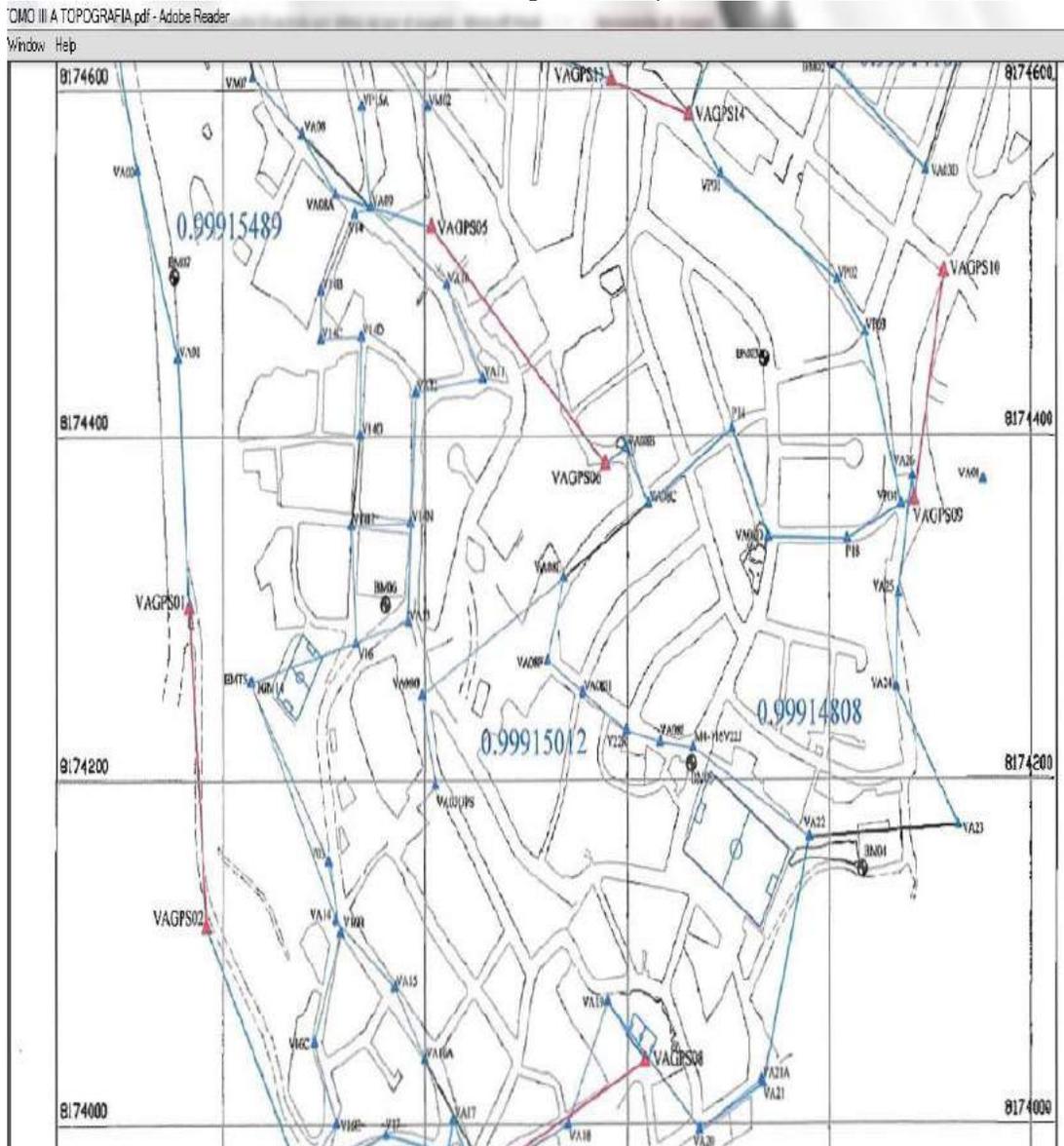
#### 4.1.1. Macrolocalización

El proyecto se ubica en el macrodistrito de San Antonio que es la ladera este de la ciudad de La Paz, y es un lugar donde geológicamente existen varias fuentes subterráneas.

De acuerdo al plano topográfico, la ubicación se encuentra en el cuadrante 0.99914808, superficie topográfica entre las coordenadas 594800 y 595000 del eje horizontal y 8174200 y 8174400 eje vertical (**ver plano 4.1) unidades.**

Dentro esta área se encuentra varias vertientes que probablemente tengan una misma capa freática y varias venas que circulan y brotan a la superficie.

Plano # 4.1.  
Ubicación cartográfica de la planta



**Ubicación de la planta.**  
Dentro el plano topográfico anterior, está en el cuadrante N° 0.99914808.

En general, se trata de unidades litológicas que están asociadas a procesos de remoción en masa, con pequeñas áreas donde afloran sedimentos de la Formación La Paz, cuyos remanentes dividen sectores que corresponden a deslizamientos de distinta magnitud y dinámica de formación.

El fenómeno dinámico que se observa en la zona se extiende por un área que afecta a varios barrios como el de Villa Armonía, Villa Litoral, Germán Jordán y otros,

Los materiales que se observan en la zona tienen sus orígenes de los afloramientos del conglomerado de la formación Pampahasi que tiene espesor considerable, está ubicada hacia el Este en la región conocida como la Meseta de Pampahasi.

En el borde se observa, la superficie de donde se desprendieron los materiales que fueron luego acumulados a lo largo de superficies de relieves negativos que podrían corresponder a antiguos valles aluviales que desembocaban al valle del río Orcojahuirá. Las condiciones morfológicas actuales están caracterizadas por una pendiente sostenida con inclinación de Este hacia el Oeste que cambia bruscamente en el borde del valle del río mencionado.

En los límites Norte y Sur se encuentran los valles del Río Gringojahuirá y el río Capilla. En cuyos taludes aflora el contacto entre el material del torrente de barro y los sedimentos de la formación La Paz.

Los procesos dinámicos de distinta naturaleza y ocurridos en distintas épocas modelaron también el relieve actual, formando depresiones en el terreno que están limitadas por superficies semicirculares que coinciden en muchos casos con las escarpas de los deslizamientos.

El relieve de la zona está caracterizado también por un quiebre topográfico que se produce justamente en coincidencia con el borde de los escarpes de deslizamiento de los sectores del colegio Poveda, Parque Herrera y se extiende cerca al límite de la calle Mejillones hasta la confluencia entre el río Gringojahuirá y el Orcojahuirá.

De esta manera se explica este brusco cambio en el relieve topográfico de la zona asociado también con antiguos deslizamientos producidos por socavación del antiguo río. Estos deslizamientos cubren varios sectores de la zona y que a la postre los actuales deslizamientos son producto de la reactivación de estas antiguas masas movidas,

coadyuvado, claro está, por la acción antrópica y el manejo inadecuado del agua superficial y subterránea.

Para describir las condiciones hidrogeológicas del área de Villa Armonía<sup>26</sup>, donde se hace mención a pozos perforados por distintas empresas y recoge un interesante resumen de los datos obtenidos.

En estos trabajos se muestra información sobre la presencia de varios niveles de acuíferos, desde profundidades de 2,5 m, hasta otros de 20 a 25 m muy cercanos al contacto con la Formación La Paz. El nivel freático de estos acuíferos es correlacionado a través de distintos sondeos, de lo cual resulta una gradiente hidráulica elevada.

Si se tiene en cuenta que las cotas de recarga del agua subterránea están bastante altas; al encontrar estos acuíferos profundos en los pozos perforados, la columna de agua debería ascender a alturas considerables. Sin embargo, según lo registrado en los estudios, el nivel estático se mantiene en las cotas encontradas.

Una primera conclusión de ello, es que se trata de acuíferos “colgados” y confinados por materiales impermeables. De lo contrario el flujo de los acuíferos tendrían que descargar de manera copiosa en los taludes de los ríos que limitan el Torrente de barro de Villa Armonía, donde como ya fuera señalado se encuentra el basamento impermeable de las unidades litológicas de la Formación La Paz.

De esta información puede interpretarse que, los acuíferos más superficiales en el área reciben su recarga de las precipitaciones pluviales y en menor cantidad del sistema sanitario que está deteriorado en la zona, sobre todo en los sectores de los deslizamientos.

La determinación de los flujos de agua subterránea a través de los distintos tipos de materiales que se encuentran en la Zona es un aspecto de suma importancia en los controles y medidas que deben adoptarse para la estabilización de los lugares de riesgos;

---

<sup>26</sup> se hace referencia a la información que se encuentra en el trabajo de la Empresa Díaz Villamil.

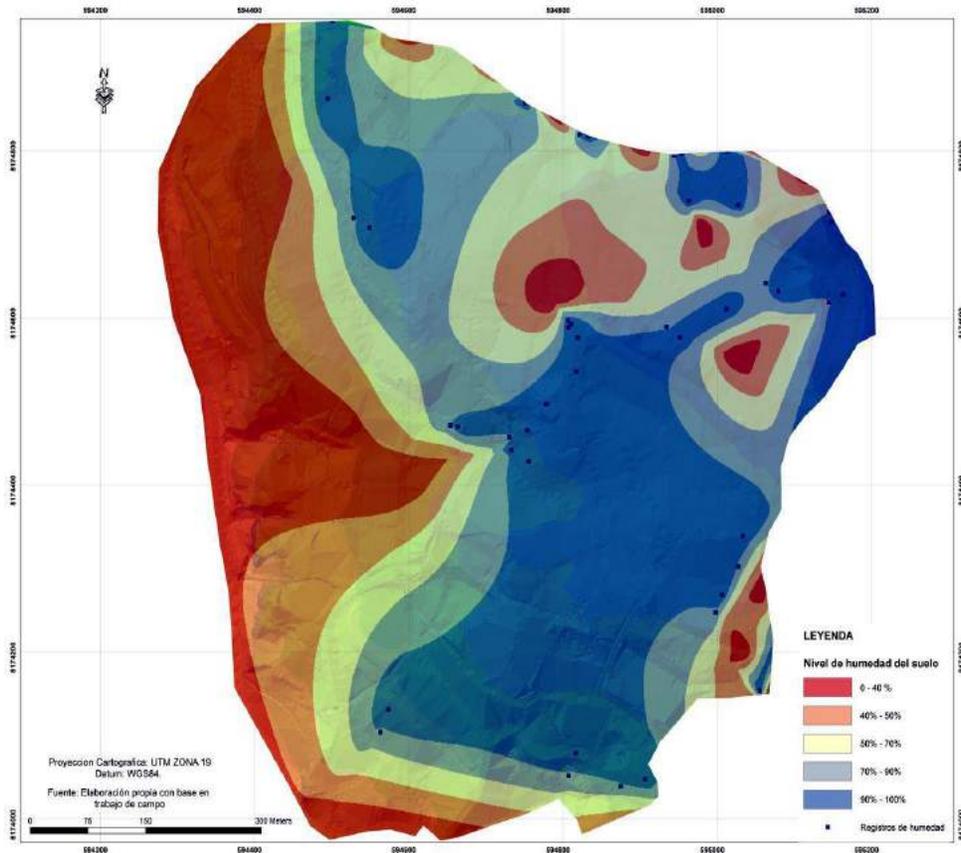
Por otra parte el flujo de las aguas subterráneas tiene pendientes variables y se da el caso que niveles freáticos someros o niveles de agua que afloran, en algún sitio descienda rápidamente a cotas inferiores.

#### **4.1.2. Datos hidrológicos del lugar.**

La zona de Villa Armonía esta soportada por las microcuencas de los ríos Gringojuhuira y Huayllas, estos son afluentes de la sub cuenca del río Orkojuhuira que tiene una superficie de 91.8 km<sup>2</sup> y longitud de 26.7 km, y que además es una de las tres principales sub cuencas que define a la cuenca del río La Paz.

La microcuenca del río Gringojuhuira cuya naciente se presenta en la parte Sur de la zona de Pampahasi, a una altura aproximada de 3800 msnm, la dirección predominante del flujo es hacia el Suroeste hasta su confluencia con el Río Orkojuhuira a una altura aproximada de 3520 msnm en la Av. Zavaleta. Tiene como afluentes principales a los ríos Unión Frontera y Retamani IV(ver mapa 3.3).

Mapa 4.2.  
Nivel de humedad del suelo.



El estudio hidrológico tiene por objeto determinar la oferta de agua que escurre en las sub cuencas que están dentro del área de estudio. El régimen hidrológico en las sub cuencas aporta a tres ríos, Gringojuaira y Huayllas en sus partes laterales y uno en su parte inferior el Orkojuaira. El análisis y evaluación de caudales de demanda permitirán el dimensionamiento de estructuras hidráulicas.

### **Datos de partida.**

Para el estudio se consideran los siguientes parámetros:

Precipitación. El método tradicional para estimar la precipitación de diseño, consiste en analizar los datos disponibles en las estaciones meteorológicas próximas a la cuenca analizada.

Aforos. Son caudales aforados, la precisión de su análisis resulta mayor que la del estudio de las precipitaciones. Sin embargo es necesario disponer de un número suficiente de registros.

Tamaño y forma de la cuenca. Los datos de extensión y relieve de las cuencas naturales de drenaje pueden obtenerse, en general, de mapas o cartografía<sup>27</sup>

Coefficiente de escorrentía “C”. Es la proporción de agua precipitada que escurre, depende del relieve de la cuenca y de la naturaleza y uso de la superficie. Los valores de C no son tomados arbitrariamente, sino más bien es determinado bajo la observación detallada de la naturaleza de la superficie, de los usos del suelo y de la pendiente del terreno.

#### **4.2. CAPACIDAD POTENCIAL DEL PROYECTO**

Si el proyecto funcionara a capacidad plena, es decir haciendo uso de todo el recurso para la producción de agua de la vertiente, se tendría un suministro diario de agua promedio de 2 m<sup>3</sup>/día lo cual daría una mayor oferta al mercado (**ver anexo probabilidad de demanda**) mas toda el agua producida.

De acuerdo a la capacidad real del proyecto, se plantea las siguientes fases del proyecto: Haciendo algún pronóstico que permita aumentar la capacidad productiva se podría realizar esto hasta llegar a su límite de provisión de la materia prima que son 2 m<sup>3</sup> de agua tratada de forma diaria. Además se planea crear una familia de productos (agua saborizada y jugos).

#### **4.3. DATOS DE LA FUENTE DE AGUA.**

Se presentan los datos reales del caudal de la poza de donde se pretende trabajar el proyecto. De esta fuente se han obtenido la información con que se trabaja en datos del

---

<sup>27</sup> a escala 1:250.000 - 1:50.000 del IGM, o de levantamientos topográficos 1:1, o de modelos digitales de terrenos siguiendo metodologías SIG. Se utilizará el levantamiento topográfico 1:1 para el proyecto.

caudal de la poza y su comportamiento estacional durante 15 meses periódicos propios del proyecto. (Ver tabla de datos anexo N°3 y anexo N°4 grafica de datos)

Gráfico N° 4.1  
Fotografías de la poza donde llena la vertiente



#### **Muestra estacional.**

**Se ha tomado** el seguimiento de los caudales por un periodo de 15 meses, (*mayo 2017 a agosto 2018*). Donde se observan picos de variación del flujo de agua. Considerando cíclicamente los periodos anuales, tal vez podría existir una variación, donde el flujo depende también de la cantidad de si el año es lluvioso o no.

#### **Observación de los ciclos (Anexo N°4 Graficas del agua).**

De mayo a julio los caudales se mantuvieron altos quizá porque hubo lluvias extraordinarias es decir fuera de su tiempo. A partir de julio hasta finales de agosto el caudal se mantiene casi constante a **un flujo de 80 l/hora**. A partir de septiembre hasta noviembre vuelven a subir los caudales hasta una media de 100 l/hora. En diciembre el caudal comienza a decrecer hasta llegar a un mínimo de 48 l/hora. Cuando a finales de diciembre comienza a llover, los caudales vuelven a aumentar volviendo a alcanzar a finales de mes hasta 80 l/hora.

De enero a abril 2018 el caudal aumenta alcanzando un pico de 127 litros/hora en el mes de marzo y después comienza a descender. En mayo se registra el pico más bajo 65 l/h y

que después con lluvias no habituales vuelve a aumentar hasta agosto donde alcanza 95.44 litros/hora.

#### 4.3.1 Análisis estadísticos.

A partir de una muestra  $n=81$ , se pueden extraer la siguiente información de media y desviación standard:

Tabla 4.1  
Media y desviación standard de la muestra

Variable	Litros/hora	Metros cubico/dia
Media caudal	94,84	2,28
Desv. Estándar	20,95	0,50

Fuente: Elaboración propia en base a anexo I.

El caudal tiene una media de 94.84 litros/hora, o también un equivalente de  $2.28 \text{ m}^3/\text{dia}$ .

Su desviación standard es 20.95 litros/hora, o su equivalente de  $0.50 \text{ m}^3/\text{dia}$ .

Las variaciones son por la estacionalidad de la temporada. En tiempo de estiaje o poca lluvia el caudal baja, y en tiempo de lluvia el caudal aumenta.

También se observa los siguientes datos:

Tabla 4.2.  
Coeficiente de variación de la muestra, Valores y rango.

Variables	Litros/hora
Coef.Variac	22,09%
Max valor:	148,27
Min valor:	47,92
Rango=	100,35

Fuente: Elaboración propia en base a anexo I.

El coeficiente de variación (desviación sobre la media) es un 22.09%.

- Máximo valor de la muestra es 148.27 litros/hora.
- Mínimo valor de la muestra es 47.92 litros/hora.
- El rango de la muestra es 100.35 litros.

También se puede observar lo siguiente:

Tabla 4.3.  
Coeficientes de asimetría y Curtosis

Variable	Litros/hora
Coeficiente asimetría	-0,09274296
Curtosis	0,04186605

Fuente: Elaboración propia en base a anexo I.

Si interpretamos su resultado, está entre los intervalos de  $[-2,2]$ , por lo tanto se puede normalizar los datos y el coeficiente de asimetría es negativo,  $-0.09274$  que significa que el sesgo si normalizamos la distribución, tendría una cola mas larga a la izquierda, por lo tanto a datos menores a la media. **Hay una tendencia a un menor caudal en la distribución.**

La curtosis tiene un valor positivo por lo tanto la distribución es mas picuda (empinada en el centro), y sus colas son mas largas.

#### Tabla de distribución de Frecuencia.

Con los datos se conforma el siguiente histograma:

#### Formula de Sturgess

Con esta fórmula podemos encontrar el tamaño ideal de intervalos para la muestra:

$$\#intervalos = 1 + 3.3 \cdot \log(n); \quad n = 81$$

Se puede determinar el tamaño del intervalo de la muestra:

$$\# intervalos = 7,30$$

Redondeado al intervalo superior, se hacen 8 intervalos;

Con eso se halla el tamaño d intervalo dividiendo el rango entre el número de intervalos encontrados:

$$\text{tamaño d cada intervalo} = 12,54$$

Cada intervalo de clase tiene un rango de 12.5.

Se halla la tabla de distribución de frecuencias:

Tabla 4.4.  
Intervalos de clase y frecuencias.

Intervalos de clase:	Frecuencia absoluta N	Frecuencia		
		absoluta acumulada	Frecuencia relativa	Relativa acumulada
47.50- 60.00	5	5	0,062	0,062
60.00- 72.50	6	11	0,074	0,136
72.50 - 85.00	14	25	0,173	0,309
85.00 - 97.50	18	43	0,222	0,531
97.50 - 110.00	20	63	0,247	0,778
110.00 - 122.50	11	74	0,136	0,914
122.50 - 135.00	4	78	0,049	0,963
135.00-148.50	3	81	0,037	1,000
<b>total:</b>	<b>81</b>		<b>1</b>	

Del cuadro anterior, se puede realizar el histograma de distribución de frecuencias, presentado a continuación:

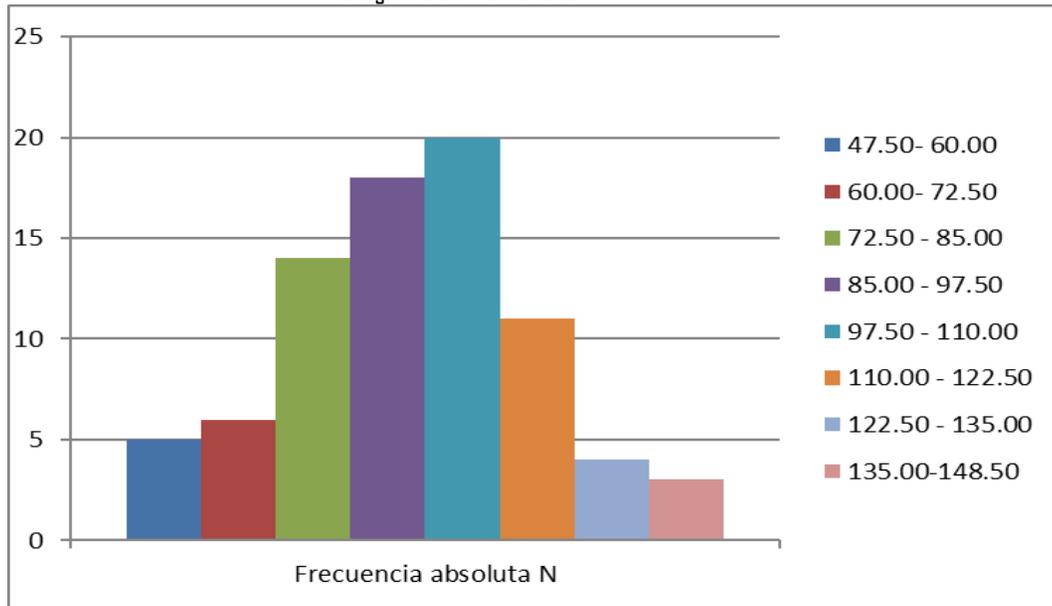
**Frecuencia absoluta:**

- Los caudales inferiores (de tiempo seco), se repiten 5 veces entre 47.5 y 60 litros/hora, 6 veces entre 60 y 72.5 litros/hora.
- Al intervalo de 72.5 a 85 litros/hora registra 14 observaciones.
- Entre 85 y 110 litros/hora se alcanza su pico máximo, hay en total 38 observaciones.
- En el intervalo 110 a 122.5 litros/hora hay 11 observaciones.
- A partir de 122.5 litros/hora hasta alcanzar el máximo valor se registran 7 observaciones.

**Frecuencia relativa:**

Su relativo acumulado llega a 30.9% hasta 85 litros/hora. Entre 85 y 110 litros/hora Su probabilidad es de 46.9% y son los intervalos de mayor frecuencia en la muestra Y por último la probabilidad cae a un 8.6% cuando el caudal es mayor entre 122.5 a 148.5 Litros/hora.

Gráfico Nº 4.2  
Histograma de Frecuencias



#### 4.3.2 Desigualdad de Chevishev.

De los datos recolectados, que porcentaje caen dentro una muestra de  $k=1$ :

$$DC = \bar{x} \pm \sigma$$

$$DC = 95,01 \pm 20,95;$$

V. max	V. min
115,96	74,05

Hay una media de la muestra (95.01 litros/hora), y también una desviación standard estacional (meses de poco o mucho caudal) (ver **tabla 4.4 intervalo de clases**) donde hay 25 observaciones, 20.95 litros/hora.

No habría problema cuando el caudal está por encima de la media porque significaría una abundancia del recurso hídrico, el problema está cuando hay escasez del caudal, que significa que en el límite inferior el caudal disminuye hasta 74.05 litros/hora.

Este caudal se debe ajustar a la capacidad planeada del proceso, por razones ya mencionadas líneas arriba.

### 4.3.3. Distribución Normal.

De acuerdo a la media poblacional de caudal de agua será de 95.01 litros/hora y una desviación standard de 20.95 litros/hora.

Si se halla la probabilidad se tendría:

Formula de una distribución normal z:

$$z = (\bar{x} - \mu) / \sigma$$

#### Probabilidad de caudales menores a 80 l/h.

Normalizando la distribución del caudal de agua que se tiene, hay una temporada en que se tiene menos caudal (inferior a 85 litros/hora).

Media ponderada de los intervalos.

Se encuentra una media ponderada de los 3 intervalos de menor caudal y se registra lo siguiente:

$$\bar{x} = (53.75 * 5 + 66.25 * 6 + 78.75 * 14) / 25$$

$$\bar{x} = 70,75$$

Entonces se encuentra el valor de z:

Valor de z de probabilidad mas negativa:

Valor normal de z:
$z = (70.75 - 95.01) / 20.95$
$z = -1,15799523$

La probabilidad de la función será:

$$P(z) = 0.123.$$

La probabilidad de ocurrencia en el periodo de un año es de 12.3% de tener un caudal menor al requerido (1er. Intervalo de la tabla de frecuencias), se soluciona con el agua acumulada en los tanques durante ese periodo.

#### Conclusión:

A un caudal medio anual de 95.01 litros por hora que equivale a un volumen de 2.28 metros cúbicos de agua disponible todo el día.

La desviación standard de 20.95 litros/hora da un 0.5 metros cúbicos por día de más

o menos agua según la estación del año.

La probabilidad de tener un caudal menor a 85 litros/hora es menos de 12.3 % en todo el año.



# CAPITULO N° 5

## 5. TECNOLOGIAS PARA EL PROCESAMIENTO DE AGUA POTABLE

La composición del agua es una unión molecular entre 2 elementos; oxígeno e hidrógeno, dado en que 2 moléculas de hidrógeno se enlazan con una de oxígeno conformando la fórmula  $H_2O$ , universalmente denominado agua.

La geometría de la molécula de agua es la responsable de una buena parte de sus propiedades, por su elevada constante dieléctrica y actuar como dipolo.

El agua es una sustancia que químicamente se formula como  $H_2O$ , es decir, que una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno.

### 5.1. DENSIDAD DEL AGUA

La densidad del agua líquida es muy estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A la presión de una atmósfera, la densidad mínima del agua líquida es de 0,958 kg/l, a los 100 °C. Al bajar la temperatura, aumenta la densidad constantemente hasta los 3,8 °C donde alcanza una densidad máxima de 1 kg/l. A temperaturas más bajas, a diferencia de otras sustancias, la densidad disminuye. A los 0 °C, el valor es de 0,9999 kg/l; al congelarse, la densidad experimenta un descenso más brusco hasta 0.917 kg/l, acompañado por un incremento del 9 % en volumen, lo que explica el hecho de que el hielo flote sobre el agua líquida.

## **5.2. TEMPERATURA Y PRESIÓN DEL AGUA.**

A la presión de 1 atm, el agua es líquida entre las temperaturas de 273,15 K (0 °C) y 373,15 K (100 °C). Los valores para el calor latente de fusión y de vaporización son de 0,334 kJ/g y 2,23 kJ/g respectivamente.

Al aumentar la presión, disminuye ligeramente el punto de fusión, que es de aproximadamente -5 °C a 600 atm y -22 °C a 2100 atm. Este efecto es el causante de la formación de los lagos subglaciales de la Antártida y contribuye al movimiento de los glaciares. A presiones superiores a 2100 atm el punto de fusión vuelve a aumentar rápidamente y el hielo presenta configuraciones exóticas que no existen a presiones más bajas.

Las diferencias de presión tienen un efecto más dramático en el punto de ebullición, que es aproximadamente 374 °C a 220 atm, mientras que en la cima del Monte Everest, donde la presión atmosférica es de alrededor de 0,34 atm, el agua hierve a unos 70 °C. El aumento del punto de ebullición con la presión se puede presenciar en las fuentes hidrotermales de aguas profundas, y tiene aplicaciones prácticas, como las ollas a presión y motores de vapor. La temperatura crítica, por encima de la cual el vapor no puede licuarse al aumentar la presión es de 373,85 °C (647,14 K).

A presiones por debajo de 0,006 atm, el agua no puede existir en el estado líquido y pasa directamente del sólido al gas por sublimación, fenómeno explotado en la liofilización de alimentos y compuestos. A presiones por encima de 221 atm, los estados de líquido y de gas ya no son distinguibles, un estado llamado agua supercrítica. En este estado, el agua se utiliza para catalizar ciertas reacciones y tratar residuos orgánicos.

## **5.3. SABOR, OLOR Y ASPECTO.**

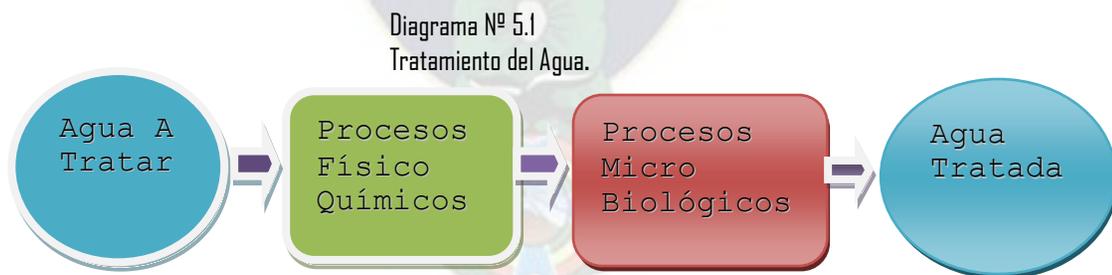
El agua pura se ha descrito tradicionalmente como incolora, inodora e insípida, aunque el agua para el consumo normalmente contiene minerales y sustancias orgánicas en

disolución que le pueden aportar sabores y olores más o menos detectables según la concentración de los compuestos y la temperatura del agua.

El agua puede tener un aspecto turbio si contiene partículas en suspensión. La materia orgánica presente en el suelo, como los ácidos húmicos y fúlvicos, también imparte color, así como la presencia de metales, como el hierro. En la ausencia de contaminantes, el agua líquida, sólida o gaseosa apenas absorbe la luz visible, aunque en el espectrógrafo se prueba que el agua líquida tiene un ligero tono azul verdoso. El hielo también tiende al azul turquesa. El color que presentan las grandes superficies de agua es en parte debido a su color intrínseco, y en parte al reflejo del cielo. Por el contrario, el agua absorbe fuertemente la luz en el resto del espectro, procurando protección frente a la radiación ultravioleta.

#### 5.4. PROCESOS PARA TRATAR EL AGUA.

De manera general se conocen 2 grandes procesos de tratamiento del agua; es el proceso fisicoquímico y el proceso microbiológico.



Fuente: Elaboración propia.

**Agua A Tratar:** Es aquella materia prima extraída de los ríos, lagos, mares o subterránea que debe ser destinada al consumo humano, pero que previamente debe convertirse en agua potable para evitar daños inmediatos o posteriores debido a su consumo.

**Proceso Fisicoquímico:** El agua a tratar primero se le debe efectuar un proceso fisicoquímico con el objeto de conseguir el ablandamiento del agua eliminando elementos como hierro, calcio, magnesio, manganeso y otros cuyo consumo en dosis mayores a la establecida por normas internacionales puede causar daños al organismo humano.

**Proceso Microbiológico:** Una vez efectuado el tratamiento fisicoquímico, el agua se debe someter a un proceso de desinfección, que es donde se eliminan los microbios que pueden causar diversas enfermedades generalmente de tipo gástrico tales como la escherichia, giardia y otros que a través de este proceso son destruidos para evitar una contaminación al organismo humano.

**Agua Tratada:** Es aquella agua que ha cumplido ambos procesos y se ha convertido en agua potable que ya es apta para el consumo humano.

Se han realizado ambos tipos de prueba<sup>28</sup> al agua de la vertiente:

## 5.5. ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA

### **Materia prima- agua.**

Debe cumplir lo siguiente; debe ser un líquido límpido, incoloro, inodoro e insípido, que es obtenida por la desmineralización del agua que cumple requisitos según Normas de calidad ISO 9001 e IBNORCA NB-512.

### **Propiedades físicas:**

- Líquido límpido, incoloro, inodoro e insípido
- Obtenida por filtración y eliminación de bacterias.
- Cumple con requisitos de calidad Normas ISO 9000, 9001 y NB512.
- Límites de acidez y alcalinidad
- Concentración de aniones y cationes tolerados
- Sustancias oxidables
- Residuo seco

---

<sup>28</sup> Tanto el análisis fisicoquímico y microbiológico se ha realizado en el laboratorio de SELADIS de la Facultad de Bioquímica de la UMSA el mes de noviembre de 2017.

### 5.5.1 Parámetros de control de calidad del agua.

En atención a la Norma Boliviana NB 512, los parámetros de control de calidad del agua para consumo humano, se agrupan de acuerdo a su factibilidad técnica y económica en los siguientes grupos: Control Mínimo, Control Básico, Control Complementario y Control Especial.

#### Parámetros de control mínimo.

Los parámetros de Control Mínimo de la calidad del agua para consumo humano que deben realizar EPSAS, se presentan en la Tabla N° 1.

Tabla N° 5.1  
PARÁMETROS DE CONTROL MÍNIMO

Parámetro	Valor máximo aceptable
pH	6,5 - 9,0
Conductividad	1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$
Turbiedad	UNT
Cloro residual	0,2 - 1,0 mg/l
Coliformes termoresistentes	0 UFC/100 ml

**Nota:**

El valor máximo aceptable de la conductividad, se puede expresar también como 1.000 mg STD/l.

El parámetro temperatura, se debe medir en el punto de muestreo y en laboratorio a tiempo de realizar los análisis. Sirve como referencia para los análisis microbiológicos y para el cálculo del Índice de Langelier.

#### Parámetros de control básico.

Los parámetros de Control Básico de la calidad del agua para consumo humano, se presentan en la Tabla N° 5.2.

Tabla N° 5.2.  
Parámetros de control básico

Parámetro	Valor máximo aceptable
<b>Físicos</b> Color	15 UCV
<b>Químicos</b> Sólidos totales disueltos	mg/l
<b>Químicos Inorgánicos</b> Alcalinidad total	370,0 mg/l de CaCO <sub>3</sub>
Calcio	200,0 mg/l
Cloruros	250,0 mg/l
Dureza	500,0 mg/l de CaCO <sub>3</sub>
Hierro total	0,3 mg/l
Magnesio	150,0 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l
Sodio	200,0 mg/l
Sulfatos	400,0 mg/l

para el control de la  
consumo humano NB -

**Parámetros de control**

Reglamento nacional  
calidad del agua para  
512

**complementario.**

Los parámetros de Control Complementario de la calidad del agua para consumo humano, se presentan en la Tabla N° 5.3.

Tabla N° 5.3.  
PARÁMETROS DE CONTROL COMPLEMENTARIO

Parámetro	Valor máximo aceptable
<b>Químicos Inorgánicos</b> Aluminio	0,1 mg/l
Amoníaco	0,5 mg/l
Arsénico	0,01 mg/l
Boro	0,3 mg/l
Cobre	1,0 mg/l
Fluoruro	1,5 mg/l
Nitritos	0,1 mg/l
Nitratos	45,0 mg/l
Plomo	0,01 mg/l
Zinc	5,0 mg/l
<b>Subproductos de la Desinfección</b> Trihalometanos totales (THM)	100 µg/l

<b>Químicos Orgánicos</b>	
<b>Plaguicidas</b>	
Plaguicidas totales	0,5 µg/l
Plaguicidas individuales(*)	0,1 µg/l
<b>Hidrocarburos</b>	
Hidrocarburos totales (TPH)	10,0 µg/l
Benceno	2,0 µg/l
<b>Microbiológicos</b>	
<b>Bacterias</b>	
Coliformes totales	0 UFC/100 ml
Escherichia coli	0 UFC/100 ml
Heterotróficas totales	500 UFC/100 ml
Pseudomonas aeruginosa	0 UFC/100 ml
Clostridium perfringens	0 UFC/100 ml
<b>Parásitos</b>	
Cryptosporidium sp.	Ausencia
Giardia sp.	Ausencia
Amebas	Ausencia

EL  
LA

REGLAMENTO  
NACIONAL  
PARA  
CONTROL DE  
CALIDAD DEL  
AGUA PARA  
CONSUMO  
HUMANO NB  
512

### Agua potable.

**Se** entiende por agua potable aquella agua que puede ser bebible por el ser humano sin que esta le cause ningún daño o molestia al organismo.

Para ello se dan parámetros de tolerancia de cada elemento químico que se puede introducir al organismo sin que este cause ningún daño ya sea inmediato o posterior.

El agua es el principal componente del cuerpo humano (un 70% del cuerpo es agua) por lo que además es el principal alimento que el ser humano ingiere para su subsistencia, por lo que esta es ingerida de varias maneras directa o indirectamente.

**No** siempre el agua es una sustancia químicamente pura en la composición de hidrogeno y oxígeno, porque el agua puede componer de varios elementos tanto inorgánicos como orgánicos, con lo que se puede clasificar:

**Composición inorgánica:** También más conocida como la dureza del agua, porque tiene elementos en partes por millón que de acuerdo a los parámetros de su composición, hace que el agua ya no sea pura al contener otros elementos como cloro, bromo, potasio, especialmente metales como hierro, cadmio, plomo, mercurio, etc.

De acuerdo a esa composición, cuando sus partes por millón de cada elemento pasan los límites de los parámetros establecidos en cuanto su tolerancia del organismo humano, se dice que esa agua no es apta para el consumo humano.

**Composición orgánica:**

Además de contener otros elementos, el agua también puede contener sustancias orgánicas microscópicas que generalmente son microorganismos y que muchos de ellos pueden causar daño al ser humano al ser ingeridos.

Si el agua contiene elementos inorgánicos donde su composición pasa los límites de parámetros permitidos, o si el agua contiene microorganismos dañinos, entonces deja de ser potable y no es apta para el consumo humano.

Un agua que es potable, debe cumplir las 2 condiciones en cuanto una blandura con nula o escasa composición de otros elementos químicos y además no debe contener microorganismos que cause daño a la salud humana.

## **5.6. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE AGUA PURIFICADA.**

### **5.6.1. Método fisicoquímico.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en los parámetros de análisis el agua cumple con las condiciones de pH casi neutro, de sólidos totales menos de 2000 mg/l, una acidez de solo 69.33 mg/l ácido carbónico, alcalinidad menor a 370 mg/l de anhídrido carbónico, una dureza menor a 500 mg/l de carbonato de calcio y calcio menor a 200 mg/l.

De acuerdo a los resultados obtenidos, no habría problemas con el proceso físico químico por lo cual es recomendable solo un proceso de filtración de arena.

Alternamente se puede seleccionar equipo de ultrafiltración, pero este no recomienda su proceso en aguas de vertiente o subterránea, por eso se ha tomado el equipo de bioarena que en este caso los resultados arrojados por el laboratorio, dice que los parámetros de control de sustancias y elementos de dureza del agua, están dentro de los rangos, por eso se selecciona el siguiente equipo:

### **Filtro de Bioarena**

El filtro de bioarena es una adaptación del filtro de arena lento tradicional que se ha utilizado para el tratamiento de agua para las comunidades por casi 200 años. El filtro de bioarena es más pequeño y está adaptado para darle un uso continuo, lo cual lo hace muy apropiado para tenerlo en las casas.

El contenedor del filtro puede estar hecho de concreto o plástico, el cual se llena con capas de arena y grava especialmente seleccionada y preparada para este fin.

Por naturaleza, el agua contiene muchos organismos vivos. Algunos de estos son inocuos; otros producen enfermedades. Los organismos que causan enfermedades se llaman *patógenos*. Algunas veces también se les conoce con otros nombres, como microorganismos, microbios o bichos, dependiendo de las expresiones regionales o del idioma del país. Existen cuatro categorías de patógenos, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Un filtro de bioarena constituye de lo siguiente:

1. Tapa – La tapa hermética evita la contaminación y el ingreso de plagas indeseables.
2. Difusor – Evita alterar la capa de arena de filtración y protege la biocapa cuando se vacía agua en el filtro.
3. Capa de arena de filtración – Extrae los patógenos y los sólidos suspendidos.
4. Tubo de salida – Se necesita para dirigir el agua desde la base hacia afuera del filtro.

Tabla 5.4.  
Eficiencia del tratamiento del filtro de Bioarena

	Bacteria	Virus	Protozoarios	Helminetos	Turbidez	Hierro
<b>Laboratorio</b>	Hasta 96.5% <sup>1,2</sup>	70 a >99% <sup>3</sup>	> 99.9% <sup>4</sup>	Hasta 100% <sup>5</sup>	95% <sup>1</sup>	No disponible
<b>Campo</b>	87.9 a 98.5% <sup>6,7</sup>	No disponible	No disponible	Hasta 100% <sup>5</sup>	85% <sup>7</sup>	90 – 95% <sup>8</sup>

Fuente: Buzunis, B. Intermittently Operated Slow Sand Filtration: A New Water Treatment Process

5. Cuerpo del filtro – Mantiene las capas de arena y grava.

6. Capa de grava para separación – Sostiene la arena de filtración y evita que vaya hacia la capa de drenaje y el tubo de salida.

7. Capa de grava para drenaje – Sostiene la capa de grava usada para separar y ayudar a que el agua fluya hacia el tubo de salida.

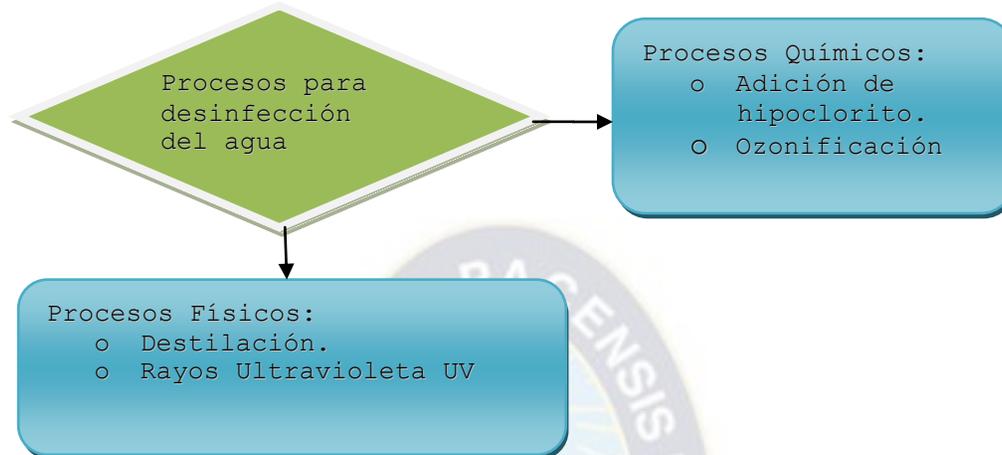
El agua turbia en sí no hace que la gente se enferme; son los virus, parásitos y algunas bacterias que algunas veces se adhieren a los sólidos suspendidos en el agua los que producen enfermedades. *Esto significa que usualmente el agua turbia tiene más patógenos, así que ingerirla incrementa la posibilidad de enfermarse.*

### 5.6.2. Método microbiológico.

Después de cumplir la fase de tratamiento fisicoquímico, se realiza la fase de desinfección del agua. De acuerdo a los resultados obtenidos, es en este proceso donde el agua reviste elementos en exceso a los requisitos de cada parámetro.

Dentro del método microbiológico hay 2 tipos de procesos para desinfección del agua. Cada proceso tiene varios, pero se eligieron a los más adecuados:

Diagrama 5.2.  
Procesos de desinfección del agua.



#### 5.6.2.2.4. Procesos químicos.

Hay varios métodos químicos para la desinfección del agua, los más empleados se nombran a continuación:

##### Hipoclorito de sodio NaClO:

Este se presenta en forma de un líquido que es altamente corrosivo. Se obtiene al burbujear gas cloro en una solución altamente concentrada en hidróxido de sodio, donde el cloro es muy soluble. La cantidad de cloro en una solución comercial de este tipo es de un 12 a un 15% en porcentaje en peso de cloro activo.

La dosificación del cloro líquido se hace por medio de una bomba construida con materiales especiales resistentes a la corrosión en las partes en que se tiene contacto directo con el hipoclorito de sodio concentrado. El tipo de bomba más empleada es la bomba peristáltica, la cual por medio de pulsos inyecta la solución de cloro y ésta bomba está coordinada con algún controlador que mide la cantidad de cloro residual y de acuerdo a la dosis de cloro residual deseada, esta bomba enciende o apaga según sea requerido.

El uso del hipoclorito de sodio es una forma muy conveniente y muy frecuentemente empleada para dosificación de cloro en fuentes pequeñas de suministro de agua potable. Si el volumen de agua a consumir no es muy grande, se prefiere emplear esta forma de cloración.

Para que el proceso de desinfección sea efectivo, la cantidad recomendada es 5 ml de hipoclorito por litro de agua:

**Cantidad a administrar:**

Se aplica la siguiente fórmula:

$$V = \frac{v \cdot D}{C \cdot 10} ;$$

V: cantidad del compuesto en ml;

v: volumen de agua a tratar en litro;

D: dosis de radiación dosis de 5 ml/l;

C: concentración del compuesto clorado en porcentaje (36%);

**Proceso de ozonificación.**

El ozono es un gas incoloro en todas las concentraciones experimentadas en la industria. Tiene un olor ocre característico asociado generalmente a las chispas y a las tormentas eléctricas. El olor es generalmente perceptible por la nariz humana en concentraciones entre 0,02 y 0,05 ppm, lo que es aproximadamente 1/100 del nivel de exposición recomendado en 15 minutos.

Las bacterias son las que más rápidamente son destruidas. Las bacterias E-Coli son destruidas por concentraciones de ozono de un poco más de 0,1 mg/litro y una duración de contacto de 15 segundos a temperaturas de 25 °C y 30 °C.

Tabla Nº 5.5.  
Datos del ozono:

Fórmula molecular	<b>O<sub>3</sub></b>
Característica principal	Gas oxidante
Peso molecular	48,0
Concentración	De hasta 18% por el peso en oxígeno
Punto de ebullición	-111,9°C
Punto de fusión	-192,7°C
Temperatura crítica	-12,1°C
Presión crítica	54,6 atmósferas
Densidad	2,14 kg O <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> a 0°C y 1013 mbar
Densidad relativa (al aire)	1,7
Solubilidad en agua	3 ppm a 20°C
Calor de formación	144,7 kJ/mol
Ángulo de enlace	116°
Potencial electroquímico	-2,07 V
Punto de destello	no aplicable
Temperatura de auto ignición	no aplicable
Inflamabilidad	Inflamable, pero vigoroso para apoyar la combustión
Productos peligrosos de la descomposición	ninguno

Fuente: Ozono y UV en el agua de proceso de la industria farmacéutica.

La técnica se basa, fundamentalmente, en lograr un tiempo de contacto adecuado del agua, con la cantidad adecuada de ozono. Concentraciones de entre 0.5 y 0.8 mg/l de ozono durante unos **tres o cuatro minutos** son suficientes para conseguir una calidad de agua excepcional y desinfectada.

El ozono es un gas inestable que se descompone en oxígeno diatómico (O<sub>2</sub>) a las temperaturas normales. La descomposición es acelerada por el contacto con las superficies sólidas, por el contacto con las sustancias químicas y por el efecto del calor. El ozono es producido por los generadores de ozono que son alimentados normalmente por los generadores de oxígeno. La inyección del ozono se hace con difusores ó con tubo Venturi (**un equipo puede generar hasta 3 g de O<sub>3</sub> en una hora**).

Porque el ozono es un gas inestable, puede haber peligro de explosión a las altas temperaturas en presencia de materiales tales como hidrógeno, hierro, cobre y cromo. En la práctica, se han provocado ocasionalmente incendios dentro de los generadores de ozono, pero a excepción de experimentos bajo condiciones extremas, sabemos que no existen informes de explosiones.

### **Tecnología del equipo.**

Los equipos de ozono tienen escasa variación por lo que se ha seleccionado uno de los más pequeños por la cantidad a procesar y los costos de inversión, cuyo detalle técnico está en el **anexo N° 6.4**.

#### **5.6.2.2.4. Procesos físicos.**

Hay varios procesos físicos para la desinfección del agua, los más conocidos son:

##### **Proceso de Destilación.**

A través de este proceso se purifica el agua del riesgo microbiológico calentando el agua hasta alcanzar su punto de ebullición aproximadamente a 87°C a una altura de 3500 msnm. Suponiendo que la presión atmosférica es constante, menos de 1 atm.

- Se realiza el siguiente proceso:
- Se separa el líquido de los sólidos disueltos en él.
- Separación por cambio de estado físico (vaporización). Los componentes de la mezcla se someten a condiciones de evaporación diferenciales.

##### **Dependencia de Presión y Temperatura.**

La cantidad de calor necesario para poder procesar un volumen de agua, bajo este método se determina por la fórmula (**ver procedimiento de cálculo en anexo 1.3**)

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T;$$

Dadas las condiciones y la constante c, se tiene que la masa se calcula por la densidad unitaria del agua  $\rho = 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ .

## **Sistemas de desinfección por LUV o r yos ultravioleta**

Un sistema de reglamentación de la industria cada vez más restrictivo, y el aumento de la resistencia de determinadas bacterias, ha dado lugar a la búsqueda y aplicación de nuevos sistemas alternativos de desinfección, como son los sistemas UV.

### **Tecnología de equipo empleado.**

Se ha seleccionado un modelo de lámpara apropiado para el tamaño del proceso, que es uno de los sistemas pequeños, pero puede llegar a desinfectar caudales mayores al requerido (hasta 1.4 m<sup>3</sup> por hora).

La tecnología ultravioleta se utiliza en numerosos sectores:

- Fabricación
- Productos farmacéuticos
- Abastecimiento
- Plataformas marinas
- Piscinas u otros tipos de industria de ocio
- Buques transoceánicos (agua potable y agua de lastre)
- Industria del agua potable
- Industria de la alimentación y elaboración de bebidas

De acuerdo al tamaño del proceso quizá el modelo mas recomendable es el mas pequeño que tiene los siguientes datos (**ver anexo 6.3**).

### **Pureza microbiológica:**

Un agua que es apta para el consumo humano, no debe contener microorganismos vivos porque la ingest n de estos puede causar diversas enfermedades sobre todo gastrointestinales al organismo humano.

La característica más importante de un agua que es potable, es que est  libre de microbios, bacterias y protozoos que podrían causar cualquier enfermedad al ser humano.

Por ese el agua debe pasar por procesos de purificación microorganica que elimine cualquier presencia de gérmenes.

# CAPITULO N° 6

## 6. INGENIERIA DEL PROYECTO (SELECCIÓN DEL PROCESO).

La selección del proceso tomara en cuenta aquellos que en primer lugar sean eficientes en el tema de desinfección del agua, y en segundo lugar que sean los más económicos.

### 6.1. COMPOSICIÓN DEL AGUA DEL PROYECTO.

Se ha hecho un análisis de laboratorio<sup>29</sup> para saber su composición de ambos elementos, y cuyos resultados están en la tabla 6.1 y tabla 6.2.

- Los elementos fisicoquímicos cumplen los parámetros especificados en normas de consumo.
- Requiere tratamiento microbiológico, con lo que se ponen las opciones mas empleadas en tratamiento para desinfección del agua.

#### 6.1.1. Del análisis fisicoquímico.

De la siguiente tabla los datos presentados corresponden al análisis de muestra de agua realizado por el laboratorio SELADIS de la facultad de bioquímica de la UMSA como prueba realizada con su informe.

Tabla 6.1  
Resultados de los parámetros fisicoquímicos analizados

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL.
PH		7.05	6.5 y 9.5
Solidos totales	mg/l	408.00	3000.
Acidez	mg/l H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	69.33	SLR
Alcalinidad	mg/l HCO <sub>3</sub> /CO <sub>3</sub>	142.20	370
Dureza	mg/l CaCO <sub>3</sub>	212.82	500
Calcio	mg/l Ca	69.33	200
<b>Total sustancias; mg/l</b>		<b>901.68</b>	

Fuente: Resultados realizados por SELADIS

<sup>29</sup> Instituto SELADIS. Resultados de pruebas de análisis del agua hechos en 07 de noviembre de 2017 donde está la fotocopia en el anexo # 9 del documento.

Hay un total de 901.68 mg/litro de sustancias, aunque cada una cumple con los parámetros referenciales.

De acuerdo a los valores referenciales aprobados por la norma NB-512 (**capítulo anterior y tabla 6.1**), el agua de la vertiente cumple todos los requisitos de la norma; tiene un pH casi neutro 7.05; los sólidos totales llegan a 408 mg por litro; la acidez en cuanto el ácido carbónico es de 69.33 mg por litro; la alcalinidad (ácido carbónico entre anhídrido carbónico) tiene 142.20 mg por litro; la dureza de esta agua es la cantidad de carbonato de calcio por litro que es 212.82 mg y la cantidad de calcio es de 69.33 mg de calcio por litro.

Como conclusión el agua cumple todos los parámetros y requiere poco tratamiento fisicoquímico.

### **6.1.2. Análisis micro-biológico de la materia prima a emplear.**

De acuerdo a los resultados de la muestra de agua para análisis microbiológico, se han encontrado los siguientes resultados.

Como características generales la muestra de agua presenta los siguientes datos:

<b>COLOR</b>	<b>Incoloro</b>
<b>OLOR</b>	Inodoro
<b>ASPECTO</b>	Pocas partículas en suspensión

Con esas características se ha procedido al análisis microbiológico de la muestra obteniéndose los siguientes resultados en la tabla 6.2.

Los siguientes resultados también son pruebas realizadas en el laboratorio de SELADIS de similar forma que las pruebas anteriores<sup>30</sup> determinando.

Tabla 6.2.  
Resultados de los parámetros microbiológicos analizados

<b>NORMA TECNICA</b>	<b>PARAMETROS</b>	<b>VALOR ENCONTRADO</b>	<b>VALOR DE REFERENCIA</b>	<b>NORMA DE REFERENCIA</b>
NB-32003	Aerobios Mesofilos	1.2x10 <sup>3</sup> UFC/ml	1.0x10 <sup>2</sup> UFC/ml	RSE
NB-32005	Coliformes totales	>1600 NMP/100ml	< 2NMP/100ml	NB 512: 2010
NB-32005	Escherichia Coli	17 NMP/100ml	<2NMP/100ml	NB 512: 2010

Fuente: Resultados realizados por SELADIS

Datos técnicos:

<b>NMP</b>	<b>Numero mas probable</b>
<b>NB 512:2010</b>	Norma boliviana de agua potable.
<b>RSE</b>	Reglamento sanitario español

El análisis microbiológico ha considerado 3 parámetros de la muestra de agua, todos están reglamentados bajo la norma boliviana NB-512 y abalada por la norma internacional RSE.

Aerobios mesofilos son el número de bacterias que de acuerdo al valor encontrado de la muestra es 1.2x10<sup>3</sup> UFC por ml de agua cuando el valor de referencia es solo 1.0x10<sup>2</sup> UFC por ml de agua de acuerdo a la norma RSE.

Los coliformes totales son mas de 1600 NMP por cada 100 ml de agua, muy por encima del valor referencial de menos de 2 NMP por cada 100 ml de agua de acuerdo a lo que establece la norma boliviana NB 512. Referente a la escherichia coli, el valor encontrado

<sup>30</sup> Resultados realizados en fecha 17 de noviembre de 2017 por el mismo ver anexo # 10.

de la muestra es 17 NMP por 100 ml, cuando el valor referencial es menor de 2 NMP por cada 100 ml.

De acuerdo a los datos obtenidos se requiere un tratamiento adecuado para eliminar estos elementos por debajo del rango para la purificación de esta agua.

## **6.2. INGENIERIA DEL PRODUCTO.**

### **6.2.1. Descripción técnica del producto terminado.**

**Información de presentación:** Es el agua procesada en cuanto pureza, que cumpla las normas de parámetros de control fisicoquímicos como microbiológicos y sea apta para consumo humano; debe ir impresa en el envase del producto, en este caso será en bolsas sachet de 400 ml inicialmente.

Cuando se alcance la etapa madura, el agua podrá tener otras formas de presentación como embotelladas de 1000 ml 2000 ml, y de 6000 ml, pudiendo analizar si se puede en botellones de 20 litros.

### **6.2.2. Envase y descripción de la etiqueta.**

Al tratarse de presentaciones en sachet, debe tener un sello de etiqueta en las bolsitas que lleven un logo y las respectivas autorizaciones de funcionamiento y los datos de dirección de la empresa que debe cumplir normas standard:

Además de la Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones:

**Nombre del producto** Bajo la legislación nacional, y Codex Standard 227-2001 debe reflejar las expectativas del consumidor local y contener el logo y volumen del producto.

**Origen** Aguas definidas según su origen con el nombre; en el caso de las aguas que cumplan los criterios expuestos de calidad definidas según su origen.

**Composición química** Podrá declararse el contenido de presentación para afirmar su pureza.

**Ubicación geográfica** Cuando así lo exijan las autoridades competentes, habrá de declarar la ubicación geográfica precisa de la planta.

### 6.2.3. Empaque.

Deben ir desde la planta al camión del distribuidor en canastos de 50 bolsitas asta los puntos de distribución del minorista.

### 6.2.4. Características del producto.

Después de la filtración cumple aún más habiendo eliminado 428 g por cada 500 litros tratados. Se garantiza una limpieza microbiológica con el proceso de luz ultravioleta a una intensidad de 13.9 mw/cm<sup>2</sup> para llegar a cumplir los parámetros deseados de la norma.

De esa manera se cumple los requisitos de potabilidad del agua que se está tratando.

## 6.3. DESCRIPCION DEL PROCESO

Al volumen deseado de producción diaria, se calcula los tiempos de producción desde que ingresa el agua de la poza hasta que llega a ser envasada.

**Bombeo de agua:** Por bombeo de agua (bomba 1) desde la poza, se parte de;

Datos técnicos de la bomba:

	Unidad	Magnitud	Unidad en SI.	Magnitud
Potencia	HP	0.5	w	373
Altura			m	5
Caudal	l/min	35	m <sup>3</sup> /s	0.000583

Ecuación de potencia:

$$\text{Pot} = \rho ghQ;$$

$$\rho gh = 373w / 0.000583m^3/s;$$

Energía potencial es:  $\rho gh$ ;

$\rho gh = 639428.57 \text{ J}$  cuando altura  $h = 5$  metros;

Si  $h = 2.5\text{m}$ ;

$\rho gh = 639428.57\text{J}/2$ ;

$\rho gh = 319714.28 \text{ J}$ ;

La potencia es  $\text{Pot} = E_p/t$ ;

Y el tiempo es  $t = 319714.28 \text{ J}/373\text{w}$ ;

$t = 857.14 \text{ s}$ .

Es el tiempo requerido para mover un caudal de 35 litros/minuto;

Que en minutos es 14.29 minutos;

En ese tiempo se mueve un volumen de;

$V = 35 \text{ l/min} * 14.29\text{min}$ ;

Y sería un volumen de;

$V = 500$  litros;

En 14.29 minutos se emplea una potencia de 373watts;

Redondeando a 15 minutos, en una hora esa potencia se cuadruplica;

Y se obtiene  $373\text{w} * 4 = 1492$  watts-hora.

Que equivale a mover 2000 litros en un día de trabajo.

Y si son 1920 litros, solo se requiere 1317.12 watts-hora.

Potencia empleada en el proceso (bomba 1):

Tabla Nº 6.3  
Potencias empleadas por la bomba 1

Unidad	Día	Días laborables semana	Fines de semana	Total semana	Días laborables mes	Consumo total-mes
w	1317,12	6585,6	2634,24	9219,84	28976,64	39513,60
Kw	1,3171	6,5856	2,6342	9,2198	28,9766	39,5136

Fuente: Elaboración propia

Se va trabajar 22 días-mes, pero se va almacenar todo el flujo de agua producido en la semana (7 días) de la vertiente. Se va almacenar la cantidad de agua de sábados y domingos en tanques de 1000 litros para el proceso en días laborables.

**Filtrado:** El agua de la vertiente llega al filtro de bioarena que está instalado en la parte alta de un mesón dentro la planta de tratamiento a un caudal regulado.

El objeto del filtro es mejorar el tratamiento fisicoquímico, debido a que el agua cumple los parámetros, pero sirve para filtrar cualquier partícula en suspensión.

Para que la purificación del filtro sea eficiente en el tratamiento fisicoquímico y microbiológico, solo debería tratar un caudal de 0.6 litros/minuto.

Debido a que su uso solo está condicionado al filtrado fisicoquímico ya que la purificación del agua de elementos patógenos (escherichias, coliformes....) serán tratados por otros instrumentos de purificación, así que tendrá menor altura de arena fina como para tratar hasta 80 litros/hora.

De acuerdo al análisis fisicoquímico del agua a tratar, ya descrito por elementos más comunes encontrados (iones de Ca, carbonatos y anhídridos....) el filtro se aplicaría para reducir aún más sus componentes.

Las zonas del filtro y sus características y componentes técnicos están presentados en el **anexo 6.2.**

**Desinfección UV:** El agua que sale del filtro de bioarena pasa por el tubo donde está instalada la lámpara UV de rayos ultravioleta que es el primer lugar donde se realiza la desinfección del agua a tratar, bajo las siguientes condiciones:

**Potencia de rayos ultravioleta.**

**Luz ultravioleta LUV** de acuerdo a los datos técnicos del equipo (**ver anexo 6.3**),

Por regla de tres, la potencia de la lámpara es:

Con 47w procesa hasta 1.4 m<sup>3</sup> de agua.

Si por hora procesamos 80 litros, se tiene:

Calculo de potencia requerida/hora	
x (w/h)=	0.08m <sup>3</sup> *47w /1.4m <sup>3</sup>
x (w/h)=	<b>2,685714286 w/h</b>

Suponiendo un promedio de 80 l/h; se obtiene la potencia requerida por hora de trabajo.

Con la potencia empleada por hora, se obtiene la potencia requerida por 24 horas.

Calculo a potencia requerida	
x w =	2.685 w/h * 24h
x w =	64,45714286 w
x kw=	0,064457143 kw

A un filtrado constante se requiere 64.4571 watts de potencia en 24 horas.

### Almacenado:

**Tanque 1:** Después que el agua sale del tubo donde está la lámpara UV llega al tanque 1 de capacidad de 500 litros que de acuerdo al caudal se llenaría en 6 horas con 15 minutos.

Todo el proceso hasta aquí mencionado, se realiza de manera automática un día antes para llenar el primer tanque, antes que comience la jornada de trabajo.

**Tanque 2:** Se trasvasa el agua que ha llegado al tope del tanque 1 al tanque 2 via 2 métodos:

**Rebalse:** Cuando se ha llenado el tanque 1 y el excedente de agua se desplaza por una tubería al tanque 2.

**Grifo:** Cuando se requiere agua inmediata para el proceso de ozonificación y sellado, se abre el grifo y se vacía de inmediato al tanque 2 cuando está vacío aplicando 2 pasos.

i) Igualdad de presión atmosférica.

Si el tanque 2 está lleno, se abre el grifo, como ambas superficies tanque 2 y tanque 3 están sometidas a presión atmosférica, al principio la presión del tanque 2 es mayor, por lo tanto el agua se vacía al tanque 3 automáticamente, en ambas se ejerce el peso específico del agua hasta alcanzar el mismo nivel de agua.

Si vaciamos del tanque 2 al tanque 3, existe una presión inicial  $pgh$ ;

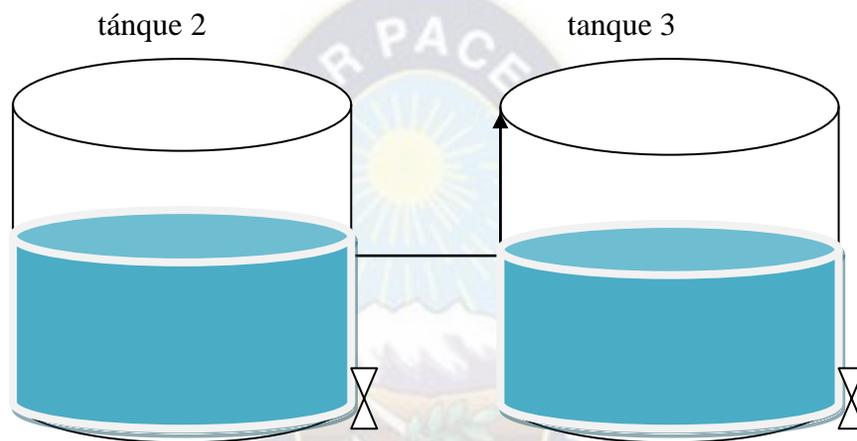
- $\rho$ : densidad del agua.
- $g$ : gravedad.
- $h$ : altura del tanque lleno de agua.

Datos de  $pgh$ ;

- $\rho$ : 1 gr/cm<sup>3</sup>.
- $g$ : 9.78 m/s<sup>2</sup>.
- $h$ : 1 m.

Figura N° 6.1.

Trasvase del tanque 2 al tanque 3 hasta igualar las presiones atmosféricas.



Fuente: Elaboración propia.

Debido a la presión atmosférica en el tanque 2 (lleno) y tanque 3 (vacío), Por la fórmula de peso específico por la altura (1m) en el tanque 1, se obtiene la siguiente presión:

- $P_o = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 9.78 \text{ (m/s}^2\text{)} * 1 \text{ (m)}$ .
- $P_o = 9780 \text{ Pa}$  de presión inicial en el tanque 2 cuando está lleno.

Cuando ambas presiones atmosféricas (del tanque 2 y tanque 3) se igualan, como se ve en la figura de arriba, las alturas de agua en ambos tanques es la misma, por lo tanto ambas llegan a la mitad.

Ahora se calcula la nueva presión en el tanque 2 (figura de arriba).

- $P_1 = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 9.78 \text{ (m/s}^2\text{)} * 0.5 \text{ (m)}$ .
- $P_1 = 4890 \text{ Pa}$

Aplicando la ley de Torricelli, se calcula la velocidad de salida del tanque 1 del orificio (grifo) que está situado en su parte inferior.

Velocidad de salida:

- $v = \sqrt{(2 \cdot P_0 - P_1) / \rho + 2 \cdot g \cdot h / 2}$  (Serway, 2004);

Reemplazando los datos;

- $v = \sqrt{(2 \cdot 9780 - 4890) \text{ (kg/m}^3\text{)} / 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} + 2 \cdot 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)} \cdot 0.5 \text{ (m)}};$
- $v = 4.42 \text{ m/s.}$

Caudal de salida.

El caudal de salida de la llave del tanque 2 será el siguiente:

- $Q = v \cdot A$ ; donde
- $Q$  : Caudal de salida de la llave del tanque 2;
- $v$ : velocidad de salida del agua;
- $A$ : Área del orificio de la llave de salida;
- $A = \pi \cdot r^2$ ; donde el radio del orificio es 1 cm:
- $A = \pi \cdot (0.01 \text{ m})^2$ ;
- $A = 0.0003141 \text{ m}^2$ ;

Por lo tanto el caudal será;

- $Q = 4.42 \text{ (m/s)} \cdot 0.0003141 \text{ m}^2$ ;
- $Q = 0.00139 \text{ m}^3/\text{s.}$

Su tiempo de vaciado se calcula por:

- $Q = V/t$ ; por lo que
- $t = V/Q$ ;
- $t = 0.250 \text{ (m}^3\text{)} / 0.00139 \text{ (m}^3/\text{s)}$ ;
- $t = 179.85$  segundos, que equivale a 3 minutos redondeados.

ii) Vaciado por bomba de agua.

Como han quedado 250 litros en el tanque 2, tiene una altura de 0.5 metros, por lo que se bombea al tanque 3 del siguiente modo;

Por diferencial de presión se calcula la potencia de la bomba;

Tabla N°6.4  
 Datos y potencia empleada por la bomba 2

Variable	Datos de la 2ª bomba.		
	Formula	Unidad	Magnitud
Caudal	Q	m <sup>3</sup> /s	0,00139
Presión	Pgh	Pa	4890
Altura	H	m	5
Tiempo	T	s	180
Potencia	$\rho gh * Q$	w	6,797

Fuente: Elaboración propia

Si no consideramos perdidas por rozamiento de material, obtenemos la siguiente potencia;

La Potencia será de 6.797 watts, suficientes para 250 litros.

Y para vaciar 1000 litros en un día intermitentemente, entonces se requiere 27.19 watts sin necesidad de emplear toda la capacidad de una bomba.

**Descargue de agua acumulada en fin de semana.**

Después del fin de semana se han acumulado 3840 litros, que serán descargados al tanque 3 directamente.

Dada su capacidad de 500 litros, por especificación técnica de la bomba (1/2 HP) es la potencia requerida. Mover casi 2000 litros representa emplear 2 HP (1492 watts) de potencia.

**Ozonificación:** Se conecta el equipo de ozono al tercer tanque de almacenamiento de agua para que burbujee el ozono antes que salga al equipo sellador de bolsas de plástico.

**Tanque 3: Se llena** o por rebalse del tanque 2 o porque se ha soltado la llave para llenar mas rápido.

Después que el agua sale del 2do.tanque, ingresa al 3er. tanque donde a través de una manguera se introduce el ozono generado por el equipo. Para una ozonificación que garantice una desinfección al 100% del agua tratada, se necesita 0.8 ppm o sea un equivalente a 0.8 mg/ l.

Parámetros de requerimiento y producción O <sub>3</sub>		
	Unidad	cantidad
volumen requerido	Litro	1
masa requerida	Mg	0,8
Tiempo	Minuto	60
masa producida	Mg	3000

Significaría que para 1920 litros se requiere una cantidad de:

$$\text{mg O}_3 = 0.8\text{mg/l} * 1920 \text{ l}^{31};$$

$$\text{mg O}_3 = 1536 \text{ mg O}_3.$$

Producir 1 kg de O<sub>3</sub> requiere una potencia de 7 kw.

Para 1536 mg de O<sub>3</sub>, se requiere una potencia por regla de 3:

Tiempo requerido para producir		
	1920 litros	500 litros
masa de O <sub>3</sub> (mg)	1536	400
Tiempo (min)	30,72	8
Potencia (kw)	0.01075	0.0028

Para todo el proceso se requiere 0.010752 kw. Y para un tanque lleno se requiere 0.0028 kw de potencia.

**Calculo del tiempo empleado en el proceso.**

Ozonificación de un tanque lleno: Para burbujear el ozono en el agua, antes de ser envasada en el tanque de 500 litros, introduciendo 400 mg de O<sub>3</sub>. Y para producir esa cantidad el equipo de ozono requiere 8 minutos solamente.

Tiempo requerido para producir		
	1920 litros	500 litros
masa de O <sub>3</sub> (mg)	1536	400
Tiempo (min)	30,72	8

Para todo el proceso se requiere 30.72 minutos

<sup>31</sup> Se debería tomar 1918 litros, pero el volumen operado esta diferencia para inyectar ozono s indiferente.

**Sellado:** Durante el tiempo de llenado de los tanques, se prepara el nylon de polietileno que sirve para envasar el agua que sale de los tanques.

Cuando se ha terminado la ozonificación, se prende la selladora y el agua sale del tanque 3 por una llave que tiene regulando un caudal de máximo que es el calculado por la ley de Torricelli, ajustado a la capacidad de envase de 1200 bolsas/hora hasta cumplir el volumen planificado de producción.

De acuerdo a los datos técnicos y rendimiento del equipo (**ver anexo 6.2**) se puede realizar los siguientes cálculos de acuerdo al requerimiento de agua a procesar:

Si tiene un rendimiento de 1200 **bolsas/hora y 45 w de potencia.**

Con esta información se determina la cantidad de energía empleada en el proceso:

Conversión de litros de agua a unidades de bolsitas.

Una selladora con esas características, puede actuar de la siguiente manera :

Si 1 bolsa contiene 400 ml.

Por regla de tres, se encuentra el número de bolsas.

$$X \text{ bolsas} = 1918 \text{ l} * 1 \text{ bolsa} / 0.400 \text{ l.}$$

$$X \text{ bolsas} = 4795 \text{ bolsas.}$$

#### **Calculo del tiempo empleado en el sellado de bolsas.**

Cada hora se pueden sellar 1200 bolsas con una potencia de 45 watts.

Para 4800 bolsas se requiere el siguiente cálculo;

Potencia para 4800 bolsas	
watts	180 W
kilowatts	0,18 Kw

#### **Mermas del proceso.**

Si se asume que son 18 litros la pérdida o merma en esta fase del proceso, equivale a 45 bolsas, menos que se disponen a la distribución y venta.

Cantidad a la venta.

De 4795 bolsas que se producen, un equivalente de 45 bolsas se pierden en el proceso, por lo tanto son 4750 bolsas que se ponen a la venta.

En este tiempo de trabajo la persona encargada de manejar la selladora, debe parar la máquina y debe acomodar las bolsitas en el estante de donde sale el producto afuera.

**Almacenamiento:** Las bolsas se almacenan en canastas de plástico y se colocan en las alacenas hasta el día siguiente cuando el distribuidor viene a recoger el producto en su camioneta.

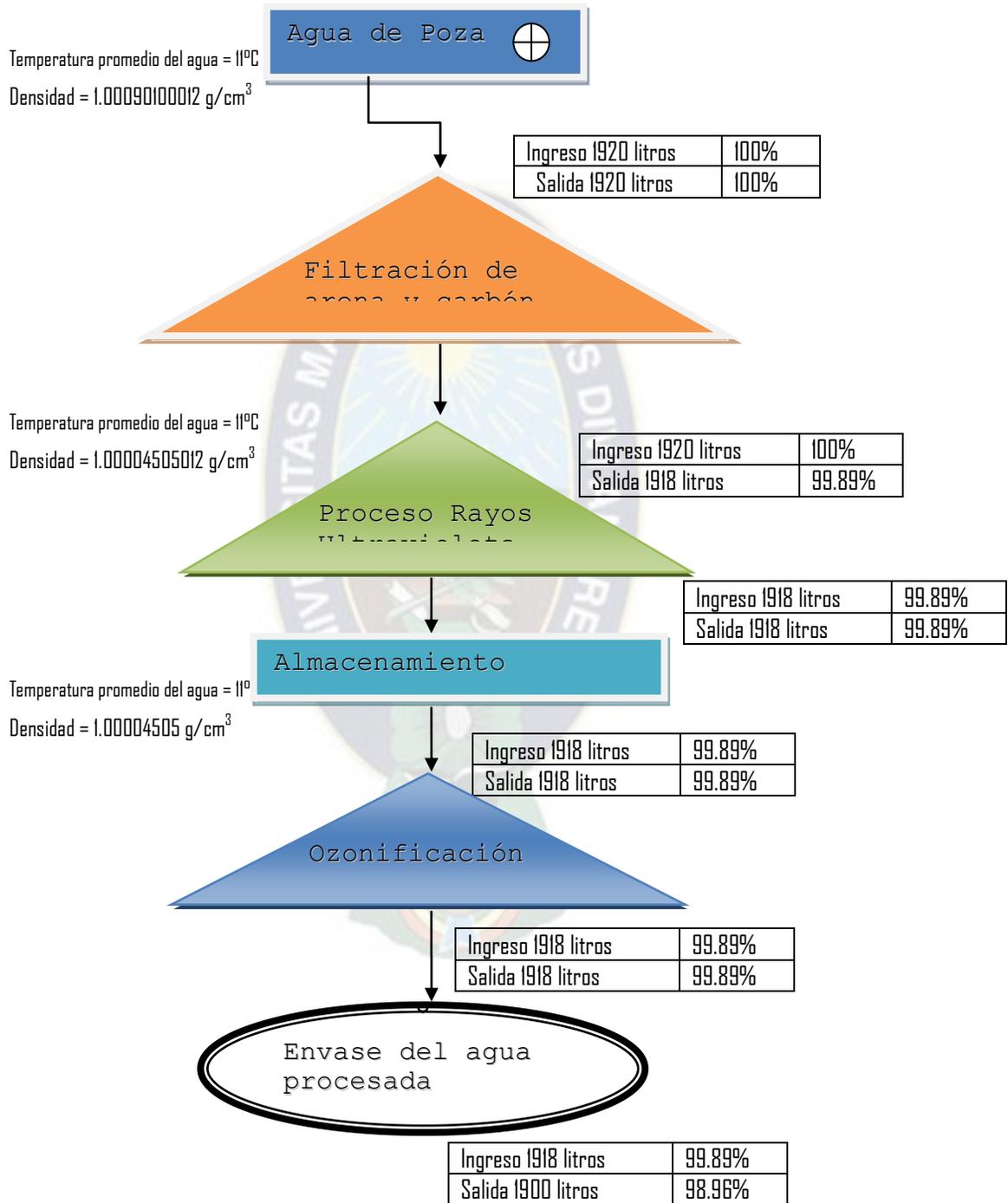
#### **6.4. DIAGRAMA DEL FLUJO DEL PROCESO.**

De acuerdo a las características del agua a tratar y el proceso descrito, se podría aplicar el siguiente diagrama de flujo de proceso (diagrama 6.1):

Además se toma en cuenta la temperatura del agua en todo momento del proceso como parámetro, su densidad real cuando ingresa al proceso hasta que sale al envasado (estos datos se toman mas adelante) para medir la cantidad de dureza que ha perdido, y que porcentaje de microorganismos y bacterias ha perdido.

Otro parámetro importante es el registro de volumen de agua que ingresa y sale de cada fase del proceso.

Diagrama N° 6.1.  
Diagrama de flujo y Balance Hídrico del proceso.



## 6.5. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.

De acuerdo a las dimensiones planeadas de la planta, se tiene una dimensión de planta que se muestra en el **anexo N° 7** elaborada en el programa sketch up y cuyos datos referenciales están ahí.

Se tiene el predio (terreno donde se va construir la planta de agua además de los ambientes donde operara la oficina de la empresa).

La superficie del predio alcanza a 75 m<sup>2</sup> una extensión bastante pequeña debido a que se trata de una microempresa.

### **Dimensión de toda la Planta:**

Se ha dividido toda la planta en 2 áreas bien definidas por su actividad:

**Planta:** Lugar donde se realiza el proceso de tratamiento del agua extraída de la poza de vertiente, y cuyos procesos son de tratamiento fisicoquímico y de tratamiento microbiológico del agua extraída del agua de la poza.

**Oficinas:** Ambientes donde se realiza la labor indirecta; la administración general de la empresa, la contabilidad y las finanzas, y los estudios del mercado y sus pronósticos de demanda del producto.

A continuación se observa la dimensión de ambas áreas:

Tabla N° 6.5.  
Datos de la Dimensión de Planta y Oficinas.

<b>Construcción de la Infraestructura</b>			
<b>ITEM</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Área</b>
<b>Planta</b>	<b>5</b>	<b>7,5</b>	<b>37,5</b>
<b>Administración</b>	<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>10,5</b>
<b>Comercio</b>	<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>
<b>Total Superficie:</b>			<b>51,0</b>
<b>Baño</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>2,25</b>
<b>Total Superficie:</b>			<b>53,25</b>

Fuente: Elaboración propia

Como área total construida se tiene 51 m<sup>2</sup>.

Además se tienen el baño cuya área es de 2.25 m<sup>2</sup> que sumando al área anterior, hace una superficie de 53.25 m<sup>2</sup> construida.

### 6.5.1. Edificaciones.

El terreno donde se planea ejecutar la construcción ha sido adquirido por herencia.

Todo el detalle de los materiales están sobre la base a costos de construcción<sup>32</sup> para el respectivo ítem en las 4 áreas mencionadas:

**Planta:** Área 37.5 m<sup>2</sup>. Tiene el siguiente detalle mencionado en el cuadro:

Tabla Nº 6.6.  
Ítems de la construcción de la planta.

ITEM	Unidad	DIMENSION	PRECIO UNITARIO (Bs)	COSTE (Bs)	TOTAL
Excavación	m3	3,92	53,79		210,86
Cimiento	m3	3,92	473,73		1857,02
Pared (ladrillo 12 cm)	m2	51,00	108,05		5510,55
Techo(teja española)	m2	37,50	48,00		1800,00
Cielo falso	m2	37,5	31,46		1179,75
Columnas	m3	0,55	3083,21		1701,93
Piso baldosa cerámica	m2	37,50	184,83		6931,13
Mesón (2) (m <sup>2</sup> )	m2	3,38	162,43		548,20
Pared cerámica	m2	23,50	414,91		9750,39
Pared estuco	m2	27,50	163,52		4496,80
<b>Total:</b>					<b>33986,62</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la revista Presupuesto & Construcción 2018.

Excavación: Se realiza una zanja perimetral en el contorno de la construcción de dimensión ancho 0.20 m profundo 0.8 m y perímetro de 24.5 m.

Cimientos: De la dimensión de la zanja que incluye de material cemento, arena, grava y piedra para cimiento; también incluye la mano de obra (albañil y ayudante) y otros herramientas.

Columnas: También llamado Hormigón Armado. Medidas de 0.55 m<sup>3</sup>, son los pilares donde se levanta las paredes, el techo, y la obra fina. Se usa materiales como cemento,

<sup>32</sup> Información de la revista Presupuesto & Construcción de año 2018.

fierro, arena, grava, madera de construcción, clavo, alambre y herramientas, también incluye la mano de obra (encofrador, albañil, ayudante).

Paredes: Hechas con ladrillo de 12 cm y recubren todos los ambientes de la planta. Su dimensión es en total 51 m<sup>2</sup> de pared. También incluye cemento, arena y mano de obra.

Pisos: Para el área de la planta se recubrirá con cerámica que incluye el material, cemento, arena y mano de obra. Área de 37.50 m<sup>2</sup>.

Techos: Se va emplear teja española por la calidad y de la dimensión 37.50 m<sup>2</sup> incluye material, madera y mano de obra.

Mesones: Hechos de piedra, arena cemento y fierro para resistir el peso del agua almacenada en el tanque hasta 500 kg. Cada uno.

Pared cerámica: Recubre una altura de 1 metro desde el suelo el interior de la planta.

Pared de estuco: Recubre todas las paredes del área de oficina y el metro de altura de la planta desde la cerámica al techo.

Cielo falso: Tumbado que separa el techo de los ambientes interiores tiene la misma dimensión del techo. Materiales alambre enmallado, estuco madera y mano de obra.

**Administración:** Dimensión 10.5 m<sup>2</sup>. Su detalle se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla N° 6.7.

Ítems de la construcción de Administración.

ITEM	Unidad	DIMENSION	PRECIO	COSTE
			UNITARIO (Bs)	TOTAL (Bs)
Excavación	m3	2,4000	53,79	129,10
Cimiento	m3	2,4000	473,73	1136,95
Pared (ladrillo 12 cm)	m2	30,0000	108,05	3241,50
Techo(teja española)	m2	10,5000	48,00	504,00
Cielo falso	m2	10,5000	31,46	330,33
Columnas	m3	0,2760	3083,21	850,97
Piso parkett	m2	10,5000	162,46	1705,83
Pared estuco	m2	30,0000	163,52	4905,60
Pintado	m2	30,0000	34,67	1040,10
<b>Total:</b>				<b>13844,37</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la revista Presupuesto & Construcción 2018.

Excavación: Ídem detalle de planta; ancho 0.20m; profundo 0.8m; perímetro 15m.

Cimientos: De la misma dimensión de la zanja 15 m; ídem detalle planta.

Columnas: También llamado Hormigón Armado. Medidas de 0.276 m<sup>3</sup>, ídem detalle planta.

Paredes: Su dimensión es en total 30 m<sup>2</sup> de pared. Ídem materiales planta.

Pisos: Para el área de oficina se incluye parkett e incluye el material, cemento, pegamento y mano de obra. Área 10.5 m<sup>2</sup>.

Techos: Se va emplear teja española por la calidad y de la dimensión 10.5 m<sup>2</sup> material ídem planta.

Pared de estuco: Recubre todas las paredes del área de oficina y el metro de altura de la planta desde la cerámica al techo.

Cielo falso: Ídem planta.

**Comercio:** Dimensión 3 m<sup>2</sup>. Se presenta su detalle en el siguiente cuadro.

Tabla Nº 6.8.  
Ítems de la construcción de Comercio.

<i>ITEM</i>	<i>Unidad</i>	<i>DIMENSION</i>	<i>PRECIO UNITARIO (Bs)</i>	<i>COSTE TOTAL (Bs)</i>
Excavación	m3	1,1200	53,79	60,24
Cimiento	m3	1,1200	473,73	530,58
Pared (ladrillo 12 cm)	m2	13,0000	108,05	1404,65
Techo(teja española)	m2	3,0000	48,00	144,00
Cielo falso	m2	3,0000	31,46	94,38
Columnas	m3	0,1840	3083,21	567,31
Piso parkett	m2	3,0000	162,46	487,38
Pared estuco	m2	13,0000	163,52	2125,76
Pintado	m2	13,0000	34,67	450,71
<b>Total:</b>				<b>5865,01</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la revista Presupuesto & Construcción 2018.

Excavación: Ídem material de administración; ancho 0.20m; profundo 0.8m; perímetro 7m.

Cimientos: De la misma dimensión de la zanja 7 m; ídem detalle administración.

Columnas: También llamado Hormigón Armado. Medidas de 0.184 m<sup>3</sup>, ídem material administración.

Paredes: Su dimensión es en total 13 m<sup>2</sup> de pared. Ídem material administración.

Pisos: Material ídem administración. Área 3 m<sup>2</sup>.

Techos: Ídem administración dimensión 10.5 m<sup>2</sup>.

Pared de estuco: Ídem material administración.

Cielo falso: Ídem planta.

**Baño:** Dimensión 2.25 m<sup>2</sup>. Su material viene en el siguiente detalle.

Tabla Nº 6.9.

Ítems de la construcción de Baño.

ITEM	Unidad	DIMENSION	PRECIO UNITARIO (Bs)	COSTE (Bs)	TOTAL
Excavación	m3	0,9600	53,79		51,64
Cimiento	m3	0,9600	473,73		454,78
Pared (ladrillo 12 cm)	m2	7,9000	108,05		853,60
Techo(teja española)	m2	2,2500	48,00		108,00
Cielo falso	m2	2,2500	31,46		70,79
Columnas	m3	0,1840	3083,21		567,31
Piso baldosa cerámica	m2	2,2500	184,83		415,87
Pared cerámica	m2	4,0000	414,91		1659,64
Pared estuco	m2	3,9000	163,52		637,73
<b>Total:</b>					<b>4819,35</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la revista Presupuesto & Construcción 2018.

Excavación: Ídem planta ancho 0.20 m profundo 0.8 m y perímetro de 6 m.

Cimientos: Área similar a excavación Ídem material planta.

Columnas: También llamado Hormigón Armado. Medidas de 0.184 m<sup>3</sup>, ídem material planta.

Paredes: Su dimensión es total 7.9 m<sup>2</sup> de pared. Ídem material planta.

Pisos: Ídem material planta. Área de 2.25 m<sup>2</sup>.

Techos: Ídem material planta dimensión 2.25 m<sup>2</sup>.

Pared cerámica: Ídem material planta. Área 4 m<sup>2</sup>.

Pared de estuco: Ídem material planta. Área 3.9 m<sup>2</sup>.

Cielo falso: Ídem material planta. Área 2.25 m<sup>2</sup>.

### 6.5.2. Maquinaria y Equipo.

Se va describir todo el equipo a utilizar en la planta en forma secuencial.

Tabla Nº 6.10.  
Inversión en Maquinaria y Equipo del proyecto

Equipo empleado	Cantidad	Precio	Inversión en Bs.	Tiempo de vida años	Valor lineal anual de depreciación
Bomba d potencia 1/2 HP.	2	700	1400,00	6	233,33
Flotador de Nivel	1	210	210,00	6	35,00
Tanques de 1000 l.	4	850	3400,00	15	226,67
Filtro de arena y carbón.	2	520	1040,00	15	69,33
Tanques de recepción cap 500 l c/u	3	660	1980,00	10	198,00
Lámpara 1 de rayos UV.	2	600	1200,00	5	240,00
Ozonificador.	1	3400	3400,00	5	680,00
Selladora de bolsas.	1	47889	47888,95	6	7981,49
Contador de colonias	1	1000	1000,00	5	200,00
Phmetro	1	450	450,00	5	90,00
Controlador físico	1	750	750,00	5	150,00
<b>TOTAL:</b>			<b>62718,95</b>		<b>10103,83</b>

Fuente: Elaboración propia en base a 'Nueva Tabla de Depreciación de Activos Físicos

- Bomba de Agua (2):** Son bombas de medio HP. La primera es para bombear el agua de la poza al filtro de bioareana. La segunda es para terminar el vaciado del tanque 2 al 3. Ambas pueden bombear hasta 40 m<sup>3</sup>. Se puede usar el tiempo necesario de bombeo hasta obtener el volumen deseado para el proceso.

2. **Filtro de Bioarena:** Filtro diseñado de arena y grava para filtrar moléculas y partículas en suspensión que se encuentran en el agua.
3. **Lámpara de rayos UV:** Después del filtro de bioarena, el agua circula por un paso donde está conectada a la luz de una lámpara ultravioleta LUV por el cual debido al tiempo de exposición los microbios son destruidos en un tiempo prudente de exposición quedando limpia en casi un 99%.
4. **Tanque 1 de recepción de agua:** Tiene una capacidad de 500 litros, acá se recepciona el agua después de haber sido tratada con rayos ultravioleta.  
Cuando el caudal de la vertiente está por debajo de su límite inferior se emplea ese caudal constante en almacenar en un tanque de 500 litros en los periodos nocturnos cuando no hay actividad de producción de agua de mesa.
5. **Tanque 2 de recepción de agua:** Acá se recepciona el agua que desborda del tanque 1. También tiene un grifo o válvula en la parte inferior para trasvasar al tanque 3.
6. **Tanque 3 de recepción y ozonificación:** Se recepciona el agua del tanque 2 y a 500 litros se ozonifica antes de enviar al envase.
7. **Ozonificador:** Burbujea el ozono en el tanque 3 para asegurar una desinfección al 100% del agua.
8. **Selladora:** Cuando el agua del tanque 3 esta lo suficiente ozonificada, ya se puede envasar y aislar el producto para llevarlo al almacén de productos terminados dada la capacidad y características del equipo.
9. **Contador de Colonias:** Para asegurar el control de calidad, se realiza el conteo de colonias bacterianas antes, durante el proceso y al final.
10. **PHmetro:** Se mide el nivel de acidez y alcalinidad del agua antes de ingresar al proceso y cuando ya es producto terminado.
11. **Controlador físico:** Mide los niveles de ciertos elementos como calcio y otros iones que están en el agua antes y después del proceso.

### 6.5.3. Instalaciones

Las instalaciones se dividen en 2; De tuberías y sanitarios y eléctrica.

Tuberías y sanitarios: Son instalaciones de agua; Consta de tubos, codos necesarios para trasportar el agua en la planta.

Sanitarios: Consta de los accesorios para el cuarto de baño; lavamanos, jabonera, portapapeles e inodoro.

Tubo de desagüe: De dimensión de 4 metros, sirve para el desagüe de aguas residuales del cuarto de baño.

Tabla Nº 6.II.  
Inversión en Instalaciones y Material.

Instalaciones y Material	Cantidad	Precio	Inversión en Bs.	Tiempo de vida años	Valor lineal anual de depreciación
Instalación Tuberías:					
-Mano de Obra			900,00		
-Material			200,00	10	20,00
Tubo PVC L=6m de 1/2'	1	30,00	30,00	10	3,00
Manguera	10	3,60	36,00	10	3,60
Papelero	1	25,30	25,30	10	2,53
Javonera	1	23,70	23,70	10	2,37
Lavamanos	1	103,40	103,40	10	10,34
-Sanitarios	1	571,00	571,00	10	57,10
-Tubo desagüe	1	72,00	72,00	10	7,20
<b>Total:</b>			<b>1961,40</b>		<b>106,14</b>
Instalación Eléctrica:					
-Mano de Obra			1200,00		
-Alambre(1x14)	1	176,00	176,00	10	17,60
-Tubo L=3m	15	4,50	67,50	10	6,75
Caja	1	95,00	95,00	10	9,50
Interruptores	10	48	480,00	10	48,00
<b>Total:</b>			<b>2018,50</b>		<b>81,85</b>
Ventana, Puertas, Chapería			4089,68	10	408,97
<b>Total:</b>			<b>8069,58</b>		<b>596,96</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la revista Presupuesto & Construcción 2018.

Instalación eléctrica: Consta de todo el sistema de cableado para la planta, ambientes de oficina y baño a la fuente de energía.

Primero se instala tubos (3 metros) para que ingresen los cables (1x14) pulgadas por todos los ambientes, después se coloca los interruptores y tomacorrientes, luego se instala la caja del medidor.

Ambas instalaciones incluyen la mano de obra.

#### 6.5.4. Muebles y Enseres

Son el equipamiento interior para planta y ambientes de oficina y que sirven para guardar y almacenar diferentes cosas.

Enseres para la planta:

Anaqueles de almacenaje de productos.

Sirve para almacenar y tener un inventario diario y periódico de los productos terminados en canastas para mejor manejo de las bolsas de agua listas para la distribución.

#### Enseres de oficina.

Consta de estante para papeles, muy importante para guardar hojas en archivos físicos y materiales de uso de oficina.

Escritorio: Para realizar los trabajos de oficina de los gerentes de las 3 áreas.

Computadoras: Para realizar el trabajo de las áreas de la empresa.

Tabla Nº 6.12.  
Inversión en Activos Fijos Muebles y Enseres

Muebles y Enseres	Cantidad	Precio	Inversión en Bs.	Tiempo de vida años	Valor lineal anual de depreciación
Anaqueles de almacenaje de productos terminados	1	2025,76	2025,76	7,00	289,39
Computadoras	2	2000	4000,00	5,00	800,00
Escritorio	2	500	1000,00	7,00	142,86
Estante de papeles	1	700	700,00	7,00	100,00
<b>Total:</b>			<b>7725,76</b>		<b>1332,25</b>

Fuente: Elaboración propia en base a 'Nueva Tabla de Depreciación de Activos Físicos

## **6.6. LAY OUT DEL PROCESO.**

**El** lay out del proceso es en ‘U’ de acuerdo al siguiente diagrama por orden de numero de acuerdo al orden del proceso. Se realiza en forma secuencial desde la entrada hasta el almacenaje.

### **6.6.1 Condiciones de operación.**

**Para** que la planta opere, debe existir la energía necesaria para mover el agua desde la poza hasta el equipo de filtración fisicoquímica.



**Distribución en U.**

Diagrama 6.2.  
Lay Out de la planta (Vista Frontal).

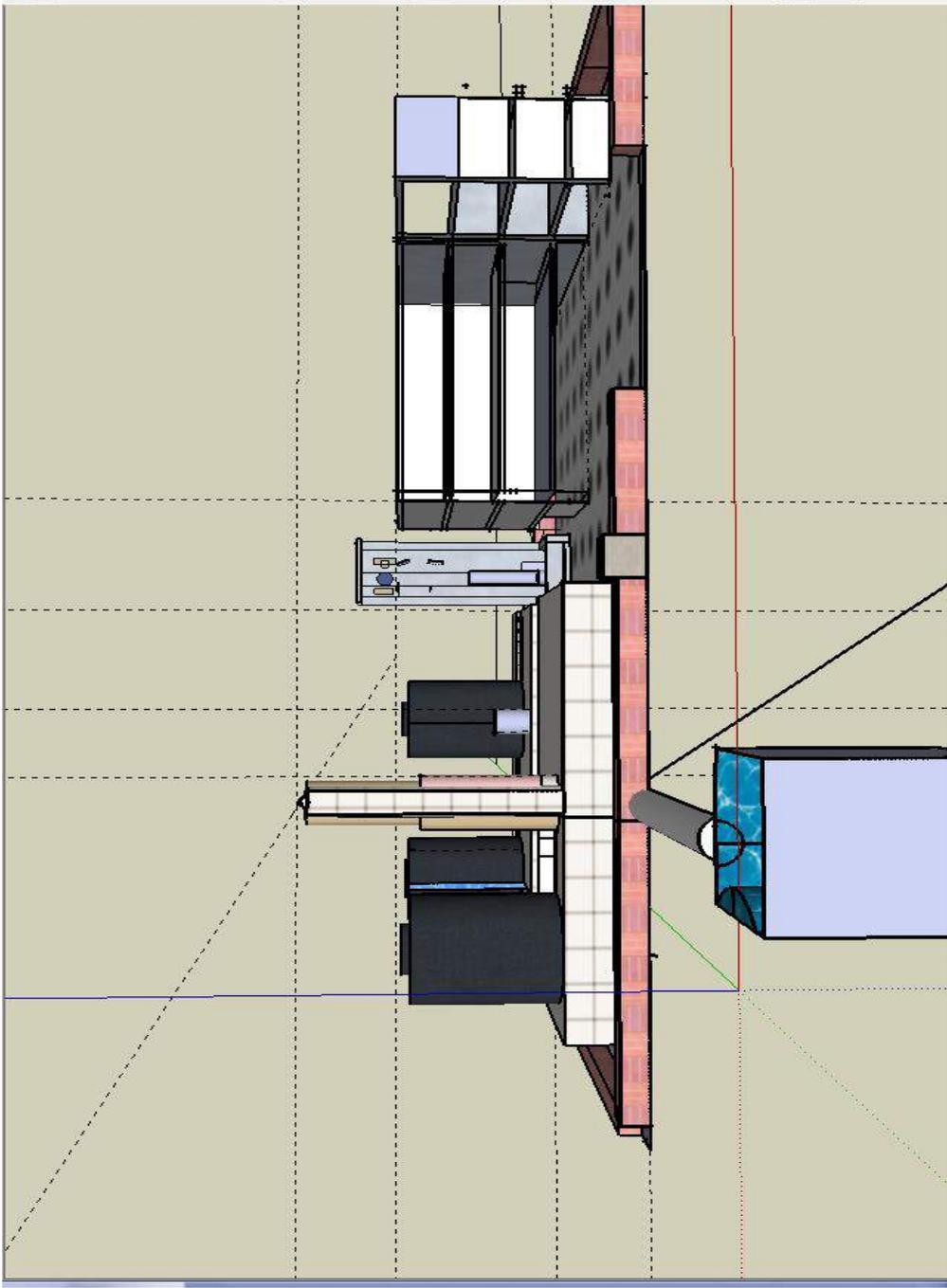
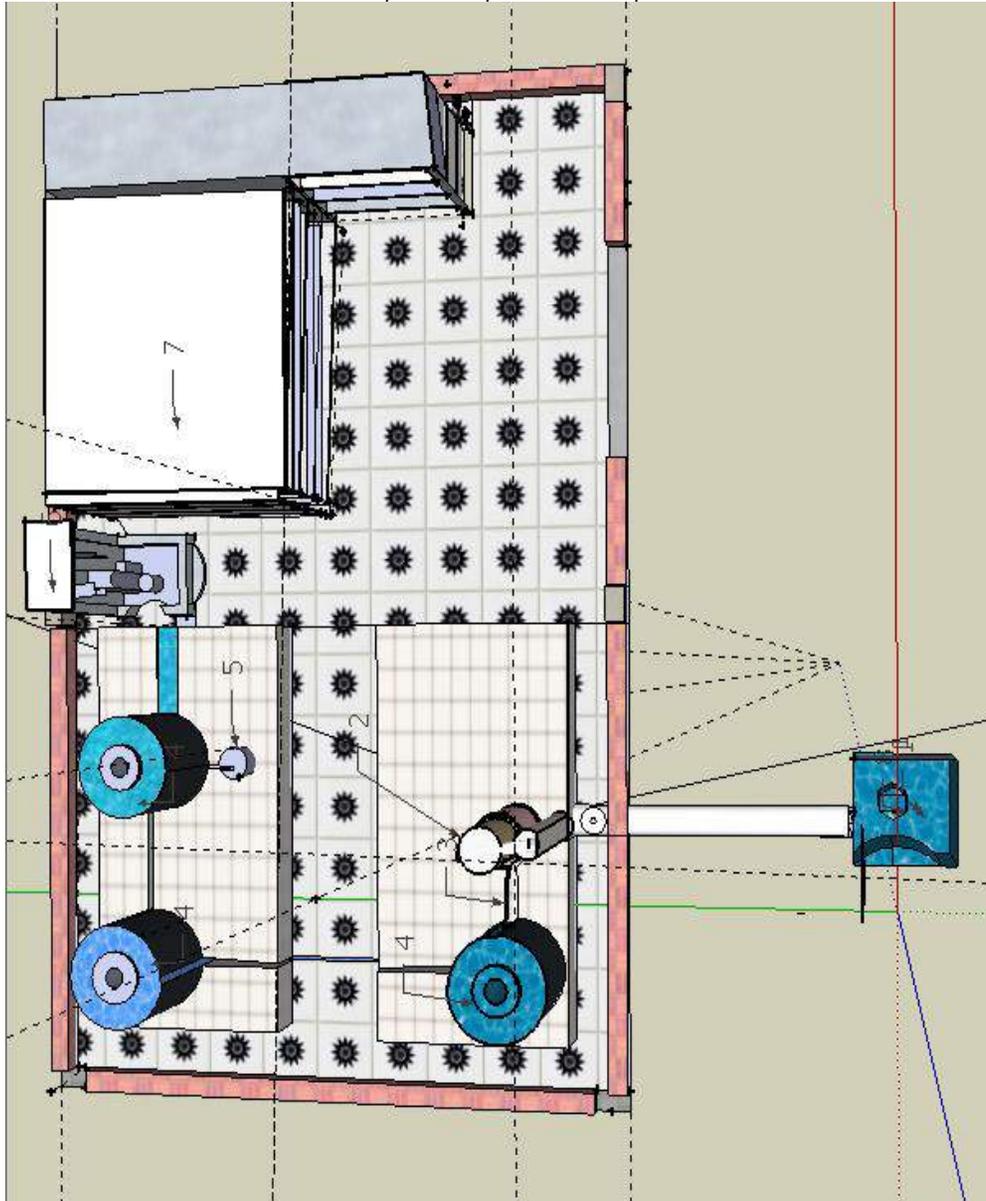


Diagrama 6.3.  
Lay Out de la planta (Vista de planta).



1. Fuente de Agua.
2. Estación de Filtrado (Filtro de bioarena).
3. Lámpara de luz ultravioleta.
4. Tanques de Almacenamiento.
5. Ozonificador.
6. Selladora.

7. Almacenamiento del producto.
8. Bomba de agua.

## 6.10. BALANCE DE MATERIA

Se tiene los siguientes datos para el cálculo de balance de materia:

Filtro de bioarena de 2 procesos; Filtra elementos y sustancias bajo características del equipo, que después del proceso el agua pasa a la purificación de rayos ultravioleta, de acuerdo al rendimiento del equipo tiene un 95% de rendimiento, lo que dice que queda en sus membranas micrométricas, básicamente el proceso sería:

### **Etapas 1 Filtración Fisicoquímica.**

#### **Características del agua a tratar:**

Temperatura media del agua:  $T = 11^{\circ}\text{C}$ .

#### **Contaminación fisicoquímica:**

Total de ppm equivale a 901.68 mg/litro de agua;

En 1920 litros;

$901.68\text{mg/l} * 1920 \text{ l} = 1731225.6 \text{ mg}$ ;

Habría 1731.26 gramos de sustancias fisicoquímicas.

Los equipos de filtración fisicoquímica tienen una capacidad de purificación al 95%, por lo tanto sería;

$M_p$ : masa purificada.

$M_p = 1731225.6 \text{ mg} * 95\% = 1664664.32 \text{ mg}$ .

$M_p = 1664.66 \text{ g}$ .

Después del proceso de filtración, se habría eliminado 1664.58 gramos de sustancias fisicoquímicas mencionadas en la tabla.

### **Etapas 2. Eliminación microbiológica:**

Se determina la contaminación microbiológica por ufc<sup>33</sup>. También se maneja las nmp<sup>34</sup>.

---

<sup>33</sup> Una ufc (Unidades Formadoras de Colonias), son las unidades de medición de colonias de bacterias en un volumen de solución.

<sup>34</sup> Nmp. Número más probable.

Se puede estimar la masa de bacterias que hay en un determinado volumen de solución de agua de acuerdo a datos de la tabla 6.2 de resultados de análisis en laboratorio:

- *Un equivalente  $1.2 \cdot 10^3$  ufc/ml es  $1.2 \cdot 10^5$  nmp /100 ml. Equivale a:*
- *$1.2 \cdot 10^{-4}$  ppm / 1000 ml, que es 0.00012 mg por cada litro.*
- *$1617$  nmp / 100 ml,  $1.62 \cdot 10^{-7}$  ppm / 100 ml. Que es 0.00000162 mg por litro.*
- *Sumando ambos es: 0.00012162 mg / l.*

**Densidad total del agua:**

*Se tiene lo siguiente:*

Densidad ideal del agua:  $\rho = 1.00$  g/cm<sup>3</sup>.

Por lo tanto la densidad del agua:  $\rho = (1.0000 + 0.000901 + 1.21 \cdot 10^{-10})$  g/cm<sup>3</sup>.

$\rho = 1.00090100012$  g/cm<sup>3</sup>;

Masa de agua antes del proceso con volumen de 1918 litros;

$$m = 1.00090100012 \text{ kg/l} * 1918 \text{ l.}$$

$$m = 1919.72811 \text{ kg.}$$

**Etapa 3. Característica del agua después del proceso de filtración:**

Temperatura media del agua:  $T = 11^\circ\text{C}$ .

Calculo de la masa del agua:

**Por densidades:**

Densidad ideal:  $\rho = 1.00$  g/cm<sup>3</sup>.

Rendimiento de la proceso fisicoquímica, 95%.

Un rendimiento del 95% es:

$$\text{Ren} = 95\% * 0.000901 \text{ g};$$

$$\text{Ren} = 0.0008559 \text{ g};$$

Masa del agua por cada gramo después del proceso de filtración fisicoquímica es:

$$M_{\text{du}} = (1.00090100012 - 0.0008557) \text{ g};$$

$$M_{\text{du}} = 1.00004505012 \text{ g};$$

Densidad del agua después del proceso;

Densidad del agua:  $\rho = 1.00004505012$  g/cm<sup>3</sup>.

Balance de materia después de la filtración para un volumen de agua:

Volumen de agua  $V = 1918$  l;

Densidad antes del proceso

Con la densidad después del proceso:

$$\rho = 1.00004505012 \text{ g/cm}^3:$$

Masa de agua será:  $m_u = 1918 \text{ l} * 1.00004505012 \text{ kg/l}$ :

$$m_u = 1918.08640 \text{ kg}.$$

El diferencial de masa antes y después del proceso dice que habrá una pérdida de;

$$\Delta m = (1918.08640 - 1919.72811) \text{ kg};$$

$$\Delta m = -1.64170 \text{ kg}.$$

Por el ablandamiento del agua; la masa eliminada será de **1641.7 g** por cada 1918 litros que entren en tratamiento.

#### **Etapas 4. Balance microbiológico:**

El equipo garantiza una eliminación del 99.9% de los microorganismos por el proceso de luz UV:

Si la masa de materia de microorganismos fuera de  $1.21 * 10^{-10}$ , la masa eliminada será:

$$1.21 * 10^{-10} * 0.999 = 1.209 * 10^{-10} \text{ g}.$$

La diferencia másica será:  $1.21 * 10^{-10} \text{ g} - 1.209 * 10^{-10}$  gramos por cada  $\text{cm}^3$ .

$$m = 0.001 * 10^{-10} \text{ g};$$

Por cada 1918 litros será:

$$m = 1918 \text{ l} * 0.001 * 10^{-10} \text{ g/cm}^3 * 1000 \text{ cm}^3 / 1 \text{ l} = 1.92 * 10^{-10} \text{ g}.$$

#### **Etapas 5. El balance total de masa será:**

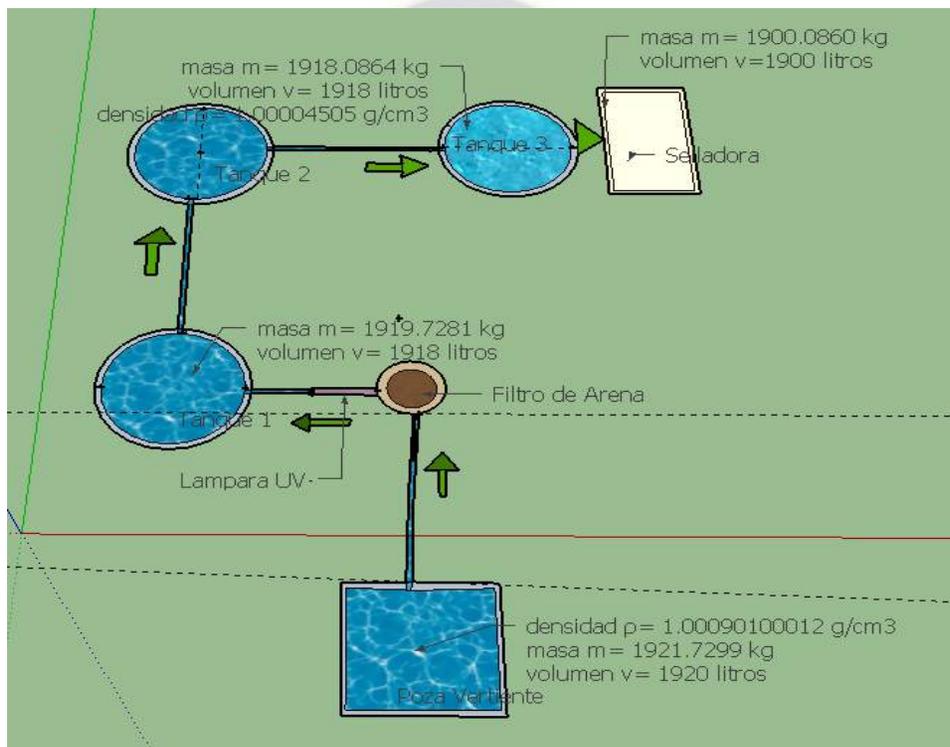
$$1641.7 \text{ g} + 0.000000192 \text{ g} = 1641.700000000192 \text{ g}.$$

Cantidad total de masa que se pierde en el proceso es  $1641.700000000192 \text{ g}$ .

## 6.8. DIAGRAMA DEL BALANCE HIDRICO.

Dentro el diagrama de balance hídrico, los datos presentados han sido tomados antes de cada proceso:

Diagrama N° 6.6  
Vista de la planta y su balance hídrico en cada estación de proceso



Todos los detalles del proceso ya han sido descritos, solo se toma en cuenta el dato de ingreso del agua al proceso, que tiene una densidad de  $1.00090100012 \text{ g/cm}^3$ , la masa de agua que ingresa es  $1921.7299 \text{ kg}$  y su volumen es  $1920 \text{ litros}$ .

Después de todo el proceso el agua que ingresa a la selladora ya tiene una densidad de  $1.00004505 \text{ g/cm}^3$ , su masa es de  $1918.086 \text{ kg}$  que por desperdicio solo se envasa  $1900.086 \text{ kg}$  de agua y cuyo volumen es de  $1900 \text{ litros}$ .

## 6.10. BALANCE DE ENERGIA

Para el balance de energía, se requiere el consumo de los siguientes items durante el proceso recogiendo los tiempos de funcionamiento:

Tratamiento de LUV.

Se tiene la siguiente formula, ley de Chick:

$$N = N_0 * e^{-kt};$$

$$\ln(N/N_0) = -k * I * t;$$

N: Numero de bacterias antes del proceso;

N<sub>0</sub>: Numero de bacterias esperadas;

k: constante del ritmo de inactivación;

I: Intensidad de LUV;

t; tiempo;

Al mas del 90% de limpieza de gérmenes;

$$\ln(N/N_0) = -k * I * t;$$

$$\ln(1200/100) = 2.48;$$

Se determina la intensidad de luz para la desinfección;

$$k = 0.02 * 1/(s * J/cm^2);$$

$$t = 1 \text{ s};$$

$$2.48 = k * I * t;$$

$$I = 2.48 / (0.02(J/cm^2) * 1s);$$

$$I = 124 \text{ cm}^2/\text{Js};$$

Para eliminar el número de coliformes y escherichias, se toma como valor referencial 4 nmp por cada 100 ml. Y el encontrado es 1617 nmp por cada 100 ml.

$$\ln(100/1617) = k * I * t;$$

$$2.7832 = k * I * t;$$

La intensidad de luz requerida será:

$$I = 2.7832 / (0.02(J/cm^2) * 1s);$$

$$I = 139 \text{ cm}^2/\text{sJs};$$

### **Energía indirecta:**

Aquella energía empleada en el uso de equipos de oficina (computadoras, equipos de sonido, etc.) además de alumbrado a toda la empresa.

Al no existir con exactitud una cantidad que podría consumirse, se estima una potencia de consumo y un tiempo horario de equipos.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Trabajo} = 75 \text{ w} * 8 \text{ h} * 3600 \text{ s/h};$$

$$\text{Trabajo} = 2160000 \text{ J.}$$

Realizando la conversión en segundos para obtener la energía empleada, se obtiene:

Energía empleada equivale a 2160000 julios. La potencia media considerada en 8 horas diurnas de trabajo (casi no habría ningún foco prendido, solo la energía empleada es para computadoras, y algún rato para un equipo de sonido) son 75 watts.

### **6.10. POTENCIA EMPLEADA EN EL PROCESO.**

Se ha elegido el proceso que consume menor cantidad de energía, por lo tanto quedan en la tabla los procesos de tratamiento que si serán empleados para obtener agua purificada. Para producir 1920 litros de agua, se tiene los siguientes datos de consumo de potencia.

Tabla N° 6.13.

Detalle del consumo de los equipos de producción

<b>Potencia empleada en un día (1920 litros)</b>		
<b>ítem</b>	<b>Potencia (w)</b>	<b>Potencia(kw)</b>
Bomba de agua1	1317,12	1,317120
Bomba de agua2	6,80	0,006797
Luz Ultravioleta	64,46	0,064457
Ozonificador	10,75	0,010752
Selladora	180,00	0,180000
<b>Total:</b>	<b>1579,13</b>	<b>1,579126</b>

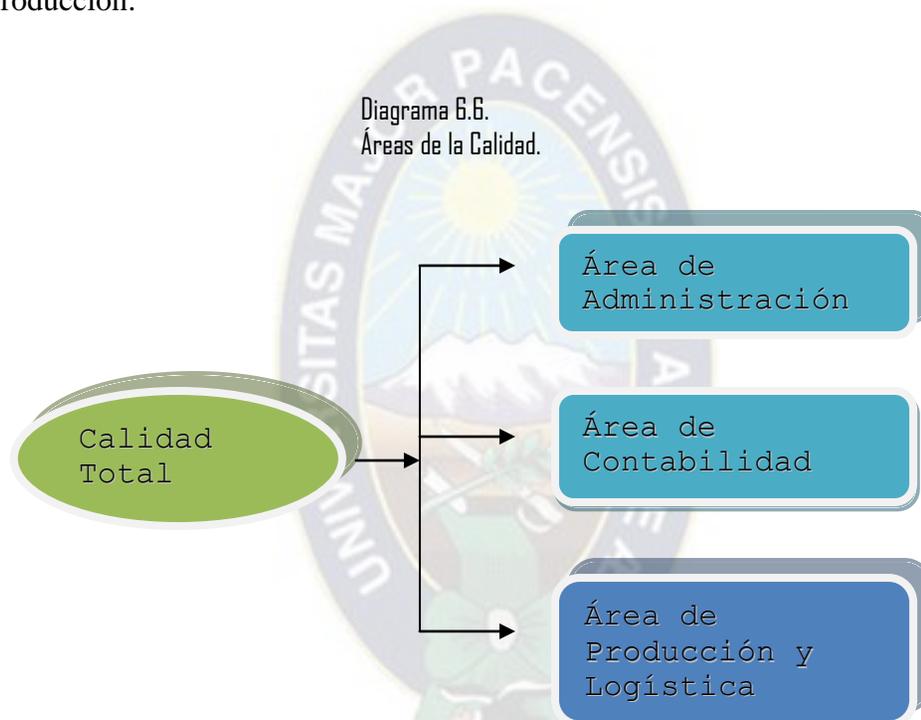
También se puede apreciar que es una potencia bastante baja en cuanto el consumo para el proceso.

## 6.11. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.

Se aplica el principio de la calidad total es decir métodos de control de calidad en todos los niveles de la empresa.

### 6.11.1 Calidad total.

Debe cumplirse las normas de calidad en las 3 áreas que tienen que ver con el proceso de producción:



**Área de administración.** Aunque es una microempresa de apenas 4 trabajadores, el área no productiva se va dividir en 2; administración y contabilidad y comercio.

El área administrativa se hará cargo de la actividad administrativa de la empresa.

Funciones:

- Control de personal y productividad de sus funciones.
- Dotación de material de escritorio.
- Dotación de materia prima y de logística de la empresa.
- Buscar mercados y expandir la empresa.
- Limpieza de todos los ambientes.

**Área de comercio y contabilidad.** En esta área se maneja todo caja chica, cuenta bancos, los registros contables diarios (ventas y pagos), Además que debe comercializar el producto, y mantener relaciones con los clientes y proveedores.

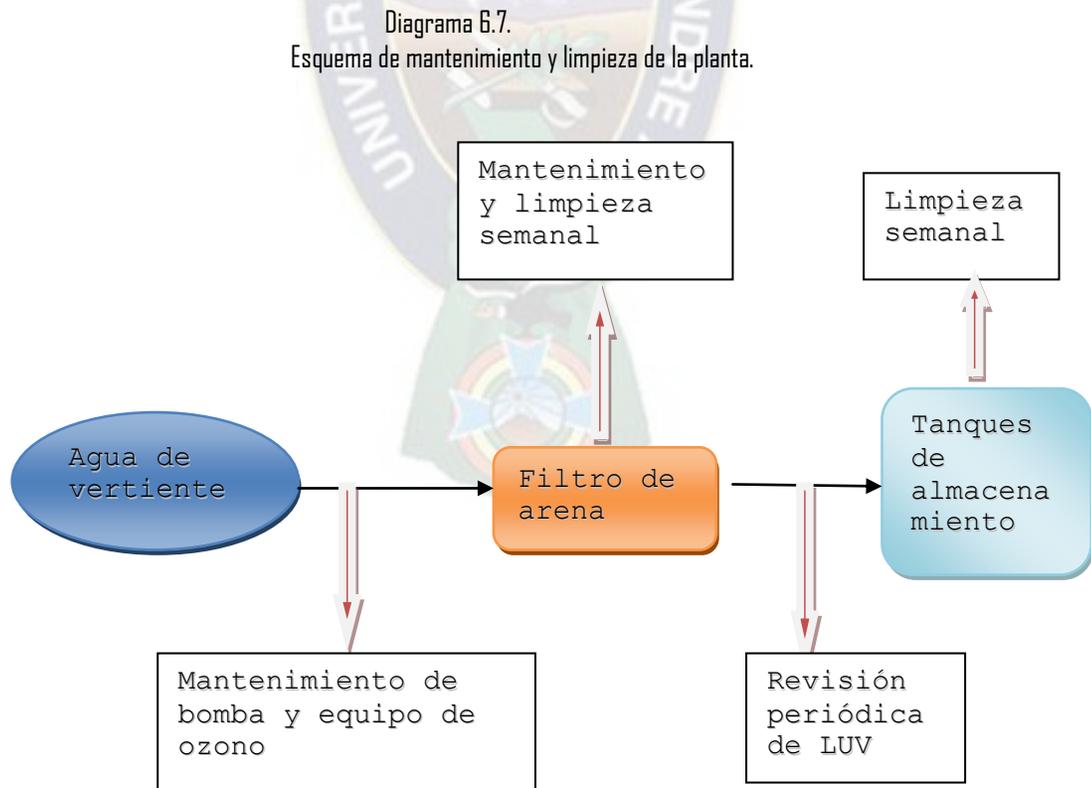
Funciones:

- Control de registros y flujos contables.
- Balances y estados financieros.
- Mercados de venta y marketing.

Debe mantener buenas relaciones de cordialidad y dotación inmediata de los requerimientos de las otras áreas.

**Área de producción y logística:** Corresponde a la planta de producción del agua tratada que para asegurar su calidad debe cumplir lo siguiente:

Control del proceso;



Funciones:

- Condiciones del agua de la vertiente antes de ingresar al proceso por simple inspección.
- Funcionamiento de las bombas de agua. Realizar un mantenimiento preventivo en tiempos recomendados.
- Mantenimiento periódico (semanal) del filtro de arena
- Limpieza semanal de los tanques de almacenamiento.
- Revisión de las lámparas UV.
- Revisión periódica del equipo de ozonificación.
- Control preventivo de la selladora de bolsas.
- Control regular de las instalaciones o planta donde se realiza el proceso.

**Área de logística.**

- Control de inventarios.
- Control periódico de materiales primos, los envases de agua tratada.
- Control de envases para el producto.
- Control de distribución del producto.

**6.11.2. Control estadístico de la calidad.**

Se da en el proceso, donde hay que cumplir rigurosamente el control de la calidad del producto final que es el agua purificada, en 2 áreas del proceso;

Fisicoquímica: De acuerdo a la norma boliviana de control NB 512 y otras relacionadas, las sustancias químicas mas relevantes en una muestra de agua, se encuentran en niveles inferiores a lo establecida; por lo que se tomara una muestra periódica donde los indicadores de sustancias como:

Tabla 6.5.  
Parámetros de permisividad de elementos fisicoquímicos

Indicador	Resultados de la muestra	Valor referencial	Límites establecidos
PH	7.05	6.5 – 9.5	Cumple
Solidos totales mg/l	408.00	<3000	Cumple
Dureza mg/l CaCO <sub>3</sub>	212.82	<500	Cumple
Calcio	69.33	<200	Cumple

Fuente: Elaboración propia en base a cuadro 5.1 Seladis

Para el control estadístico de la calidad del producto, debe cumplir los parámetros establecidos en cada muestra.

Se realizará un muestreo por inspección simple, normal o rigurosa según amerite el caso.

Comenzando siempre por un muestreo normal del agua en esta fase del proceso.

Microbiológica: Es la prueba mas importante porque de esto depende el grado de contaminación biológica en que esta la materia prima antes de ser tratada, es el proceso que se debe efectuar con mayor rigurosidad para obtener el producto que cumpla con las normas de calidad.

Se toman en cuenta 3 parámetros a continuación:

Tabla 6.6.  
Parámetros de permisividad de elementos microbiológicos.

Parámetro	Valor encontrado	Valor de referencia	Límite de tolerancia
Aerobios mesofilos UFC/ml	$1.2 \times 10^3$	$1.0 \times 10^2$	No cumple
Coliformes totales NMP/100 ml	>1600	< 2	No cumple
Escherichia Coli NMP/100	17	< 2	No cumple

Fuente: Elaboración propia en base a cuadro 4.2

Debe haber un control riguroso en el proceso de desinfección del agua.

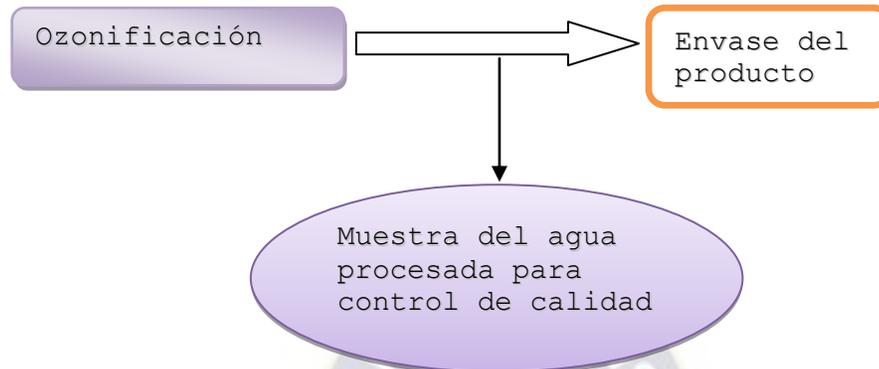
#### Método de control:

- Se tomara una muestra antes de la materia prima.
- Se tomara una muestra después del proceso.

#### Calidad en el proceso.

Una vez culminada la última fase del proceso (ozonificación del agua), se procede al envasado del producto, y previamente se realizara un control del agua procesada de elementos microbiológicos para cerciorar que cumple los parámetros de calidad.

Diagrama 6.8.  
Áreas del control estadístico de la calidad



Se realizara periódicamente como norma de control para que el producto llegue al envase en condiciones satisfactorias.

De acuerdo al método de muestreo, debe comenzar por un muestreo normal y de acuerdo al resultado, se debe aplicar el método correspondiente de muestreo.

En esta fase de control del producto, el control<sup>35</sup> es lo más importante para garantizar la calidad del producto al consumidor.

Todo este proceso se lo aplica cuando la planta esté en funcionamiento y se pueda realizar el conteo por lotes de producto.

---

<sup>35</sup> Se empleara el método de tablas de la Military Standard a través de muestreo simple, normal o riguroso según amerite el caso para determinar si el producto es aceptable al cliente o se debe rechazar antes que llegue a este.

# CAPITULO 7.

## 7. ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO

Se realiza el estudio de costos operativos y de inversión en planta; instalaciones, muebles y enseres así como equipos necesarios para realizar los procesos requeridos.

### **Infraestructura.**

Los costos en toda la infraestructura vienen dado en el siguiente cuadro.

Tabla Nº 7.1.  
La infraestructura en 4 ambientes.

<b>ITEM</b>	<b>Costo Total Bs</b>
Planta	33986,62
Administración	13844,37
Comercio	5865,01
Baño	4819,35
<b>TOTAL</b>	<b>58515,35</b>

Fuente: Elaboración propia en base a Revista de Construcciones de 2018.

- Inversión en planta cuesta 33986.62 Bs. A precios corrientes de 2018.
- Inversión en área de administración cuesta 13844.37 Bs.
- Inversión en área de comercio cuesta 5865.01 Bs.
- Inversión en el baño sala 4819.35 Bs.

Haciendo un total de inversión de 58515.35 Bs. El en toda la infraestructura.

### **Instalaciones.**

De acuerdo al plano de la planta y su distribución las instalaciones vienen dadas en tuberías y eléctrica.

Tuberías: Corresponde a todos los tubos donde circula el agua de la planta en el proceso; además que también toma en cuenta las instalaciones sanitarias del baño y su sistema de desagüe.

Eléctrica: Corresponde a toda la instalación eléctrica de la planta y los ambientes de oficina que son cableado, entubado, puntos de fuente eléctrica (enchufes, interruptores) y la caja.

Tabla Nº 7.2.  
Cuadro de instalaciones.

Instalaciones	Valor Total	Valor depreciado
Tuberías y sanit	1961,40	106,14
Eléctrica	2018,50	81,85
Ventana, Puertas, Chapería	4089,68	408,97
<b>Total:</b>	<b>8069,58</b>	<b>596,96</b>

Fuente: Elaboración propia en base a Revista de Construcciones de 2018.

Todo hace un valor de 8069.58 Bs. De inversión. Depreciando tuberías e instalación eléctrica, ventanas, puertas y accesorios, hace un valor de 596.96 bs anual.

#### **Inversión en equipos de planta:**

Todo el equipo necesario que se requiere para realizar las operaciones que son los objetivos del proyecto.

Equipos	Valor Total	Valor Anual depreciado
<b>Total</b>	<b>62718,95</b>	<b>10103,83</b>

Toda esta inversión tiene 62718.95 Bs. en total, y la suma del valor depreciado de los equipos es 10103.83 Bs anuales.

#### **Muebles y Enseres**

Son los escritorios, estantes, computadoras y los anaqueles donde se almacena el producto terminado en planta.

Muebles Enseres	Valor Inversión Total	Valor Anual depreciado
<b>Total:</b>	<b>7725,76</b>	<b>1332,25</b>

Su inversión total hace 7725.76 Bs con una depreciación de 1332.25 Bs anuales.

### **7.1. COSTOS.**

Se va obtener los costes del proceso de acuerdo a cada estación de trabajo empleada desde la succión del agua de vertiente hasta la obtención del agua envasada y lista para la distribución.

De forma adicional se realiza el costo de procesos alternativos (**ver anexo 5**) y que no entran en el proceso elegido para comparación de costos alternos de producción del mismo volumen de agua purificada.

### **Coste de la energía eléctrica**

Debido a que el servicio de energía eléctrica pertenece a un mercado monopólico, existe una sola empresa capaz de ofrecer todo el servicio, y cuyas tarifas de acuerdo a información de la empresa, se diferencian en dos:

Tarifa industrial: Que es la tarifa que cobra la empresa a las industrias que demandan grandes cantidades de energía para realizar sus actividades productivas. Dicha tarifa es inferior que otras el kilowatt-hora,

Tarifa domiciliaria: Esta tarifa es la que se aplica al consumo domiciliario o de consumo doméstico. Por su característica la tarifa su precio es 0.70 Bs por kilowatt-hora de consumo por estar debajo del parámetro establecido como industrial.

### **Bomba de agua.**

Su coste operativo parte de los datos del coste de energía a precio domiciliario multiplicado por la potencia empleada y las horas en funcionamiento de la bomba.

#### **Costo del proceso:**

<b>Costo del proceso de 1920 litros</b>	
costo=	0.009415kw *0.70Bs/kw-h
<b>costo=</b>	<b>0,921984 Bs.</b>

**Es** el costo de funcionamiento de la bomba 1.

Para la bomba 2, su costo de funcionamiento es:

Costo de bombear :	250 l	<b>1000 l</b>
Potencia (kw)	0,0068	<b>0,0272</b>
Costo (Bs)	0,00476	<b>0,01904</b>

Su costo de bombear 1000 litros/día es 0.019 Bs.

### **LUV.**

### Coste del proceso:

Debido a que el caudal de la fuente es pequeño, se planea procesar en promedio 1920 l de agua diaria, lo que daría los siguientes costes:

Los costes de desinfección por luz ultravioleta tienen lo siguiente:

El coste de un kw-h es de 0.70 Bs por lo que;

Costo del proceso de 1920 litros	
costo=	$0.06445\text{kw} * 0.70\text{Bs/kw-h}$
costo=	<b>0,04512 Bs.</b>

La potencia empleada es en kw para 24 horas de funcionamiento.

### Ozonificación.

De acuerdo a la instalación de equipo y sus procesos, la ozonificación es la penúltima estación de trabajo en el proceso, y cuyo costo total del proceso está en función del tiempo en que produce la cantidad necesaria para la desinfección al 100%:

Tiempo requerido para producir		
	1920 litros	500 litros
masa de O3 (mg)	1536	400
Tiempo (min)	30,72	8

Se desinfecta con ozono un tanque llena de agua (3° tanque) es el que va descargar su contenido al sellador de bolsas. Este proceso toma 8 minutos en producir los 400 mg necesarios de ozono para asegurar una desinfección total de 500 litros.

Y para desinfectar totalmente 1920 litros, se requiere una producción de ozono de 1576 mg y que se produce en 30.72 minutos.

Calculo del costo en bolivianos:

Costo del proceso de 1920 litros	
costo=	$0.01075\text{kw} * 0.70\text{Bs/kw-h} * 0.512\text{h}$
costo=	<b>0,003853517 Bs.</b>

Tendría un coste de 0.003853517 Bs para desinfectar 1920 litros de agua.

## Selladora

De acuerdo a la potencia empleada por el equipo, y el tiempo que se requiere:

Un tanque lleno de 500 litros se vacía en el proceso en poco mas de una hora (1.0416 horas) de acuerdo a la capacidad de la maquina (1200 bolsas por hora).

Para envasar 1920 litros requiere 4 horas de proceso.

Conversión de litros a bolsas		
1 bolsa = 400ml	1 litro =	1000ml
Vol litros=	1920,00	500
1 bolsa (l) =	0,40	0,40
n bolsas=	4800	1250

### Coste del proceso de la selladora:

Costo del proceso de 1920 litros	
costo=	$0.045\text{kw} * 0.70\text{Bs}/\text{kw.h} * 4\text{h}$
costo=	<b>0,126000000 Bs.</b>

Este es el costo de envasar 4800 bolsitas de agua.

### Energía Indirecta.

Energía empleada en otros ambientes para el trabajo indirecto.

No hay un parámetro exacto que diga cuanto es el consumo de energía eléctrica en los ambientes de oficina, por lo tanto solo se tiene un dato estimado:

Costo estimado de la energía eléctrica para oficinas	
costo=	$0.075\text{kw} * 0.70\text{Bs}/\text{kw.h} * 8\text{h}$
costo=	<b>0,42 Bs.</b>

Con los datos estimados, se obtendría un coste estimado de 0.42 Bs. Por día de trabajo. Porque el consumo seria de focos de alumbrado, corriente para algunos equipos de oficina básicamente.

Costo operativo por producir 4800 bolsas de agua empleando la cantidad teórica de 1920 litros, esta presentado en la tabla 7.3.

Tabla N° 7.3.  
Cuadro de costos energéticos de operación.

<b>Costo Operativo del proceso por cada 4800 bolsas</b>	
<b>Item</b>	<b>Costo en Bs.</b>
Bomba de Agua 1	0,921984000
Bomba de Agua 2	0,019040000
Luz Ultravioleta	0,045120000
Ozonificación	0,003853517
Selladora	0,126000000
E. Eléctrica Indirecta	0,420000000
<b>TOTAL:</b>	<b>1,535997517</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del tema de costes del proceso

El costo energético de producir 4800 bolsas (1920 litros) de agua purificada en un día, es de 1.535997517 Bs.

#### **7.1.1. Costes de logística.**

##### **Coste del envase.**

Se va contratar los servicios de una empresa de serigrafía que se encarga de imprimir los logos requeridos en los plásticos que son de envoltura del producto. Cada kilo de rollo cuesta entre 20 a 25 Bs según cotización, de lo que sale 506 bolsitas, por lo que cada bolsita sale casi a 0.05 Bs. Considerando el valor más alto. Vienen a pedido y en gramaje, tamaño y las especificaciones del producto según Senasag.

##### **Coste de distribución.**

No se va contar de principio con movilidad ni vehículo propio. Sera una inversión de los siguientes años, por el momento se fleta el transporte de aquellos repartidores, ya que solo se produce agua de mesa.

Es un coste fijo ya que los distribuidores cobran Bs.120 más Bs.30 por gasolina por distribuir cualquier cantidad de producto todo el día, de acuerdo la capacidad de los coches repartidores como son los minivans (capacidad máxima 1 tonelada).

Si asumimos que un distribuidor puede llevar el producto a máxima capacidad 1000 kg, cada sachet de agua (400g), entonces se transportaría 2500 bolsas de agua cada uno.

Debido a que hay una producción extraordinaria (almacenamiento de agua de fines de semana), todo eso se distribuye fuera de la ciudad (alternando una semana a Rio Abajo y otra hasta Palca), el costo es Bs. 200 por cada carrera.

### 7.1.2. Determinación del costo unitario.

Costo unitario del proceso: Los costos operativos mas elevados son; el envase y el de comercialización.

Se obtienen de dividir cada uno de los costos entre la cantidad de bolsitas producidas (Costo del proceso diario, Costo de distribución diaria de las bolsitas, Jornal diario de los trabajadores de la empresa), El costo unitario del envase ya nos ha sido dado.

Con lo que se obtiene la tabla de costos unitarios en la tabla 7.4.

Tabla Nº 7.4.  
Cuadro del costo por unidad de bolsa

Detalle	Coste en Bs.
<b>Proceso de purificación</b>	0,000319999
<b>Envase</b>	0,050000000
<b>Distribución</b>	0,062500000
<b>TOTAL:</b>	<b>0,112819999</b>
<b>Mano de obra</b>	0,320626231
<b>TOTAL:</b>	<b>0,433446231</b>

Se puede apreciar el costo por unidad de bolsa 0.43344623 Bs. Diario en el cuadro N° 7.4 línea arriba.

### Costos Indirectos.

Además entran costos indirectos definidos como:

Mantenimiento predictivo: que se realizara de manera mensual a los equipos que entran en el proceso.

Material de limpieza (detergentes, cepillos, y otros) que se empleen en mantener limpio todos los ambientes planta y oficina.

Gastos generales: corresponden más a gastos de oficina en papelería y materiales de escritorio.

Ropa de trabajo: Anualmente se debe adquirir esto para que resguarde la higiene y sea adecuada para la planta:

### Costo de materia prima (agua).

Mediante resolución de AAPS (Autoridad de Agua Potable y Saneamiento, 2013) y la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Medio Ambiente y Agua se resuelve mediante la Resolución Administrativa Regulatoria 04/2013 que se establece un costo de uso del agua para fines industriales. Y ese costo será de 2.90 Bs/m<sup>3</sup> de acuerdo a esa resolución administrativa dictada. En el siguiente cuadro se obtiene el costo unitario del uso del agua por bolsita, y se obtiene su costo diario, mensual y anual.

Tabla Nº 7.5.

Detalle de los costos Item	directos e	indirectos	en Bs	
	Costo Unitario	Costo diario	Costo mensual	Corrientes Costo anual
Agua de vertiente	0,001160	5,56800	167,04	2004,48
EE	0,000320	1,53600	46,08	552,96
Bolsas	0,050000	240,00000	7200,00	86400,00
Costos de comercialización	0,062500	300,00000	9000,00	108000,00
Distrib extra			866,60	10399,20
Mano de obra	0,271001	1300,80455	28617,70	343412,40
<b>Costo directo</b>	<b>0,384980946</b>	<b>1847,9085</b>	<b>45897,42</b>	<b>550769,04</b>
Mantenimiento			850,00	10200,00
Material limpieza			140,00	1680,00
Gastos generales			450,00	5400,00
Ropa de trabajo				750,00
<b>Costo indirecto</b>			<b>1440,00</b>	<b>18030,00</b>
CredFiscal IVA13% C.Indirectos			187,20	2343,90
CredFiscal IVA13% EE y Bolsas			941,99	11303,88
<b>Total Costos menos CredFiscal:</b>			<b>46208,23</b>	<b>555151,25</b>

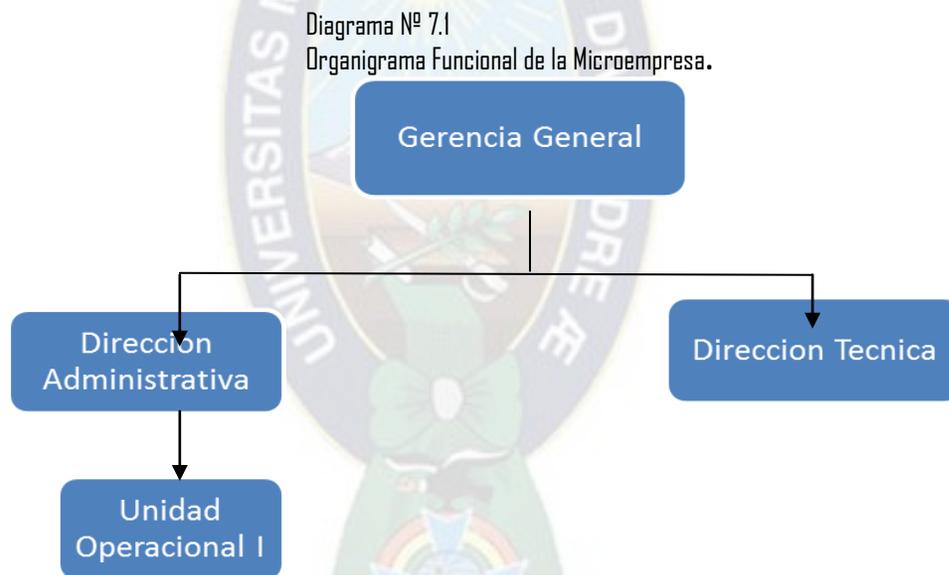
### Costes administrativos.

De acuerdo al tamaño de la producción planeada, se debe considerar un número de empleados de 4 personas, y de acuerdo a lo que establece la Ley General del Trabajo en Bolivia, corresponde a formar una *microempresa*.

### Organigrama de la empresa

Este es un organigrama totalmente funcional no habrá una rigidez en las funciones del puesto y la comunicación a los niveles superiores debe ser fluida.

Al ser una microempresa, su estructura orgánica será muy simple y consta de:



### Descripción:

**Gerencia General:** Controla todas las actividades de la empresa, tanto a dirección administrativa y la dirección técnica.

**Dirección administrativa:** Maneja los recursos humanos, y contable – financieros. Así de la parte de mercadeo y marketing. Se hace cargo de los niveles inferiores de la empresa.

**Dirección técnica:** Está a cargo de todo el proceso de producción, ingreso de la materia prima al proceso, almacenamiento, filtrado y descontaminación del agua, y control de la

calidad del producto, así como el envase del agua, su almacenamiento e inventario y de la logística de la empresa.

**Unidad operacional I:** Depende de la dirección técnica. Está a cargo de la limpieza y mantenimiento de toda la planta. Debe vaciar los tanques y manejar la selladora.

## **7.2. COSTOS LABORALES EN LA REALIDAD ECONÓMICA EN BOLIVIA.**

Se sabe muy bien que en Bolivia la mayor fuente de empleo está en el sector informal, y que absorbe casi un 80% de la población económicamente activa. Un restante 20% apenas es formal, y esto también tiene que ver con el comportamiento de las políticas económicas que el gobierno ejerce.

En los últimos años las políticas económicas ejecutadas no han sido de lo más amigables para el sector empresarial en especial para la micro y pequeña empresa. Mucho tiene que ver el tema al entorno salarial y de beneficios a los trabajadores que están en la empresa. De acuerdo a las políticas aplicadas en la Ley del Trabajo en beneficio a los trabajadores ha dejado a muchas empresas al borde del cierre e incluso muchas decidieron cerrar sus puertas.

Pero en un país donde las oportunidades de empleo son muy escasas, cuesta esa decisión incluso a los empleadores por no saber que harán en caso de un cierre definitivo. Por eso mismo muchos deciden pasar de la formalidad económica a la informalidad, es decir cuando las políticas del gobierno comienzan a ser asfixiantes, no deciden cerrar la puerta definitivamente, sino migran del sector formal al informal.

Antes del cierre definitivo, mas bien negocian con los trabajadores en cuanto la decisión de pagarles todo lo que dice la ley y dejarlos en la calle o seguir trabajando pero con la condición de eliminar ciertos beneficios a ellos.

Se podrían operar bajo 2 escenarios; operar en el mercado informal, que seguro seria mas rentable por evitar los costos salariales establecidos por ley, pero en la formalidad eso no es válido.

Operar en el mercado formal:

### 7.2.1. Punto de equilibrio del proyecto.

Una vez obtenidos los costes totales de la empresa, recién se puede hallar el punto de equilibrio de la empresa, donde producimos una cantidad en la que no ganamos ni perdemos.

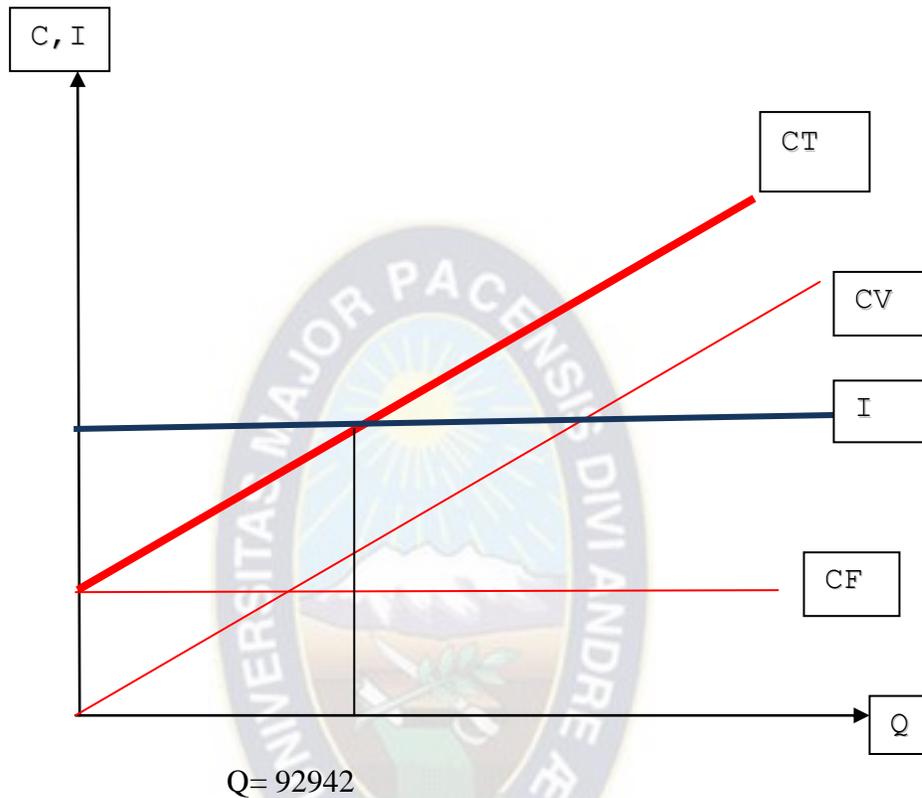
**Costes fijos de la empresa.** Son los costes de la planilla salarial que no dependen del nivel de producción que tenga la empresa. De la tabla N° se obtienen los costes mensuales donde los sueldos y salarios rigen como costos fijos por planilla, que deben ser cancelados se produzca o no, también está el mantenimiento de los equipos, material de limpieza y gastos administrativos.

**Costes variables.** Son aquellos costes obtenidos de acuerdo al nivel de producción que se haya realizado. Se asumen costos variables aquellos que están directamente ligado al nivel de producción de la empresa, el detalle también se lo extrae de la tabla N° que a continuación se obtiene la siguiente tabla.

Tabla N° 7.6

<b>Punto de Equilibrio Mensual</b>	
<b>Costos Fijos</b>	<b>30057,7</b>
Total Gastos Planilla:	28617,7
Mantenimiento	850,00
Material limpieza	140,00
Gastos generales	450,00
<b>Costos Variables</b>	<b>16413,12</b>
Agua de vertiente	167,04
EE	46,08
Bolsas	7200,00
Costos de comercialización	9000,00
<b>Costo Total</b>	<b>46470,82</b>
<b>Q d Equilibrio</b>	<b>92941,6399</b>

Gráfico Nº 7.2.  
Punto de equilibrio de la empresa



**Detalles del gráfico:**

- C: Costos
- Q: Cantidad del producción
- CT: Coste Total
- CV: Coste Variable
- CF: Coste Fijo
- I: Ingreso de la empresa

Al precio de mercado por bolsita es 0.50 Bs. entonces se despeja la cantidad de equilibrio del costo total obtenido mensual para encontrar la cantidad de equilibrio.

Q= 92942 bolsitas de agua de mesa.

### **7.2.2. Operar en el mercado de manera formal.**

Si la empresa opera en el mercado dentro la formalidad, debe elaborar una planilla formal con pagos extraordinarios y descuentos de ley.

#### **Planilla de sueldos y salarios.**

Al tratarse de una microempresa formalmente constituida, se tiene la presentación de las planillas<sup>36</sup> de sueldos y salarios tal como la Ley del Trabajo establece en cuanto pagar a todos los trabajadores.

Para eso, (**ver anexo N° 11**) se muestra la planilla de sueldos y salarios de todos los trabajadores de la empresa dividida en las 2 grandes áreas;

- administración
- planta.

Cada una tiene los mismos ítems en cuanto el sueldo básico, bonos extraordinarios, descuentos de ley y el líquido pagable por mes.

La siguiente planilla es del RC-IVA (**ver anexo N° 12**), que en este caso, al tener niveles salariales todavía inferiores al establecido por ley, que son 9440 Bs. no aplica al impuesto.

La tercera planilla es de “**Aportes Patronales**” (**ver anexo N° 13**) de la empresa hacia sus trabajadores, y tiene lo siguiente:

Del total cotizable, se deducen varios fondos como son el seguro médico (Caja Nacional), AFPs como los más importantes, y también los menos pero que deben estar porque la Ley del Trabajo los exige, tal como los fondos para aguinaldos, indemnizaciones y provivienda. Sumando un total de 34.37% de la masa salarial de la empresa.

Se tiene el siguiente detalle del coste salarial anualizado:

---

<sup>36</sup> Formato de la planilla normalmente aceptado por el Ministerio del Trabajo.

Tabla Nº 7.7.  
Ítems salariales según planilla

ITEM	Monto Mensual (Bs.)	Anual (Bs.)
Haber básico	<b>25300.00</b>	<b>303600</b>
RC- IVA	0	0
Aporte Patronal	<b>8558.13</b>	<b>102697.56</b>
<b>TOTAL:</b>	<b>33858.13</b>	<b>406297.56</b>

Se toma el Haber Básico porque los descuentos como a la AFP, o adelantos, son deducidos a partir de este monto.

Los aportes patronales son costos que se suman al haber básico para obtener el costo total salarial de la empresa.

Esta es toda la información necesaria para elaborar el flujo del proyecto con préstamo o sin préstamo bancario.

#### **7.2.2.1. Sin financiamiento.**

Se obtiene los flujos netos a partir de las tablas anteriores, donde los ingresos netos son deducciones de débitos fiscales IVA e impuestos a las transacciones IT que hay que cancelar a Impuestos Internos. De los costos deducibles por compras para la empresa, se obtiene créditos fiscales IVA que reducen el costo total por compras. Se descuenta el valor anual de depreciación para obtener la Utilidad Bruta.

**Tasa de descuento:** La elección de la tasa de descuento por parte del Banco Central es vital para la política monetaria del país, al igual que es de gran utilidad para la toma de decisiones de inversión. Principalmente porque permite, a través del calcular el valor actual neto (VAN) de una inversión, ver si el proyecto es rentable o no, dado que tiene en cuenta la suma de los flujos de caja de una inversión aplicada una tasa de descuento. A su vez, también permite saber la tasa interna de retorno o TIR, que es el tipo de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

Cuadro Nº 7.8

## Flujo del proyecto sin Financiamiento

Flujo del proyecto a precios corrientes del año 2018						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Infraestructura	58515,35					
Equipos	62718,95					
Instalaciones	8069,58					
Muebles y Enseres	7725,76					
INVERSION	137029,64					
Ingresos por ventas		684288,00	684864,00	684864,00	684864,00	684864,00
Debito Fiscal IVA (13%)		88957,44	89032,32	89032,32	89032,32	89032,32
I.Transacciones (3%)		20528,64	15094,11	13610,20	13239,22	13146,48
Ingreso Neto por Ventas		574801,92	580737,57	582221,48	582592,46	582685,20
Costos Mano de Obra		343412,40	343412,40	343412,40	343412,40	343412,40
Costos deducibles IVA		225386,64	225386,64	225386,64	225386,64	225386,64
Credito Fiscal IVA		29300,26	29300,26	29300,26	29300,26	29300,26
Costo total		539498,78	539498,78	539498,78	539498,78	539498,78
Depreciacion		13495,92	13495,92	13495,92	13495,92	13495,92
Utilidad Bruta		21807,23	27742,87	29226,78	29597,76	29690,51
Impuesto IUE 25%		5451,81	6935,72	7306,70	7399,44	7422,63
Utilidad Neta		16355,42	20807,15	21920,09	22198,32	22267,88
Valor de Salvamento		0,00	0,00	0,00	0,00	69550,05
Depreciacion		13495,92	13495,92	13495,92	13495,92	13495,92
<b>Flujo Neto</b>	<b>-137029,64</b>	<b>29851,34</b>	<b>34303,07</b>	<b>35416,01</b>	<b>35694,24</b>	<b>105313,85</b>

Su fórmula de cálculo es:

$$td = i/(1 + i);$$

td: tasa de descuento.

i: tasa de interés bancario (tasa activa).

Como hay una utilidad positiva, se deduce el impuesto a las utilidades IUE (25% anual y se obtiene la utilidad Neta. A lo que se agrega el valor de Salvamento y la depreciación para obtener el Flujo Neto anual del proyecto.

En un tiempo de 5 años, el VAN del proyecto es positivo y el TIR:

VAN	11.894,24 Bs.
TIR	18%

Los datos muestran rentabilidad al invertir en el proyecto.

#### 7.2.2.2. Con financiamiento.

Si el proyecto tiene un financiamiento de 50% del banco los indicadores son mas dramáticos, primero se aprecia el cuadro de datos y de amortización.

Financiamiento Bancario 50%	68514,82
Valor Interés mensual a 1.4%:	959,21
Valor Interés anual al 16.80%	11510,49
Interés anual	16,80%
Tasa de descuento :	14,38%
Valor salvamento a 5 años	69550,05

Condiciones de financiamiento: será a 14.38% anual cuya cuota se presenta a continuación:

Tabla Nº 7.9.

Cuadro de Amortización de Capital año 2018						
	Año 0	Año 1	Año2	Año 3	Año 4	Año 5
Amortización	0,00	13702,96	13702,96	13702,96	13702,96	13702,96
Interés	0	9854,87	7883,90	5912,92	3941,95	1970,97
saldo préstamo	68514,82	54811,86	41108,89	27405,93	13702,96	0,00

A través del cuadro de amortización, se muestra el valor de préstamo y de devolución de capital en 5 años, con un interés pagado desde el año 1 al 5.

El flujo financiero se presenta a continuación en la siguiente tabla:

**Cuadro Nº 7.10**  
**Flujo del proyecto con Financiamiento**

	Con Financiamiento					
	Flujo del proyecto a precios corrientes del año 2018					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Infraestructura	58515,35					
Equipos	62718,95					
Instalaciones	8069,58					
Muebles y Enseres	7725,76					
<b>INVERSION</b>	<b>137029,64</b>					
Prestamo	<b>68514,82</b>					
Ingresos por ventas		684288,00	684864,00	684864,00	684864,00	684864,00
Debito Fiscal IVA (13%)		88957,44	89032,32	89032,32	89032,32	89032,32
I.Transacciones (3%)		20528,64	15094,11	13610,20	13239,22	13146,48
Ingreso Neto por Ventas		574801,92	580737,57	582221,48	582592,46	582685,20
Costos Mano de Obra		343412,40	343412,40	343412,40	343412,40	343412,40
Costos deducibles IVA		225386,64	225386,64	225386,64	225386,64	225386,64
Credito Fiscal IVA		29300,26	29300,26	29300,26	29300,26	29300,26
Costo total		539498,78	539498,78	539498,78	539498,78	539498,78
Depreciacion		13495,92	13495,92	13495,92	13495,92	13495,92
Utilidad Bruta		21807,23	27742,87	29226,78	29597,76	29690,51
Impuesto IUE 25%		5451,81	6935,72	7306,70	7399,44	7422,63
Utilidad Neta		16355,42	20807,15	21920,09	22198,32	22267,88
Valor de Salvamento		0,00	0,00	0,00	0,00	69550,05
Depreciacion		13495,92	13495,92	13495,92	13495,92	13495,92
Amortizacion Prestamo		13702,96	13702,96	13702,96	13702,96	13702,96
Costo de la Inversion		9854,87	7883,90	5912,92	3941,95	1970,97
<b>Flujo Neto</b>	<b>-68514,82</b>	<b>6293,50</b>	<b>12716,21</b>	<b>15800,12</b>	<b>18049,33</b>	<b>89639,91</b>

Los ítems son los mismos que en el anterior ejercicio, a diferencia que ahora existe un financiamiento bancario del 50% de la inversión inicial.

De acuerdo a la tabla de amortización y el costo por financiamiento, su flujo neto registra los siguientes indicadores:

VAN	11.889,50 Bs.
TIR	20%

**Ambos indicadores VAN y TIR son atractivos de realizar una inversión, con lo que se concluye que el proyecto es factible.**



# CAPITULO 8.

## CONCLUSIONES.

### 8.1. MEDIO AMBIENTE, EL AGUA, HIDROLOGIA.

#### **Deterioro de bosques y selvas:**

De acuerdo al desarrollo de la actividad humana en cuanto su industria y su bienestar social, está siendo a costa de la destrucción del medio ambiente, los bosques y los recursos naturales en escala mundial. Un recurso fundamental para la vida es el agua, pero esta siendo mal utilizado y contaminado en casi todas las regiones donde esta la presencia humana.

Un factor importante para mantener la humedad y las precipitaciones fluviales es la preservación de los bosques a nivel planetario, pero desde hace más de un siglo de explotación indiscriminada no solo ha representado la destrucción de muchos hábitats naturales, sino la extinción de diversas especies de fauna y flora.

#### **Efecto en Latinoamérica y Bolivia.**

Toda esta destrucción también se dio en Latinoamérica por el pretexto de buscar un desarrollismo y su propio bienestar económico.

Particularmente en el recurso hídrico, Latinoamérica no tiene casi ningún cuidado de este valioso recurso y como resultado se ven 2 efectos.

De acuerdo a datos presentados aun nuestra demanda es menor a la oferta del recurso, pero aun así ya hay efectos secundarios:

- Contaminación industrial y domiciliaria de muchas afluentes de agua como ríos y lagos
- Disminución de fuentes de agua como glaciares, lagos y ríos.

De no tomar políticas de planificación de uso del agua en cuanto cuidado, tratamiento y reciclaje, habrá regiones de este continente que se tornaran inhabitables cuando llegue la carencia de agua.

Hay agua superficial y subterránea en casi todos los continentes.

Concretamente la ciudad de La Paz tiene fuentes de agua superficiales y subterráneas que como se ha dicho su población carece de educación en cuanto su cuidado e importancia. No existen planes ni de gobierno ni municipales que se ocupen del tema. Todavía se depende enteramente del comportamiento natural del tiempo (lluvias) para provisión y abastecimiento del recurso.

En este proyecto se pretende dar uso racional de estas riquísimas fuentes de agua planificando un uso tanto social como industrial.

Social: Beneficio a los habitantes donde están las fuentes subterráneas canalizándolas adecuadamente para evitar la humedad en suelos de sus terrenos y rajaduras en sus casas.

Industrial: Se espera obtener un retorno económico por la implementación del proyecto.

## **8.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO Y ESTUDIO DE MERCADO.**

La ladera este de la ciudad de La Paz es un lugar muy Rico en aguas subterráneas y que por cierto son casi totalmente mal utilizadas y contaminadas por los asentamientos humanos.

Con este proyecto se pretende dar un uso adecuado y que permita con un debido tratamiento de este, satisfacer las necesidades básicas del individuo que es nutrirse de agua.

Al existir muchos procesos de tratamiento del agua, se consideran tratamientos fisicoquímicos y microbiológicos, que es el tratamiento más importante en cuanto la fuente de agua del lugar.

Se ha elegido aquel proceso menos costoso, pero igual de efectivo para que cumpla la función de purificar el agua en rangos aceptados por las normas de calidad de consumo que debe tener el agua.

De acuerdo al estudio de mercado que se ha planteado para colocar el producto al mercado, se ha elegido basarse en la muestra de consumo elaborada por el Instituto Nacional de Estadística.

Datos estadísticos de la poza; tiene una muestra de 81 observaciones con una media de 94.84 l/h, y una desviación de 20.95 l/h. Su probabilidad de obtener un caudal menor a 80 l/h de acuerdo a distribución normal es 0.123 a lo largo de un año.

El estudio econométrico muestra que cual fuera el tipo de modelo elegido todos muestran una tendencia creciente de consumo de agua cuando el ingreso de las personas va en aumento. Para envases menores de 3 litros, el estadístico que mejor se ajusta es el de  $R^2$  mas alto (modelo potencial), pero las que mejor predicen son el lineal y el cuadrático, cuando los ingresos aumentan.

De acuerdo al comportamiento macroeconómico el ingreso de las personas es un variables que con el tiempo siempre tiende a aumentar.

### **8.3. INGENIERIA DEL PROYECTO.**

De acuerdo al proyecto, se señala la localización, el tamaño del proyecto de acuerdo a la cantidad de materia prima disponible a procesar.

Teóricamente ingresan y se procesan 1920 litros de agua por día, que para moverlos se requieren 1.32 kw.

Para su desinfección se emplea 0.6445 kw por luz UV, y en ozonificación se emplea 0.010 kw y su posterior sellado y embolsado se emplea 0.18 kw.

#### **Calidad del producto.**

Se busca la calidad total del producto para la satisfacción del consumidor, para ello se realiza el control de la calidad por departamentos y el control estadístico de la calidad de acuerdo a parámetros por variable en las normas de calidad tanto internacionales como nacional que el producto debe cumplir.

Cumple la descripción del proceso para obtener el producto deseado.

#### **8.4. ESTUDIO DE COSTOS Y FLUJO FINANCIERO DEL PROYECTO**

Es el estudio de los costos en el proceso de producción, la inversión en equipos y su correspondiente flujo financiero.

Proyectos privados en Bolivia.

Si bien es importante el bienestar de los trabajadores en un país, no se puede hacer esto si representa sacrificar la empresa generadora del bienestar.

Cuando las empresas están recién saliendo al mercado es difícil mantener todas las cargas sociales que se debe hacer cuando la empresa ya es madura o es grande y tiene un buen margen de ganancia.

Las cargas patronales (aguinaldos, indemnizaciones) mas los impuestos elevados, hacen que los beneficios de las empresas cuando son pequeñas, disminuyan casi al mínimo desincentivando su participación en el mercado o haciendo casi muy dificultoso su permanencia.

Inversión del proyecto: Se requiere 137029.64 Bs. Si hay un 50% de financiamiento, representa 68514.82 Bs. Los costos totales directos e indirectos son 52577.85 Bs/mensual.

Los indicadores financieros VAN son 11894.24 Bs y TIR de 18% cuando el proyecto opera con capital de sus socios. Si hay financiamiento de 50%, el VAN será 11889.50 Bs. Y su TIR de 20%.

Seria buen que las políticas de cargas sociales se diferencien entre las empresas grandes de las pequeñas y microempresas.

## BIBLIOGRAFIA.

### a) Formato APA

#### Trabajos citados

- Autoridad de Agua Potable y Saneamiento. (2013).
- Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2017). La Paz sin agua. En AAPS. La Paz.
- Cumbre de Río. (1992). Cumbre de Río. En Cumbre.
- FAO- FRA 2000. (2014). Mapa mundial de zonas ecológicas. En FAO-FRA, *Atlas de Culturas Hídricas*.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (2017). *ine.gob.bo*. Obtenido de *ine.gob.bo*: <http://www.ine.gob.bo>
- Pindyck, R. (1995). *Microeconomía*. MIT and Berkeley University: Prentice Hall.
- Pulido, H. (2005). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. En G. Pulido, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (pág. 22).
- Secretaría Municipal La Paz. (s.f.).
- Serway, R. (2004). Física. En S. y. Jewett, *Física para ciencias e ingenierías* (págs. 435-436). California state: sexta edición.

### 10 Trabajos citados

- Autoridad de Agua Potable y Saneamiento. (2013).
  - Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2017). La Paz sin agua. En AAPS. La Paz.
  - Cumbre de Río. (1992). Cumbre de Río. En Cumbre.
  - FAO- FRA 2000. (2014). Mapa mundial de zonas ecológicas. En FAO-FRA, *Atlas de Culturas Hídricas*.
  - INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (2017). *ine.gob.bo*. Obtenido de *ine.gob.bo*: <http://www.ine.gob.bo>
  - Pindyck, R. (1995). *Microeconomía*. MIT and Berkeley University: Prentice Hall.
  - Pulido, H. (2005). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. En G. Pulido, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (pág. 22).
  - Secretaría Municipal La Paz. (s.f.).
  - Serway, R. (2004). Física. En S. y. Jewett, *Física para ciencias e ingenierías* (págs. 435-436). California state: sexta edición.
- 
- Autoridad de Agua Potable y Saneamiento. (2013).
  - Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2017). La Paz sin agua. En AAPS. La Paz.
  - Cumbre de Río. (1992). Cumbre de Río. En Cumbre.

- FAO- FRA 2000. (2014). Mapa mundial de zonas ecologicas. En FAO-FRA, *Atlas de Culturas Hidricas*.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. (2017). *ine.gob.bo*. Obtenido de *ine.gob.bo*: <http://www.ine.gob.bo>
- Pindyck, R. (1995). *Microeconomia*. MIT and Berkeley University: Prentice Hall.
- Pulido, H. (2005). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. En G. Pulido, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (pág. 22).
- Secretaria Municipal La Paz. (s.f.).
- Serway, R. (2004). Física. En S. y. Jewett, *Física para ciencias e ingenierias* (págs. 435-436). California state: sexta edición.

**b) Bibliografía Virtual.**

1. Definición Hidrología ABC
2. <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/hidrologia.php>
3. [www.jmarcano.com](http://www.jmarcano.com) › Ciencias Tierra
4. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) › Geografía › Recursos naturales
5. [www.definicionabc.com/medio-ambiente/hidrologia.php](http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/hidrologia.php)
6. Aforo del agua: Espinoza, C., Muñoz R., Lobo, G. (2004). Hacia una propuesta de zonas de protección de captaciones en Chile. IV Seminario –Taller Protección de Acuíferos frente a la Contaminación: Protección de la Calidad del Agua. Lima, Perú.
7. *Aspectos técnicos: documento Lampoglia, Agüero y Barrios (2008)*.
8. *Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales SER*.
9. *Read more: https://www.lenntech.es/datos-zono.htm#ixzz51iy*
10. <https://www.lenntech.com/library/ultrafiltration/ultrafiltration.htm>
11. *Read more: https://www.lenntech.es/sistemas/-uv-disinfection.htm*
12. Ozono y UV en el agua de proceso de la industria farmacéutica.
13. [www.hidrotec.com](http://www.hidrotec.com) tratamiento de agua potable con ozono.
14. <https://www.google.com/andresibanez.olx.com.bo%2Fembolsadora-y-selladora-de-bolsas-de-agua-iid->
15. <https://www.google.com/www.bombashasa.com%2Fes%2Fbombas-sumergibles-aguas-limpias>.
16. [www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla](http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla).

## ANEXO N° 1

### Encuestas seleccionadas de la base de datos por muestreo sistemático

N	n encuesta	N	n encuesta
1	43	27	1338
2	93	28	1388
3	143	29	1438
4	192	30	1487
5	242	31	1537
6	292	32	1587
7	342	33	1637
8	392	34	1687
9	441	35	1736
10	491	36	1786
11	541	37	1836
12	591	38	1886
13	641	39	1936
14	690	40	1985
15	740	41	2035
16	790	42	2085
17	840	43	2135
18	890	44	2185
19	939	45	2234
20	989	46	2284
21	1039	47	2334
22	1089	48	2384
23	1139	49	2434
24	1188	50	2483
25	1238	51	2533
26	1288		

## Anexo N 2.

### NUMERO ESPERADO DE VENTAS.

Datos generales de la población del macrodistrito san Antonio.

#### - Probabilidades de demanda.

De acuerdo al método de producción y el envase, (sachet de 0.4 litros) se debería de elegir el consumo de aquellos menores de 3 litros.

#### - Probabilidad de venta:

Con la información poblacional brindada arriba se puede obtener las probabilidades de éxito según 2 análisis:

- Que el encuestado consuma agua de mesa.
- Que el encuestado que consume agua de mesa solo consuma envases menores de 3 litros.

En ambos casos se ha empleado la **distribución hipergeométrica** para medir las probabilidades de éxito esperadas.

#### - Probabilidad de consumo de agua de mesa.

#### Consumidores de agua de mesa en San Antonio.

Se halla la probabilidad de encontrar consumidores de agua en este macrodistrito. De acuerdo a los datos de la encuesta mencionada:

N: número d encuestas en la ciudad d la paz.

n: número de consumidores de agua envasada.

K: número de encuestas en un macrodistrito San Antonio.

x: número de consumidores de agua envasada en el macrodistrito.

Variable	Tamaño
N=	2540
n=	477
K=	370
x=	69

$$P(x)= 0,50515119$$

**Probabilidad P(x)= 50.52%**

La probabilidad de encontrar hasta 69 consumidores de agua de mesa en el macrodistrito es 0.50515119.

#### - Probabilidad de consumo de agua menores a 3 litros.

En la tabla Consumidores **de envases de menos de 3 litros de agua.**

Se copia esta tabla en una hoja de Excel.

Dentro del grupo de consumidores de agua de mesa, encontramos la probabilidad de consumidores en el distrito San Antonio.

Se puede calcular la probabilidad de venta con una distribución hipergeométrica, donde:

N: Numero de consumidores de agua de mesa

n: Numero de consumidores menos de 3 litros

K: Numero de consumidores en el macrodistrito Villa San Antonio

x: Numero de consumidores en el macrodistrito menos de 3 litros

Variable	Tamaño
N=	477
n=	186
K=	69
x=	27

Si tomamos toda la encuesta como una población, hay 477 consumidores de agua de mesa.

De esa cantidad, 186 consumen envases menores de 3 litros.

En el macro distrito de San Antonio hay 70 consumidores de agua de mesa.

A esos parámetros, hay 27 consumidores de envases de menos de 3 litros en San Antonio.

La probabilidad acumulada de encontrar hasta

27 consumidores es:  **$P(x) = 0,56564674$**

**probabilidad  $P(x) = 56.56\%$**

Hay hasta un 56.56% de probabilidad de encontrar consumidores de envases

De menos de 3 litros.

### ANEXO Nº 3

#### Muestra de caudales de agua tomados de la vertiente de la poza.

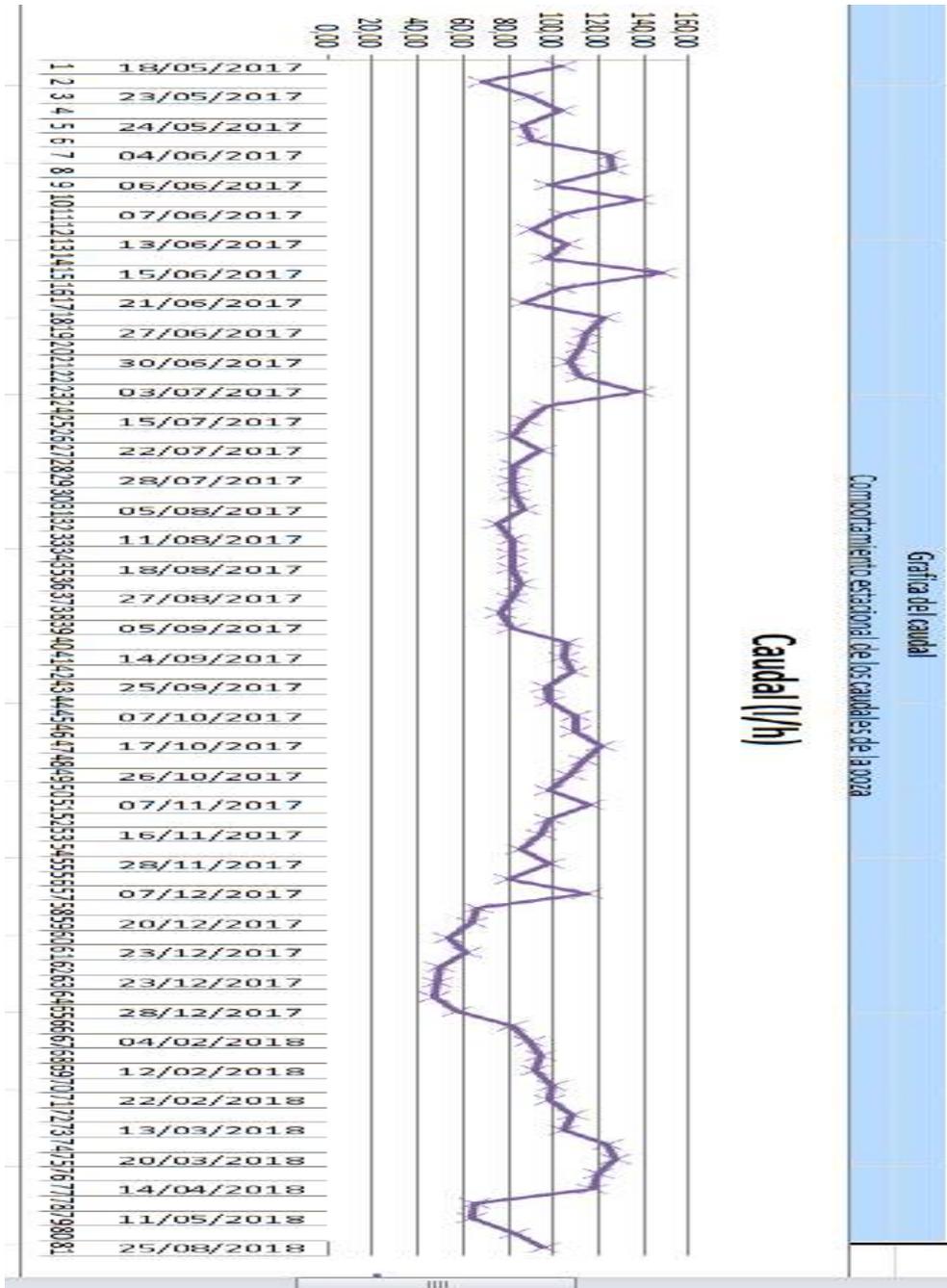
Observación	Fecha	Volumen el ml.	Tiempo en seg.		Caudal (l/h)	Caudal (m3/día)
1	18/05/2017	250	8,72		103,21	2,48
2	18/05/2017	250	13,14		68,49	1,64
3	23/05/2017	250	10		90,00	2,16
4	24/05/2017	250	8,75		102,86	2,47
5	24/05/2017	250	10,4		86,54	2,08
6	01/06/2017	250	9,92		90,73	2,18
7	04/06/2017	250	7,18		125,35	3,01
8	06/06/2017	250	7,11		126,58	3,04
9	06/06/2017	250	9,14		98,47	2,36
10	06/06/2017	250	6,5	*	138,46	3,32
11	07/06/2017	250	8,61		104,53	2,51
12	10/06/2017	250	9,9		90,91	2,18
13	13/06/2017	250	8,51		105,76	2,54
14	14/06/2017	250	9,31		96,67	2,32
15	15/06/2017	250	6,07		148,27	3,56
16	17/06/2017	250	8,75		102,86	2,47
17	21/06/2017	250	10,31		87,29	2,10
18	25/06/2017	250	7,37		122,12	2,93
19	27/06/2017	250	7,82		115,09	2,76
20	30/06/2017	250	8,03		112,08	2,69
21	30/06/2017	250	8,37		107,53	2,58
22	02/07/2017	250	8	*	112,50	2,70
23	03/07/2017	250	6,53	*	137,83	3,31
24	07/07/2017	250	9,32		96,57	2,32
25	15/07/2017	250	10,19		88,32	2,12
26	17/07/2017	250	11,06		81,37	1,95
27	22/07/2017	250	9,47		95,04	2,28
28	26/07/2017	250	10,87		82,80	1,99
29	28/07/2017	250	11,06		81,37	1,95
30	01/08/2017	250	10,87		82,80	1,99
31	05/08/2017	250	10,34	*	87,04	2,09
32	09/08/2017	250	11,88		75,76	1,82
33	11/08/2017	250	11,03		81,60	1,96
34	15/08/2017	250	11,03		81,60	1,96
35	18/08/2017	250	10,97		82,04	1,97

36	24/08/2017	250	10,48		85,88	2,06
37	27/08/2017	250	11,03		81,60	1,96
38	31/08/2017	250	11,68		77,05	1,85
39	05/09/2017	250	11,05		81,45	1,95
40	09/09/2017	250	8,54		105,39	2,53
41	14/09/2017	250	8,59		104,77	2,51
42	19/09/2017	250	8,31		108,30	2,60
43	25/09/2017	250	9,29		96,88	2,33
44	01/10/2017	250	9,09		99,01	2,38
45	07/10/2017	250	8,15		110,43	2,65
46	05/01/2000	250	8,22		109,49	2,63
47	17/10/2017	250	7,43		121,13	2,91
48	19/10/2017	250	7,94		113,35	2,72
49	26/10/2017	250	8,4		107,14	2,57
50	31/10/2017	250	9,18		98,04	2,35
<b>51</b>	<b>07/11/2017</b>	<b>2000</b>	<b>61,91</b>		116,30	2,79
52	09/11/2017	250	9,12		98,68	2,37
53	16/11/2017	250	9,52		94,54	2,27
54	25/11/2017	250	10,55		85,31	2,05
55	28/11/2017	250	9,19		97,93	2,35
56	01/12/2017	250	11,11		81,01	1,94
57	07/12/2017	250	7,83		114,94	2,76
58	19/12/2017	250	13,48		66,77	1,60
59	20/12/2017	250	14,1		63,83	1,53
60	21/12/2017	250	16,57		54,32	1,30
61	23/12/2017	250	14,73		61,10	1,47
62	23/12/2017	250	17,79		50,59	1,21
63	23/12/2017	250	18,38		48,97	1,18
64	23/12/2017	250	18,78		47,92	1,15
65	28/12/2017	250	15,73		57,22	1,37
66	21/01/2018	5000	218,97		82,20	1,97
67	04/02/2018	250	10		90,00	2,16
68	12/02/2018	250	9,48		94,94	2,28
69	12/02/2018	250	9,75		92,31	2,22
70	15/02/2018	5000	181		99,45	2,39
71	22/02/2018	250	9,2		97,83	2,35
72	08/03/2018	250	8,25		109,09	2,62
73	13/03/2018	10000	345		104,35	2,50
74	17/03/2018	3600	105		123,43	2,96

75	20/03/2018	3600	102		127,06	3,05
76	20/03/2018	3600	108		120,00	2,88
77	14/04/2018	1000	30,6		117,65	2,82
78	11/05/2018	250	13,82		65,12	1,56
79	11/05/2018	250	14,16		63,56	1,53
80	18/07/2018	1000	43,16		83,41	2,00
81	25/08/2018	1000	37,72		95,44	2,29



Anexo Nº 4



## Anexo N° 5.

### Procesos que no entran en el proyecto.

#### Anexo N° 5.1.

#### Destilación.

#### Calor de evaporación para 770 litros de agua.

La cantidad de calor necesario para poder procesar 770 l de agua bajo este método se determina por la formula:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T;$$

Dadas las condiciones y la constante c, se tiene que la masa se calcula por la densidad unitaria del agua  $\rho = 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ .

La constante c del agua de estado líquido a vapor es  $4.19 \cdot 10^3 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ .

$$Q = 770 \text{kg} \cdot 4.19 \cdot 10^3 \text{ (J /Kg} \cdot ^\circ\text{C)} \cdot (87 - 11) ^\circ\text{C};$$

$$Q = 245198800 \text{ J.}$$

Cantidad de energía para evaporar 770 litros de agua.

#### Destilación.

Se requiere una energía de 245198800 J, que sería la cantidad requerida para 770 kg de agua a evaporar en el proceso.

#### Procesos físicos.

#### Coste del proceso.

Para ese nivel de producción de agua destilada se requiere convertir esa cantidad calorífica en equivalente en dinero tomando en cuenta el coste de una garrafa de gas de cocina.

Datos de una garrafa de gas de cocina:

- Glp tiene 10830 kcal/kg;
- Una garrafa tiene 10 kg; por lo tanto tiene 108300 k calorías.
- La cantidad de calor requerida de 245198800 J

1 caloría equivale a 4.186 Julios.

Por regal de tres se obtiene:

$$\text{Kcal} = 245198800 \text{J} \cdot 1 \text{ cal} / 4.186 \text{J};$$

$$\text{Xcal} = 58575919.7 \text{ cal.}$$

- equivale en calorías a 58575919.7 cal.
- 108300 kcal cuestan 22.5 Bs. En energía.
- Haciendo la relación del calor requerido entre el coste de k calorías por garrafa, se tiene:

$$r = \frac{58575,91 \text{kcal}}{108300 \text{kcal}}$$

$$r = 0.54187;$$

Es la relación del calor requerido y el calor que contiene una garrafa, Por lo tanto el coste será:

$$\text{Coste} = (0.54187) \cdot 22.5 \text{ Bs.}$$

$$\text{Coste} = 12.17 \text{ Bs}$$

Este es el coste de tratamiento de 770 litros de agua al procesar por destilación. Por su elevado coste, se descarta este proceso de desinfección.

#### **Anexo 5.2.**

#### **Cantidad de NaClO aplicada a 770 litros de agua.**

$$V = \frac{770 \text{ l} * 5 \text{ ml/l}}{0.36 * 10}$$

$$V = 1069.44 \text{ ml}$$

Esta es la cantidad de hipoclorito de sodio que se debe aplicar a 770 litros de agua.

#### **Costo del proceso de desinfección con lavandina.**

#### **Hipoclorito de sodio NaClO.**

El costo de desinfección del mismo volumen de agua es mucho mayor si se emplea hipoclorito de sodio que gas cloro, pero la facilidad de manejo del reactivo líquido, la disponibilidad del producto así como de partes y accesorios del equipo de dosificación, es lo que hacen muy conveniente el uso de este agente de desinfección.

Entre los diferentes procesos que son eficientes en la eliminación de microorganismos y bacterias del agua, es la aplicación de NaClO proceso muy conocido pero muy costoso a la hora de aplicar aquí está el costo del proceso:

El precio de mercado dice que 1 l de lavandina esta en 10 Bs., por lo tanto se tiene la siguiente operación en:

1000 ml a 10 Bs.

1069.44 ml a x Bs.

Coste de desinfección; x Bs. = 10.69 Bs.

**C = 10.69 Bs.**

Anexo N° 6.

Propiedades del agua a nivel del mar.

Densidad (g/ml)	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)	Entalpia de fusión (kJ/mol)	Entalpía de vaporización (kJ mol <sup>-1</sup> )	Calor de fusión (kJ/kg)	Calor de vaporización (kJ kg <sup>-1</sup> )
1	0	100	6.02	40,65	333	2257

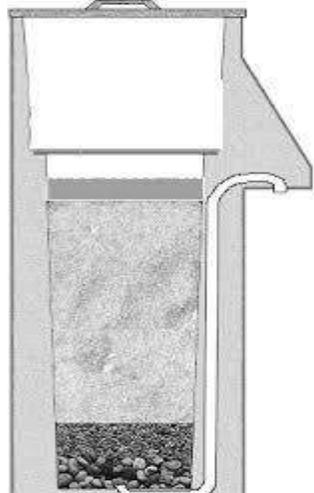


**ANEXO N° 7  
EQUIPOS EMPLEADOS.**

**Anexo N° 7.1.**

<b>BOMBA DE AGUA.</b>	<b>APLICACIONES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	<b>COMPONENTES</b>
	<p>Pequeñas electrobombas ideales para fuentes decorativas, surtidores, acuarios, refrigeración de máquinas de corte, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudal (l/h): 0 - 4000</li> <li>• Altura manómetro. (m): 0 - 3,7</li> <li>• IP: X8</li> <li>• Aislamiento: I</li> <li>• Refrigeración: Agua circulante</li> <li>• Temp. (°C): 4 - 35</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motor asíncrono de accionamiento magnético</li> <li>• Retén estanco</li> <li>• Cable eléctrico de 1,5 m. con enchufe SCHUKO</li> <li>• Filtro y regulador de flujo incorporado</li> </ul>

**Anexo N° 7.2.**

<b>FILTRO BIOARENA</b>	<b>APLICACIONES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	<b>COMPONENTES</b>
	<p><i>A toda fuente de agua natural proveniente de lagos, ríos, y vertientes.</i></p> <p><i>Cuando el agua turbia se ve oscura, sucia o lodosa. Esa turbidez es causada por la arena, el limo y la arcilla que está flotando en el agua.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudal (0.6 l/min):</li> <li>• Para un tratamiento en moléculas de Fe, Ca, y compuestos y así limpieza de bacterias y microbios se debe tratar un caudal solo de 0.6 litros/min.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tapa</li> <li>• Placa de difusión</li> <li>• Capa arena fina</li> <li>• Capa arena gruesa</li> <li>• Grava</li> <li>• Tubo de salida</li> </ul>

### Anexo 7.3.

LÁMPARAS LUZ ULTRAVIOLETA	APLICACIONES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COMPONENTES
	<p>Por otro lado, los sistemas de bajo coste doméstico han solucionado satisfactoriamente problemas individuales relacionados con la calidad del agua durante muchos años, y existen sistemas de desinfección de baja y media presión como sistemas de desinfección de baja presión de amalgama.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caudal máx. (1.4 m<sup>3</sup>/hora).</li> <li>• Modelo 1PE1.</li> <li>• Consumo (47w).</li> <li>• Nº Lámparas (1).</li> <li>• Dosis luz UV (mws/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Long Onda 200-300 nm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo Lampara L-402</li> <li>• Entrada de agua sin tratar.</li> <li>• Salida de agua desinfectada.</li> <li>• Camaras reflectantes</li> </ul>

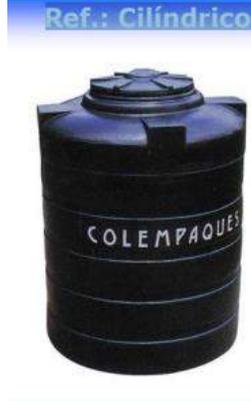
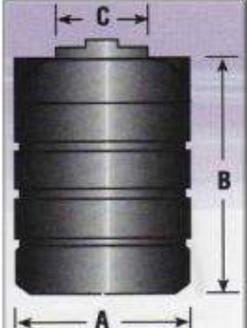
### Anexo 7.4. Tecnología del OZONO

GENERADOR DE OZONO	APLICACIONES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COMPONENTES
	<p>Muy utilizado en :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hoteleria</b></li> <li>• <b>Automotriz</b></li> <li>• <b>Sanitaria</b></li> <li>• <b>Industrial</b></li> </ul>	<p>El ozono es producido en una corriente plana del gas, lo que resulta en un bajo consumo de energía y una alta concentración de ozono.</p> <p>El diseño plano hace al generador de ozono muy compacto y ligero.</p> <p>Potencia 7kw/kg de O3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones 30x25x15 cm.</li> <li>• Rendimiento 5 a 400 g/h.</li> </ul>	<p><b>Serie OT-4.</b></p>

### Anexo 7.5.

SELLADORA INDUSTRIAL DE BOLSAS	APLICACIONES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COMPONENTES
	<p>Esta máquina utiliza ampliamente para :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• envasar agua</li> <li>• leche</li> <li>• leche de soja</li> <li>• salsa</li> <li>• vinagre</li> <li>• vino amarillo</li> </ul> <p>todo tipo de bebida con la película. Todo el proceso puede realizarse de forma automática, tales como la. La temperatura de sellado térmico se controla acero inoxidable, y el saneamiento está garantizada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo J-1000</li> <li>• Capacidad de producción 1200pcs/h (1200 piezas por hora)</li> <li>• Rango 100~1000ml</li> <li>• Voltaje 220V/50Hz</li> <li>• Consumo de corriente:1800 W</li> <li>• Dimensiones 900x800x2100 mm</li> <li>• Peso: 370kg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esterilización ultravioleta</li> <li>• figuración bolsa</li> <li>• impresión de fecha</li> <li>• llenado cuantitativo</li> <li>• envoltente</li> <li>• cortando el recuento.</li> </ul>

### Anexo N° 7.6

TANQUE DE ALMACENAMIENTO	APLICACIONES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	COMPONENTES																				
<p>Ref.: Cilíndrico</p> 	<p>Muy utilizado en :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hotelería</li> <li>• Sanitaria</li> <li>• Industrias</li> <li>• Escuelas</li> </ul>	<table border="1" data-bbox="857 1528 1112 1753"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250 Lt.</td> <td>69</td> <td>81</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>500 Lt.</td> <td>86</td> <td>108</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>1000 Lt.</td> <td>105</td> <td>138</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>2000 Lt.</td> <td>136</td> <td>167</td> <td>43</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dimensiones en cms.</p>		A	B	C	250 Lt.	69	81	43	500 Lt.	86	108	43	1000 Lt.	105	138	43	2000 Lt.	136	167	43	
	A	B	C																				
250 Lt.	69	81	43																				
500 Lt.	86	108	43																				
1000 Lt.	105	138	43																				
2000 Lt.	136	167	43																				



**Anexo Nº 9**  
**Hoja de Resultados Fisicoquímicos del agua .**

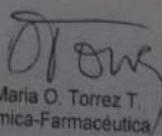
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN  
SALUD (SELADIS)  
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA  
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)  
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	CODIGO: 7318	
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA			
Informe Nº:	206/17		
Producto:	AGUA SUBTERRANEA		
Marca:	S/M	Razón Social	JOSÉ TAPIA
Procedencia	Z. Villa Armonia, La Paz		
Fecha de recepción muestra:	2017/11/07	Fecha de emisión de resultados:	2017/11/13
Fecha de inicio de ensayos:	2017/11/07		

**RESULTADOS**

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIAL*	METODO DE ENSAYO
PH	---	7.05.-	6.5-9.5	POTENCIOMETRIA
SOLIDOS TOTALES	mg/L	408.00.-	3000.-	GRAVIMETRIA
ACIDEZ	mg/L H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	69.33.-	SLR	VOLUMETRIA
ALCALINIDAD	mg/L HCO <sub>3</sub> /CO <sub>3</sub>	142.20.-	370	VOLUMETRIA
DUREZA	mg/L CaCO <sub>3</sub>	212.82.-	500	VOLUMETRIA
CALCIO	mg/L Ca	69.33.-	200	VOLUMETRIA

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Limite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD menor al limite de detección (<0.01 mg/L). \* Valores referenciales del agua potable NB-512

  
Dra. Maria O. Torrez T.  
Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

**Anexo N° 10**  
**Hoja de Resultados Microbiológicos del agua .**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICAS  
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO E INVESTIGACIÓN EN SALUD  
CORVATALLA - UMSA/SUCUMBA

---

**INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO**

FACTURA: 8283  
 CANTIDAD DEL LABORATORIO: 037317  
 PRODUCCIÓN: AGUA SUBTERRANEA  
 CANTIDAD APROXIMADA: 6000L  
 PROVENIENCIA DE PRODUCTO: Villa Armonia  
 NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO: Particular  
 DIRECCIÓN: Z/ Villa Armonia Sector German Jordan  
 c/ Tishankon N°84  
 PROPIETARIO O RESPONSABLE: Jose Topico Roselli  
 MUESTREADOR: Jose Topico Roselli  
 FECHA DE MUESTREO: 2017-11-17  
 FECHA DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO: 2017-11-17  
 HORA: 09:00  
 HORA: 10:10

**CARACTERÍSTICAS GENERALES:**  
 COLOR: Incoloro    COLOR: Incoloro    ASPECTO: Pocas partículas en suspensión

NORMA TÉCNICA	PARÁMETROS	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 5000	APRUEBAS MICROBIOLÓGICAS	$1,2 \times 10^3$ UFC/mL	$1 \times 10^3$ UFC/mL	RSE
NB - 5000	CYANOBACTERIAS COLONIAS	$> 1600$ NMP/100mL	$< 2$ NMP/100mL	NB 512 : 2010
NB - 5000	ENTEROCOCOS COL	17 NMP/100mL	$< 2$ NMP/100mL	NB 512 : 2010

**OBSERVACIONES:**

NB: Norma: NB 5000  
 NB 512-2010: Norma Boliviana Agua Potable. RSE: Reglamento Sanitario Español

*Nota:* Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada.

  
**RESPONSABLE**  
**LAB. MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS**  
 Agencia de Aguas S.A. S. R. L.  
 Vía Internacional de Anexos  
 BOLIVIA - SUYRU



10 Págs. 22 de Noviembre de 2017  
Original

---

Av. Barroeta N° 2204, Miraflores, La Paz - Bolivia • Teléfono: 591-222 24 30 • Fax: 591 - 2 - 222 48 95.  
 email: reladis@umsa.bo • www.umsa.bo



Anexo Nº 12

PLANILLA PARA LA DETERMINACION DEL RC-IVA														
Nº	NOMBRES Y APELLIDOS	SUELDO NETO	MINIMO IMPONIBLE	BASE IMPONIBLE	RC-IVA 13%	DEDUCCIONES		SALDO A FAVOR	S.A.FAVOR DEPEND.		SALDO A FAVOR FAVOR.D.	SALDO UTILIZADO	IMPTO. RETENIDO	S. MES SIGTE.
						FORM.110	13% S/CSMIN		FISCO	DEP.				
AA		5237,4	9440 na											
BB		4975,53	9440 na											
CC		4975,53	9440 na											
DD		3491,60	9440 na											

Anexo Nº 13

**CUADRO DE APORTES PATRONALES Y PROVISIONES**

Nº	NOMBRES Y APELLIDOS	TOTAL COTIZABLE	C.N.S. 10%	A.F.P. 4,71%	PROVIV. 2%	INFOCAL 1%	AGUINALDO 8,33%	INDEMNIZ. 8,33%	TOTAL 34,37%
	Adminis	11700	1170	551,07	234	117	974,61	974,61	4021,29
	Plant	9300	930	438,03	186,00	93,00	774,69	774,69	3196,41
	<b>TOTAL</b>								<b>7217,70</b>