

**UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO**  
**AREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE RESPECTO A LA  
TURBIDEZ, RESIDUO TOTAL Y CLORO RESIDUAL EN EL BARRIO SENAC  
DEL DISTRITO I DE LA CIUDAD DE COBIJA**

**Tesis de grado para obtener el título de licenciado en Ingeniería Ambiental**

**Tesista: Univ. Leomir Sutil Suarez**

**Tutor: M.Sc. Juan Carlos Surco Almendras**

**COBIJA – PANDO – BOLIVIA**  
**2019**

## HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por:

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMAS
Presidente	Dr. Benjamín Oliveira Carrillo	_____
Tribunal 1	Dra. Nancy Acuña Álvarez	_____
Tribunal 2	Lic. Julio Montero Tonconi	_____
Asesor	M.Sc. Juan Carlos Surco Almendras	_____

Cobija, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con mucho amor y cariño a Mis padres y abuelos, tíos que fueron un pilar fundamental en mi formación como profesional, a Dios por sus bendiciones e iluminar mi camino y darme fuerza para seguir adelante y poder culminar mis estudios, a mis hermanas por brindarme siempre su apoyo cariño, amor y a esos verdaderos amigos que compartimos todos estos años juntos

## AGRADECIMIENTOS

- Agradezco primeramente a Dios por haberme dado fuerza, valor y acompañándome siempre en todos los momentos de mi vida.
- A mis padres Leonas José Subtil y Aleida Suarez por tenerme dado la oportunidad de estudiar y lograr mis objetivos.
- A la Universidad Amazónica de Pando por acogerme y brindarme sus mejores enseñanzas, al Área de Ciencias Biológicas y Naturales.
- A los docente de la carrera de Ingeniería ambiental por haber compartido su enseñanza con sabiduría, paciencia y mucha dedicatoria.
- A mis compañeros de la carrera de Ingeniería ambiental por haber compartido momentos inolvidables juntos
- A mi asesor M.Sc. Juan Carlos Surco A., quien me guío con su orientación en la realización de mi proyecto.
- A los miembros del tribunal, Dra. Nancy Acuña Álvarez y Julio Montero Tonconi por sus valiosas sugerencias en la revisión del trabajo.
- A mi gran amigo Marcelo Federico Aguilar Téllez por sus buenos consejos.
- finalmente agradezco a todos mis familiares por el amor y cariño que tiene así a mi persona y a todas las personas que estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindado todo su apoyo incondicional.

## RESUMEN

La presente investigación titulada: Evaluación de la calidad del agua potable respecto a la turbidez, residuo total y cloro residual en el Barrio Senac del distrito uno de la ciudad de Cobija, se realizó los siguientes pasos: a) se recolecto las muestra de agua potable para proceder a un análisis físico químico, Los análisis de las muestras de agua recogidas se realizaron en el laboratorio de aguas y alimentos del ÁCBN-UAP. Considerando que en número son 70, la muestra según el cálculo estadístico realizado que se tomó mediante una fórmula para saber la cantidad de muestra que se iba a realizar.

Los principales resultados son: solidos totales, con una variación de entre un mínimo de 22 mg/l a un máximo de 181 mg/l estos parámetros se hallan por debajo de límite establecido por la norma, turbidez, varía desde 0,20 UNT al 2,90 UNT cloro residual tiene una variación entre 0,00 mg/l a 0,04 mg/l, todos ellos se encuentra por debajo de lo establecido por NB- 512 donde se pudo observar mediante el análisis físico químico se realizó en el laboratorio de agua y alimentos de la UAP-ACBN.

De acuerdo los análisis realizados se pudo observar que el agua potable que distribuye la empresa EPSA en el distrito 1 es apta para el consumo de la población ya que cumple con todos los limites establecido por NB- 512 dando se a conocer mediante los resultados.

## ABSTRACT

The present investigation entitled: Evaluation of the quality of drinking water with respect to turbidity, total waste and residual chlorine in the Senac neighborhood of district one of the city of Cobija, the following steps were carried out: a) the drinking water sample was collected To proceed with a physical chemical analysis, the analyzes of the collected water samples were carried out in the food and water laboratory of the ÁBN-UAP. Considering that in number there are 70, the sample according to the statistical calculation made that was taken by means of a formula to know the quantity of sample that was going to be made.

The main results are: total solids, with a variation of between a minimum of 22 mg / l and a maximum of 181 mg / l. These parameters are below the limit established by the standard, turbidity, varies from 0.20 UNT to 2, 90 UNT residual chlorine has a variation between 0.00 mg / 0.04 mg / l, all of them are below what was established by NB-512 where it could be observed by chemical physical analysis was performed in the laboratory of water and food from the UAP-ACBN.

According to the analyzes carried out, it was observed that the drinking water distributed by the EPSA company in district 1 is suitable for the consumption of the population since it meets all the limits established by NB-512, making the results known through results.

## ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURA	xi
LISTA DE GRAFICO	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específico	4
1.4. Hipótesis	4
1.4.1. Hn. Hipótesis Nula	4
1.4.2 Ha Hipótesis alterna	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	5
2.1. Agua	5
2.2. El agua es indispensable para la vida de todo ser vivo	7
2.3. Agua natural	8
2.4. Importancia de la calidad del agua	8
2.5. Agua potable	11
2.6. Componentes fisicoquímico del agua	12
2.6.1. Temperatura	13
2.6.2. Transparencia	13

2.6.3. Color	13
2.6.4. Existen dos tipos de color	14
2.6.5. Sólidos en suspensión	14
2.6.6. Sólidos disueltos	14
2.6.7. Residuos Sólidos	15
2.6.7.1. Residuo	15
2.6.7.2. Residuo solido	15
2.7. Turbiedad	15
2.7.1. Cloro libre	17
2.7.2. Conductividad	18
2.7.3. Potencial de Hidrógeno (pH)	18
2.7.4. Oxígeno disuelto	19
2.7.5. Alcalinidad	19
2.7.6. DBO <sub>5</sub>	19
2.7.7. Nitratos	19
2.7.8. Nitrógeno amoniacal	18
2.8. Tratamiento de Aguas	20
2.8.1. Pre-tratamiento	20
2.8.2. Tratamiento primario	20
2.8.3. Tratamiento secundario	21
2.8.4. Tratamiento terciario	21
2.9. Planta de tratamiento de agua potable Sevilla (EUROPA)	22
2.10. Plantas de tratamiento de agua potable Bolivia	23
2.10.1. Planta de tratamiento de agua el alto	23
2.10.2. Pozos de Tilata	24
2.10.3. Planta de tratamiento de agua Tilata	24
2.11. Planta de tratamiento Cobija	24
2.12. Ley de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario del 29 de octubre de 1999	25

2.12.1. Reglamento ley nº 1333 del medio ambiente reglamento en materia de	25
Contaminación hídrica	
2.12.2. Aguas residuales crudas	25
2.12.3. Aguas residuales tratadas	25
2.12.4. Capítulo II de los servicios municipales y cooperativas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado	26
2.12.5. Ley N° 2066, de 11 de Abril de 2000, Ley de Prestación y utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.	26
2.12.6. ARTÍCULO 8° DEFINICIONES	26
a) Agua Potable	26
b) Conexión de Agua Potable	26
c) Servicio de Agua Potable	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación	27
3.2. Materiales	28
3.3. Metodología	29
3.3.1. Fases de muestreo y recolección	29
3.3.2. Análisis de laboratorio	31
3.3.3. Metodología para el análisis fisicoquímico	31
A) Determinación de solidos totales (Residuo total)	31
B) Determinación de turbidimetria	32
C) Determinación de Cloro residual	32
3.3.4. Tratamiento estadístico	33
3.3.5. Calculo del tamaño óptimo de la muestra	32
3.3.6. Cálculo del tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población.	35
4. RESULTADOS	37
4.1. Solidos totales	39

4.2. Turbidimetria	39
4.3. Cloro residual	41
5. DISCUSIÓN	44
6. CONCLUSIONES	45
7. RECOMENDACIONES	46
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
9. ANEXO	

## LISTA DE TABLAS

1. Estándares para agua potable	12
2. Materiales, equipos y reactivos para Análisis Físicoquímico	28
3. Materiales de escritorio	29
4. Parámetros Físico Químico de Sólidos Totales (según NB 512 el valor máximo permitidos es 1000 mg/l)	38
5. Sólidos Totales del agua potable utilizada en la investigación	39
6. Parámetro Físico Químico de Turbidez (según NB 512 el valor máximo permitidos es 5 UNT)	40
7. Turbiedad del agua potable utilizada en la investigación	41
8. Parámetro Físico Químico de Cloro Residual (según NB 512 el valor máximo permitidos es 250.0 ppm)	42
9. Cloro residual del agua potable utilizada en la investigación	43

## LISTA DE FIGURAS

1. Ubicación del área de estudio distrito 1. municipio de cobija	27
2. Ubicación de los puntos de muestreo en el área de estudio- barrio secna	28
3. Distribución normal estándar (acumulada)	34

## LISTA DE GRAFICO

1. Sólidos totales del agua potable	39
2. Turbiedad del agua potable	41
3. Cloro residual del agua potable	43

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la ciudad de Cobija capital del departamento Pando, algunos barrios no cuentan con los servicios básicos entre ellos lo más importante el agua potable y los que tienen, no existe abastecimiento continuo del líquido esencial, los que tiene abastecimiento la calidad es dudosa, por lo que la población se urgida por consumir agua de botellones.

La Empresa Pública Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Cobija (EPSA), el agua de Cobija, no es consumida por la mayoría de la población por lo que la población consumidora está expuesto a diversos problemas de salud, que se encuentran en cada vivienda de Cobija, por lo tanto es de vital importancia de todas las personas que la utilizan, tener conocimiento que calidad de agua y así no ocasionar severos daños a la salud de los consumidores, utilizadas para consumo humano.

La presente investigación es de tipo experimental, cuyo objetivo es evaluar la calidad del agua potable respecto a la turbidez, residuo total y cloro residual (de acuerdo a la normas Bolivianas vigentes) para el consumo humano en el barrio Senac del distrito 1 del municipio de Cobija de la zona urbana, obteniendo un total de 70 muestras de agua potable, a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Los pobladores de Cobija prefieren no utilizar el agua que distribuye la empresa EPSA porque el agua que distribuye es dudosa por lo tanto prefieren comprar el agua en botella para su consumo o prefieren acceder a otras fuentes como ser vertientes o pozos.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los pobladores de Cobija consideran que el agua de la EPSA es de mala calidad y por tanto prefieren no utilizarla para el consumo humano. Por este motivo, muchas gentes pobres de los barrios de Cobija compran agua embotellada, hierven el agua o acceden a otras fuentes como ser las vertientes naturales. La compra de agua en botella, implica un costo adicional alto. Sin embargo, la población indica que están dispuestos a pagar estos costos, tomando que el agua contaminada de la EPSA podría provocarles una serie de enfermedades cuya frecuencia, afirman, disminuir al dejar de consumir el agua proporcionada por EPSA. (MARIN, 2010)

Los pobladores no pagan o pagan muy poco por el agua proporcionada por la EPSA. En todo caso, solamente el 60% de los usuarios con conexiones instaladas tienen medidores y muchos otros tienen conexiones clandestinas. No obstante, los entrevistados comentaron que estarían dispuestos a pagar entre 30 a 40 bolivianos en el caso de la gente de escaso recursos y de 50 a 80 Bs. En el caso de la gente con salarios fijos, para contar con un servicio de agua de calidad. Estos datos indican que hay potencial para incrementar el precio del servicio de agua, siempre que el incremento esté acompañado de una mejora sustancial del servicio. (MARIN, 2010).

La distribución del agua potable por (EPSA) no es eficiente por la conexión antigua y el crecimiento poblacional de la ciudad de Cobija. El Arroyo Bahía se encuentra contaminado por diversos factores tales como residuos sólidos y lixiviados. El agua potable que distribuye la empresa EPSA no es de buena calidad esto provoca a la población enfermedades estomacales. Es por eso que surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la calidad del agua tratada y distribuida para consumo humano por la Empresa EPSA en el Barrio Senac del distrito uno del Municipio de Cobija – Pando?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

“La necesidad del agua potable en nuestro Departamento no es solo un problema de cantidad, sino también de calidad, pues de ello depende una buena salud de nuestra población en especial de nuestros niños”, declaró a Sol de Pando el Director del Servicio Departamental de Agua (Sedagua), Julio César Machuca, durante un taller de capacitación realizado el pasado fin de semana en Cobija, conjuntamente la Organización de Naciones Unidas para la Infancia y la Niñez (Unicef) mediante su programa de “Asistencia Técnica, Fortalecimiento Institucional y Desarrollo de Capacidades” (Quiroga, 2015).

La presente investigación tiene como finalidad dar a conocer la importancia manejo y distribución que se debe tener en relación al agua potable de la ciudad de Cobija. Para brindar mayor beneficio a todas la población es necesario hacer un tratamiento adecuado para obtener mejor calidad del agua. La falta de información acerca de la calidad del agua en Cobija nos hace quedar más expuesto a sufrir enfermedades por eso es necesario realizar más investigaciones sobre el agua que se consume.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar la calidad del agua potable respecto a la turbidez, residuo total y cloro residual para el consumo humano en el barrio Senac del distrito 1 de la ciudad de Cobija.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el cloro residual del agua potable del barrio de Senac. del distrito 1 de Cobija, Según la Norma Boliviana (NB) 528.
- Determinar el contenido de turbidez y residuo total en el agua potable del barrio de Senac. del distrito 1 de Cobija, según las (NB) 514 y 515.
- Comparar e Interpretar los resultados obtenidos en los análisis de turbidez, residuo total y cloro residual realizados en aguas potable del Barrio Senac del distrito uno de Cobija. Con los límites establecidos por la Norma Boliviana (NB) 512.
- Comparar los resultados de análisis por la ley de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario del 29 de octubre de 1999.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1 Hn. Hipótesis Nula**

La calidad del agua tratada y distribuida para consumo humano por la Empresa EPSA dentro del Barrio Senac del distrito uno, se encuentra contaminación de forma turbidez, residuo total y cloro residual mediante los análisis realizadas en el laboratorio, por lo tanto no es apta para consumo humano.

### **1.4.2. Ha. Hipótesis Alterna**

La calidad del agua tratada y distribuida para consumo humano por la Empresa EPSA dentro del Barrio Senac del distrito uno, no se encuentra contaminación de forma turbidez, residuo total y cloro residual mediante los análisis realizadas en el laboratorio, por lo tanto es apta para consumo humano.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Agua

El agua es un recurso natural renovable, que conforma el 70% del planeta tierra, del cual el 97% se encuentran en los océanos y el 3% es agua dulce (agua que se puede destinar al consumo humano). El 79% de agua dulce se encuentra en glaciales, el 20% en aguas subterráneas y el 1% en aguas superficiales (lagos y ríos). La disposición de este recurso natural depende del ciclo hidrológico<sup>1</sup> que se da en la naturaleza. El proceso de renovación del agua en los últimos tiempos, tropieza con el cambio climático, por lo cual este recurso se consolida como escaso. El agua dulce es vital para la satisfacción de una necesidad básica del ser humano, a la vez es importante para todos los organismos vivos, la salud humana, la producción de alimentos y la industria. En general el agua es esencial para el desarrollo de la vida y el desarrollo económico de una región, nuestra existencia, así como las actividades económicas dependen totalmente de este precioso recurso. (LAURA, 2011).

“Cuerpo formado por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquido incoloro, insípido, en pequeña cantidad, incoloro y verdoso en grandes masas que refracta la luz, disuelve muchas sustancias, se solidifica por el frío, se evapora por el calor y es más o menos puro. Forma la lluvia, las fuentes y los mares”. (CÁCERES, 2006).

Proviene del latín aqua, es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de Hidrógeno y uno de Oxígeno (H<sub>2</sub>O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. En el uso más común, es cuando está en estado líquido, pero la misma puede hallarse también sólida, conocida como hielo, y en forma gaseosa que se llama Vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. En la Tierra, se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los

glaciares y casquetes polares tiene el 1,74%, los depósitos subterráneos en (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, la humedad del suelo, Atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. Contrario a la creencia popular, el agua es un elemento bastante común en el sistema solar y esto cada vez se confirma con nuevos descubrimientos. Se puede encontrar agua principalmente en forma de hielo; de hecho, es el material base de los cometas, y el vapor compone la cola de ellos. (CHÁVEZ ARMAS JHON LARRY, 2015).

La OMS calcula que alrededor de quinientos millones de personas al año contraen enfermedades incapacitantes transmitidas por el agua o relacionadas con ella, con 10 millones de defunciones, de las cuales aproximadamente el 50% ocurren en la población infantil (CARPIO, 2009).

El agua (del latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. El agua es un elemento común del sistema solar, hecho confirmado en descubrimientos recientes. Puede ser encontrada, principalmente, en forma de hielo; de hecho, es el material base de los cometas y el vapor que compone sus colas. (Esquivel, 2012).

El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en su forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos, donde se concentra el 96,5 % del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74 %, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales son el 1,72 % y el restante 0,04 % se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. El agua es un elemento común constituyente y que pertenece al sistema solar, hecho confirmado en descubrimientos recientes. Puede encontrarse, principalmente, en forma de hielo; de hecho, es el material base de los cometas y el vapor que compone sus colas (PALOMINO SIMBRON, 2017).

## **2.2. El agua es indispensable para la vida de todo ser vivo**

El agua es esencial para la vida. Pero para muchos millones de personas en todo el mundo es un recurso escaso; por eso luchan diariamente para conseguir agua apta para el consumo y para atender a sus necesidades básicas. Millones de niños siguen muriendo todos los años a causa de enfermedades transmitidas por el agua que se pueden prevenir. Los desastres naturales relacionados con el agua, como son las inundaciones, las tormentas tropicales y los tsunamis, cobran un alto precio en vidas y sufrimiento humanos. Y con demasiada periodicidad, la sequía asola a algunos de los países más pobres del mundo y agudiza el hambre y la desnutrición. En el decenio pasado se registraron adelantos importantes en la tarea de proporcionar a la población acceso al agua potable libre de impurezas y a los servicios de saneamiento básicos. Pero todavía hace falta realizar un esfuerzo en este decenio para ampliar esos servicios esenciales a las personas que todavía no cuentan con

ellos y que, en su inmensa mayoría, son pobres. El cumplimiento de las metas establecidas por la comunidad internacional para 2015 en relación con el agua y el saneamiento es un paso decisivo hacia el objetivo final de abastecer de agua potable apta para el consumo y de servicios de saneamiento a todos. Proporcionar acceso al agua y a los servicios de saneamiento es también fundamental para lograr los demás Objetivos de Desarrollo del Milenio: mitigación de la pobreza, el hambre y la desnutrición, reducción de la mortalidad infantil, aumento de la igualdad entre los sexos, más oportunidades de educación y sostenibilidad del medio ambiente. Las mujeres y las niñas son las acarreadoras de agua por excelencia en el mundo, tarea que consume tiempo valioso y energía, que las niñas podrían emplear de otra manera asistiendo a clases. (NACIONES UNIDAS, 2015).

### **2.3. Agua natural**

Se considera “agua pura a una agua bidestilada sobre permanganato potásico y barita, congelada después y recogida seguidamente por fusión del abrigo del aire. Es una especie química y definida H<sub>2</sub>O”.

Es importante para todo ser humano consumir agua pura, sin embargo en diversos lugares, por el mal manejo de la misma deja de ser pura, por lo cual se hace necesario educar a la población en cuanto a uso y mejor manejo. (CÁCERES, 2006)

### **2.4. Importancia de la calidad del agua**

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía (MEJICANOS, 2008).

El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. (MEJICANOS, 2008).

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente. (MEJICANOS, 2008).

La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda. (MEJICANOS, 2008).

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor. La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsible de tiempo. (MEJICANOS, 2008).

Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En líneas generales, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. (MEJICANOS, 2008).

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incremento en el consumo per càpita, contaminación de las fuentes de agua en general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas. (QUISPE, 2014).

“Tomando como ejemplo los países del Continente Africano, si en Honduras no se define una estrategia de preservación del agua, en los próximos 50 años se quedará sin agua, aunque tenga el suficiente recurso hídrico”, advirtió el coordinador de la Plataforma del Agua del PNUD, Julio Cárcamo, quien sugirió que los distintos sectores del país, involucrados en el tema, tomen acciones inmediatas (El Heraldó 2004). (QUISPE, 2014).

Según la Organización Mundial de la Salud (2004) el agua potable es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. El agua posee unas características variables que la hacen diferente de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo a características físicas, químicas y biológicas del agua. (ATENCIO SANTIAGO, 2018).

Es el factor abiótico más importante de la tierra y uno de los principales constituyentes del medio en que vivimos y de la materia viva. Aproximadamente un 71 % de la superficie terrestre está cubierta por agua en estado líquido, que se distribuye por cuencas saladas y dulces, formando los océanos, mares, lagos y lagunas. El 97 % de agua está en los océanos. Se encuentra también como gas constituyendo la humedad atmosférica, las nubes y también en forma sólida como la nieve o hielo. El agua constituye lo que llamamos la hidrósfera, sin límites precisos con la atmósfera y litósfera porque se compenetra con ellos. La vida depende del agua tanto para los organismos que viven en ambientes acuáticos como para aquellos que viven en ecosistemas aeroterrestres. El agua es el líquido más abundante de la corteza y uno de los pocos líquidos naturales. No es de extrañar entonces que el agua sea una sustancia esencial en los seres vivos. El agua es el componente más abundante en los medios orgánicos, los seres vivos contienen por término medio un 70% de agua. (PALOMINO SIMBRON, 2017).

## **2.5. Agua potable**

Según la Organización Mundial de la Salud (2004) el agua potable es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.

El agua posee unas características variables que la hacen diferente de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo a características físicas, químicas y biológicas del agua. Éstas últimas son las que determinan la calidad de la misma y hacen que ésta sea apropiada para un uso determinado. En las Guías para la calidad del agua potable (2008) se muestran los principales parámetros que de acuerdo a sus valores determinan si el agua es de buena calidad para un uso determinado. (Alessandra María Caminati Briceño, 2013).

Es el agua apta para el consumo humano. La cual debe estar exenta de organismos capaces de causar enfermedades, de minerales y de sustancias orgánicas que provoquen efectos fisiológicos perjudiciales. Es por esto que varias organizaciones a nivel mundial como la organización panamericana de la salud (OPS), organización mundial de la salud (OMS), servicio de 18 sanidad pública de los estados unidos (USPHS) y organizaciones regionales, han trabajado para determinar parámetros y límites de medición y uso de agua potable, que varían un poco de acuerdo a la región y a exigencias o normativas de cada país. (DIAZ, 2016).

Llamada también “agua apta para el consumo humano”. (NTEINEN1108, 2014) El agua potable, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda la vida, y es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal (OMS, 2006). (Carmen Cristina Calderón López, 2015).

El agua potable garantiza una vida sana y permite el funcionamiento armónico del organismo. De ahí la importancia que tiene insistir en la higienización de las fuentes de abastecimiento, distribución y almacenamiento de este preciado líquido que constituye la base de la vida en la Tierra. (López, 2015).

## 2.6. Componentes Fisicoquímicos del Agua

En general la composición física y química de las aguas se debe a la presencia de muchos compuestos en estado coloidal o disueltos, que provienen de diversas fuentes, tales como: la erosión de suelos y rocas, reacciones de disolución y precipitación que ocurren bajo la superficie de la tierra y también de los efectos que resultan de las diversas actividades del hombre. (Palacios, 2013).

**Tabla 1: Estándares para agua potable**

<b>Tabla 1: Estándares para Agua Potable</b>		
<b>CONTAMINANTES</b>	<b>EPA (EEUU)</b>	<b>OMS</b>
Coliformes Totales	< 5% muestras positivas	0
Turbidez	0.5 – 1.0 NTU	1.0 NTU
Antimonio	6	--
Arsénico	50	50
Asbesto	7 x 10	--
Bario	2000	--
Berilio	4	--
Cadmio	5	5
Cromo	100	5
Flúor	4000	1500
Mercurio	2	1
Níquel	100	--
Nitrato + Nitrito	10.000	10.000
Selenio	50	10
Talio	2	--
Endrín	2	--
Lindano	0.2	3
Metoxiclor	40	30
Toxafeno	3	--

Trihalometano	100	--
Aluminio	0.5 – 0.20	0.2
Cloruro	250	250
Color	15 unidades de color	15 unidades de color
Cobre	1.0	1.0
Flúor	2.0	--
Hierro	0.3	0.3
Manganeso	0.05	0.1
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
Sulfato	250	400
Zinc	5.0	5.0
Sólidos disueltos totales	500	1000

Fuente: (Orellana, 2005)

**2.6.1. Temperatura:** La temperatura es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, pues tal como lo indica la Organización Mundial de la Salud (2008) a elevadas temperaturas puede ocurrir la proliferación de microorganismos. Asimismo, puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (JESSENIA LIZBET LOAYZA QUISPE, 2015).

**2.6.2. Transparencia:** Es la profundidad a la que penetra la luz, determinar esta profundidad define la porción de la columna de agua en la que podría realizarse fotosíntesis y por lo tanto, vivir plantas (Goyenola, 2007).

**2.6.3. Color.** Es la capacidad de absorber radiaciones en el campo del espectro visible. Es un posible indicador de contaminación del agua.

**2.6.4. Existen dos tipos de color:** el verdadero y aparente. El primero es después de que se elimina la turbiedad. El segundo es el producido por las sustancias disueltas y materiales en suspensión en el agua. El color puede ser debido a la presencia de iones metálicos naturales, humus, vegetales, turba y desechos industriales. Se mide en unidades de platino cobalto (U-Pt-Co), la unidad es producida por 1mg/L de platino en forma de ion cloroplatinato. (INEN 970, 1983).

**2.6.5. Sólidos en suspensión:** Son partículas como arcillas, limo, residuos fecales, entre otras que no llegan a estar disueltas. Estas son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (VELA, 2017).

Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional (JESSENIA LIZBET LOAYZA QUISPE, 2015).

**2.6.6. Sólidos disueltos:** Es la denominación que reciben todos los sólidos a disueltos en un medio acuoso y que sólo pueden quedar retenidos en un proceso de filtración fina a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  (VELA, 2017).

Los sólidos totales disueltos (STD) es la materia disuelta en el agua y comprenden las sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica. Los STD en el agua pueden deberse a fuentes naturales, descargas de afluentes de aguas servidas, descargas de desechos industriales y escurrimientos urbanos. (Torres, F. 2009). La mayoría de la materia orgánica presente en el agua para consumo humano se encuentra en forma de sólidos disueltos y consiste en sales y gases disueltos. Los iones predominantes son el bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio. Estas sustancias influyen sobre otras características del agua, tales como el sabor, dureza y tendencias a la incrustación (APHA, et al 1985, citado por Zhen, B. 2009). (Palacios, 2013)

### **2.6.7. Residuos Solidos**

**2.6.7.1 Residuo:** Materia que resulta de la descomposición o destrucción de un material orgánico o inorgánico y que tiene condiciones para ser utilizada para otro fin.

**2.6.7.2 Residuo sólido:** Materia en estado sólido que resulta de la descomposición o destrucción de un material orgánico o inorgánico y que tiene condiciones para ser utilizada para otro fin.

### **2.7. Turbiedad**

La turbiedad se define como la propiedad óptica que tiene una muestra de agua de absorber o reflejar un haz de luz, impidiendo su paso directamente. Es causada por partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, minerales, plancton, bacterias y otros microorganismos) productos de la erosión causada por las corrientes de agua o al crecimiento de microorganismos. (LÓPEZ J. E., 2010).

Es la medida de la opacidad del agua comparada con ciertos estándares establecidos o se debe a la dispersión de interferencias de los rayos luminosos que pasan a través de la misma como resultado de la presencia de materia orgánica e inorgánica finamente dividida.

La medida de la turbiedad es importante, ya que permite evaluar la eficiencia de los procesos de coagulación y filtración que realizan las plantas de tratamiento de agua. Cualquier impureza soluble finamente dividida en forma coloidal, cualquiera que sea su naturaleza, suspendida en el agua y que disminuya su claridad. (CAVA SUÁREZ, 2016).

La turbidez en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto orgánico como inorgánicos, plancton y otros organismos microscópicos. En el agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, material orgánico e inorgánico finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos (Tyler, 1994). (CARPIO, 2009).

La turbiedad es el parámetro que mide que tanto es absorbida o dispersada la luz por la materia suspendida del agua. Ésta condición ocasionada por materia coloidal puede ser el resultado de la presencia de detergentes en el agua, jabones o emulsificadores. Este parámetro se determinó mediante un espectrofotómetro de ultravioleta-visible. (Martínez, 2015).

La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, el tamaño de estas partículas varía desde 0,1 a 1.000 nm (nanómetros) de diámetro. La turbidez se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos

que provocan enfermedades. La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado. Esto se llama turbidez. La turbidez se puede medir con varias diversas técnicas, esto demuestra la resistencia a la transmisión de la luz en el agua (DIGESA, 2008). (JESSENIA LIZBET LOAYZA QUISPE, 2015).

### **2.7.1. Cloro Libre**

El cloro es un gas altamente reactivo. Es un elemento que se da de forma natural. Las plantas de tratamiento de agua y de aguas residuales utilizan cloro para reducir los niveles de microorganismos que pueden propagar enfermedades entre los humanos (desinfección). ( ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. , 2012).

Los efectos del cloro en la salud humana dependen de la cantidad de cloro presente, y del tiempo y la frecuencia de exposición. Los efectos también dependen de la salud de la persona y de las condiciones del medio cuando la exposición tuvo lugar. ( ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. , 2012).

Según la Organización Mundial de Salud (2008)

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas; por ejemplo, puede descomponer los plaguicidas fácilmente oxidables, como el aldicarb; puede oxidar especies disueltas, como el manganeso (II), y formar productos insolubles que pueden eliminarse mediante una filtración posterior. (Alessandra María Caminati Briceño, 2013).

Además, para Ponce Ochoa (2005)

El cloro elimina las bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. Además reduce malos olores y sabores, al oxidar muchas sustancias

como el Fe (II) y el Mn (II), destruye el sulfuro de hidrógeno, remueve amoníaco y otros compuestos nitrogenados que impiden la desinfección. (Alessandra María Caminati Briceño, 2013).

El Cloro residual es la cantidad de cloro presente en el agua capaz de ejercer la acción de desinfectante y oxidante luego de un período específico de tiempo de ser aplicado (CEPIS, 2001). Según las normas CAPRE la concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución deberá ser 0.5-0.1 mg/l después de un período de contacto de 30 minutos antes de que llegue el primer consumidor aunque en condiciones adversas se acepta un mínimo de 10 minutos.

Su determinación puede efectuarse por varios métodos, pero el más recomendado por su exactitud y precisión es el DPD (reactivo de color, N-N-dietil Fenilenediamina), el cual puede realizarse colorimétricamente o titulométricamente. El primero tiene mejor aplicación en el campo con un comparador, mientras que el segundo es preferiblemente para análisis de laboratorio. (Palacios, 2013).

**2.7.2. Conductividad:** La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. El agua pura prácticamente no conduce electricidad; por lo tanto la conductividad que se puede medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua. El instrumento para medir la conductividad se llama conductímetro, básicamente lo que hace es medir la resistencia al paso de la corriente entre dos electrodos que se introducen en el agua, y se compara para su calibrado con una solución tampón de ClK a la misma temperatura y 20°C. (NIEBLES, 2014).

**2.7.3. Potencial de Hidrógeno (pH):** El pH tiene una escala de medida de 0 a 14, representa la acidez o alcalinidad del cuerpo de agua, configurándose de 0 a 7 como una sustancia ácida y desde 7 a 14 como alcalina, un valor de pH 7

indica neutralidad. Las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> disueltos. Las aguas contaminadas por descargas de aguas residuales suelen tener un pH muy ácido. (VELA, 2017).

**2.7.4. Oxígeno disuelto:** Este parámetro hace referencia a la cantidad disuelta de oxígeno en el agua. Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida. (VELA, 2017).

**2.7.5. Alcalinidad.** Se realiza mediante el análisis volumétrico y nos permite determinar la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. El pH, la temperatura, la composición inicial del agua y la fuerza iónica influyen sobre la alcalinidad; la alcalinidad está determinada por ácidos débiles como: bicarbonatos, carbonatos, hidroxilos, sulfuros, bisulfuros, silicatos y fosfatos. (Goyenola, 2007) La alcalinidad es un factor importante durante la potabilización del agua ya que éste puede reaccionar con los coagulantes utilizados en el proceso de coagulación, además debido a la alcalinidad puede causar incrustaciones en las tuberías y si son elevados los valores puede tener efectos en el sabor del agua. (BARRERA, 2017).

**2.7.6. DBO<sub>5</sub>:** Es la cantidad total de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación de la materia orgánica presente en el agua. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas. (VELA, 2017).

**2.7.7. Nitratos:** Es un contaminante común que se encuentra en el agua y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua potable. Fuentes

comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol, compost y pozos sépticos. El nitrato llega fácilmente a fuentes de agua por lixiviación. (VELA, 2017).

**2.7.8. Nitrógeno amoniacal:** Es uno de los componentes transitorios en el agua, ya que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco. En general, la presencia de amoniaco libre o ion amonio se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitrito. (VELA, 2017).

## **2.8 Tratamiento de Aguas**

### **2.8.1 Pre-tratamiento**

El pre-tratamiento de las aguas residuales se define como el proceso de eliminación de constituyentes de mayor tamaño como: arenas o basura cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. Algunos ejemplos pueden ser: desbaste y dilaceración para eliminar sólidos gruesos y trapos, flotación para eliminar grasas y aceites y el desarenado para la eliminación de la materia en suspensión gruesa. (LÓPEZ M. G., 2016).

### **2.8.2. Tratamiento primario**

El tratamiento primario es de tipo físico y está destinado a remover sólidos de menor tamaño que los que se retienen en el tratamiento preliminar, a través de la sedimentación, cuyo objetivo es mejorar el tratamiento del agua residual en las unidades subsecuentes. El tratamiento primario permite eliminar el 90% de los sólidos sedimentables y el 65% de los sólidos en suspensión, y disminuye la

demanda bioquímica de oxígeno (DBO), alrededor del 35% (LÓPEZ M. G., 2016).

### **2.8.3 Tratamiento secundario**

Se entiende como tratamiento secundario a la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual, mediante un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos. Los sistemas biológicos pueden clasificarse en:

- Sistemas con biomasa suspendida (SBS)
- Sistemas con biomasa fija (SBF)

El tratamiento secundario puede ser de naturaleza aeróbica o anaeróbica. (LÓPEZ M. G., 2016)

En el tratamiento aeróbico los microorganismos degradan la materia orgánica, transformándola en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), moléculas de agua y materia celular, que posteriormente se separan por decantación (Pérez, 2012). Mientras que en el tratamiento anaerobio la materia orgánica contenida en un sustrato es convertida en una mezcla de gases conocida como "biogás" (principalmente metano y dióxido de carbono), en ausencia de oxígeno (Tchobanoglous et al., 1994) y una suspensión acuosa o lodo que contiene componentes difíciles de degradar y los minerales inicialmente presentes en la biomasa. (LÓPEZ M. G., 2016).

### **2.8.4. Tratamiento terciario**

Pretende aumentar la calidad del agua, y así esta sea apta para ser descargada, vertida o reusada sin perturbar el ambiente, el tratamiento terciario puede ser químico para eliminar microorganismos patógenos (desinfección con cloro), o de floculación para eliminar sólidos suspendidos, seguido de la remoción física de sedimentación y decantación, biológico con un humedal

artificial para remover nitrógeno y fósforo o fisicoquímico en una laguna de pulimiento para eliminar microorganismos con rayos UV con la luz solar y cambio de pH por formación de bicarbonatos (Curso de lagunas de estabilización, 1998; curso de Humedales, 2003). (LÓPEZ M. G., 2016).

## **2.9. Planta de tratamiento de agua potable Sevilla (EUROPA)**

En 2003 se creó el Consorcio Provincial de Aguas de Sevilla, una entidad pública que representa a 92 de los 104 municipios de la provincia de Sevilla, que tiene una población de más de 1,7 millones de habitantes. El Consorcio está integrado por ocho autoridades públicas encargadas del suministro de agua potable, servicios de alcantarillado y gestión del ciclo del agua. La mayoría de estas autoridades administra los servicios de agua directamente, pero algunos servicios se delegan por concesión a una empresa pública. En algunos casos excepcionales, los servicios se han otorgado a compañías privadas, pero el Consorcio está negociando el que estas concesiones vuelvan a manos públicas. En el futuro, el Consorcio desea unificar las distintas entidades del agua en una única empresa pública. Con este paso no sólo se unirán varias compañías dispersas y se establecerá una política de agua coordinada a escala provincial, sino que se mejorará la calidad de los servicios a través de ambiciosas inversiones conjuntas en infraestructuras y en la gestión sostenible de los recursos hídricos. Además de agrupar y mejorar los servicios de agua de Sevilla, el Consorcio también se ve como responsable de ayudar a mejorar los sistemas públicos de agua más allá de las fronteras de su provincia. Por ese motivo, el Consorcio respalda proyectos de agua en países en desarrollo mediante asociaciones público-públicas que crean activamente alternativas a la privatización y al establecimiento de asociaciones público-privadas. Junto con otros socios, el Consorcio ha desempeñado un importante papel en un proyecto de desarrollo ejecutado en los campos de refugiados de Tindouf, en Argelia, ayudando a mejorar la red de agua potable para 170.000 refugiados saharauis

que llevan viviendo en el campo desde 1975. (Transnational Institute y Corporate, 2009).

En Colombia se establece la resolución número 2115 del año 2007 por medio del cual se señalan características, instrumentos básicos, y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para el consumo humano; estableciendo los valores máximos aceptables para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que finalmente determinan la calidad del agua (Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). (NIEBLES, 2014).

## **2.10. Plantas de tratamiento de agua potable Bolivia**

A continuación detallamos cada Planta de tratamiento de agua, pero antes es importante aclarar que en las Plantas se realiza la producción de agua potable y no en las fuentes. La capacidad que tiene cada Planta es importante ya que fija el límite máximo que se puede dar en la producción de agua potable para el abastecimiento. Las fuentes y las plantas tienen distintas funciones, la primera tiene la función de captar y almacenar agua y la segunda tiene la función de potabilizar el agua o producir agua potable. (LAURA, 2011).

### **2.10.1. Planta de tratamiento de agua el alto**

La Planta de Tratamiento de Agua El Alto realiza la potabilización de agua para abastecer al Sistema El Alto, opera desde el año 1978, tiene como funciones la aireación, floculación, filtración y la desinfección del agua. La Planta cuenta con una capacidad máxima de producción de 1000 litros (1 metro cubico) por segundo, la cual hasta la actualidad no tuvo ninguna ampliación en cuanto a su capacidad. (LAURA, 2011).

### **2.10.2. Pozos de Tilata**

Los pozos de Tilata como fuente del Sistema Tilata, se encuentran en el sureste de la ciudad de El Alto. Actualmente existen 30 pozos perforados con una profundidad de 90 metros cada una. El almacenamiento de agua en los pozos solo depende de las aguas subterráneas (agua de extracción de pozos) que luego son transportadas a la “Planta de Tratamiento de Agua Tilata”. Pese a que estos pozos solo conforman una capacidad del 16.9% como fuente de agua para ambos sistemas, son también de importancia porque de estos depende la parte sur de la ciudad de El Alto. (LAURA, 2011).

### **2.10.3. Planta de tratamiento de agua Tilata**

La Planta de Tratamiento de Agua Tilata realiza la potabilización de agua para abastecer al Sistema Tilata, opera desde el año 1990, su capacidad máxima de producción es de 140 litros/segundo. Sus funciones son similares a la Planta El Alto. La Planta Tilata tiene una menor capacidad de producción que la Planta El Alto, debido a que su fuente son pozos que no almacenan bastante cantidad de agua como un embalse. (LAURA, 2011).

### **2.11. Planta de tratamiento Cobija**

Cobija, 23 de octubre de 2015.- En presencia del presidente Evo Morales, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), el Gobierno Departamental de Pando y el Gobierno Autónomo Municipal de Cobija se firmaron convenios Intergubernativos para la ejecución de proyectos de construcción del Sistema de Alcantarillado Sanitario, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Sistema de Agua Potable y Planta de Potabilización de agua. (MMAyA, 2015).

Asimismo, el proyecto de Construcción del Sistema de Agua Potable y Planta de Potabilización tiene el objetivo de mejorar las condiciones de vida de 64.000 habitantes por medio del suministro del agua potable en condiciones óptimas de

cobertura, cantidad, calidad y continuidad de acuerdo a los parámetros establecidos en la normativa sectorial, beneficiará a 14.900 familias. (MMAyA, 2015).

Ésta obra contempla la implementación de 8.218 nuevas conexiones. La inversión asciende a 128.090.518,69 bolivianos financiados por el Gobierno Nacional a través de BID, la contraparte de la gobernación de Pando y la alcaldía municipal de Cobija. (MMAyA, 2015).

## **2.12. Ley de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario del 29 de octubre de 1999**

**Artículo 7°.- (Utilidad pública)** Las obras destinadas a la prestación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario son de interés público, tienen carácter de utilidad pública y se hallan bajo protección del Estado. (El HONORABLE CONGRESO NACIONAL, , 1999).

### **2.12.1. Reglamento ley nº 1333 del medio ambiente reglamento en materia de contaminación hídrica**

**2.12.2. Aguas residuales crudas:** Aguas procedentes de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas, sin tratamiento posterior a su uso.

**2.12.3. Aguas residuales tratadas:** Aguas procesadas en plantas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad en relación a la clase de cuerpo receptor a que serán descargadas.

#### **2.12.4. Capítulo II de los servicios municipales y cooperativas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado**

**ARTICULO 14º** Los Servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado que existen actualmente como servicios municipales o cooperativas, o los que se crearán en el futuro, y las administraciones de parques industriales de jurisdicción municipal: (Publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia el , 1992).

#### **2.12.5. Ley N° 2066, de 11 de Abril de 2000, Ley de Prestación y utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.**

#### **2.12.6. ARTÍCULO 8º DEFINICIONES**

**a) Agua Potable:** Agua apta para el consumo humano de acuerdo con los requisitos establecidos por la normativa vigente.

**b) Conexión de Agua Potable:** Conjunto de tuberías y accesorios que permiten el ingreso de Agua Potable desde la red de distribución hacia las instalaciones internas del Usuario.

**c) Servicio de Agua Potable:** Servicio público que comprende una o más de las actividades de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento de Recursos Hídricos para convertir- los en Agua Potable y el sistema de distribución a los Usuarios mediante redes de tuberías o medios alternativos. (EL HONORABLE CONGRESO NACIONAL, DECRETA: , 2000)

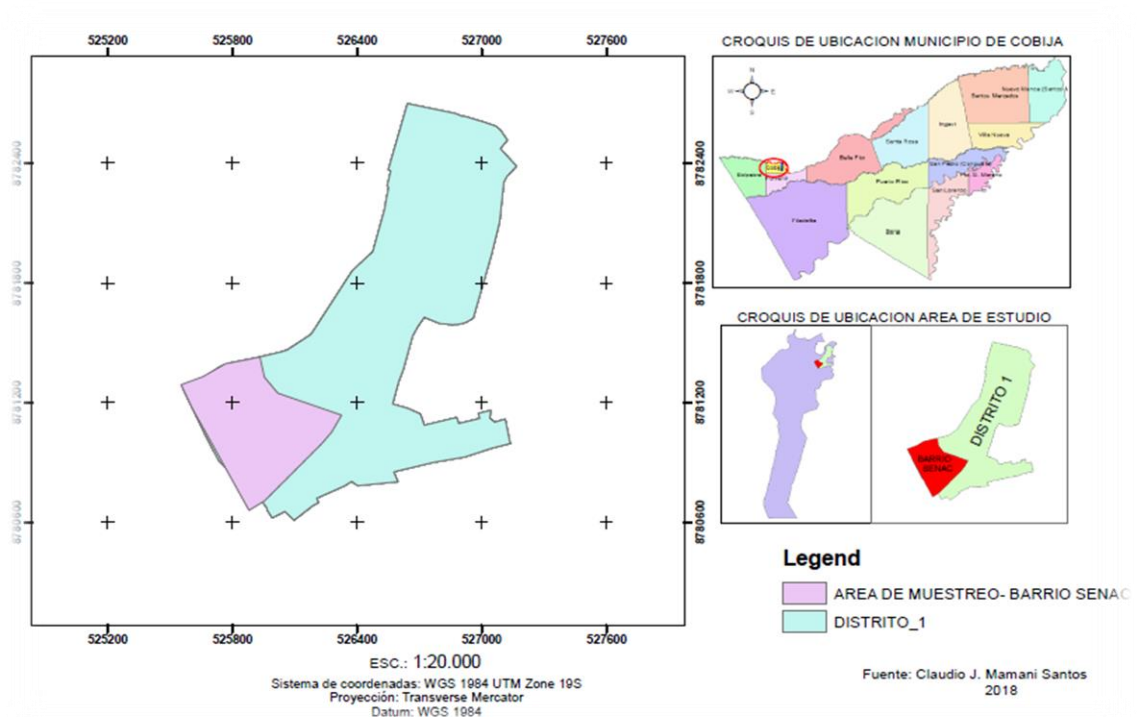
### 3. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación es de tipo experimental desarrollada a partir de la toma de muestreo de agua potable, en el distrito 1 del Barrio Senac del municipio de Cobija, en los puntos escogidos a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para obtener una cobertura más representativa. Cuyo objetivo es identificar mediante análisis fisicoquímico, si el agua es apta para el consumo humano, siguiendo los métodos establecidos por Normas Bolivianas vigentes.

#### 3.1. Ubicación

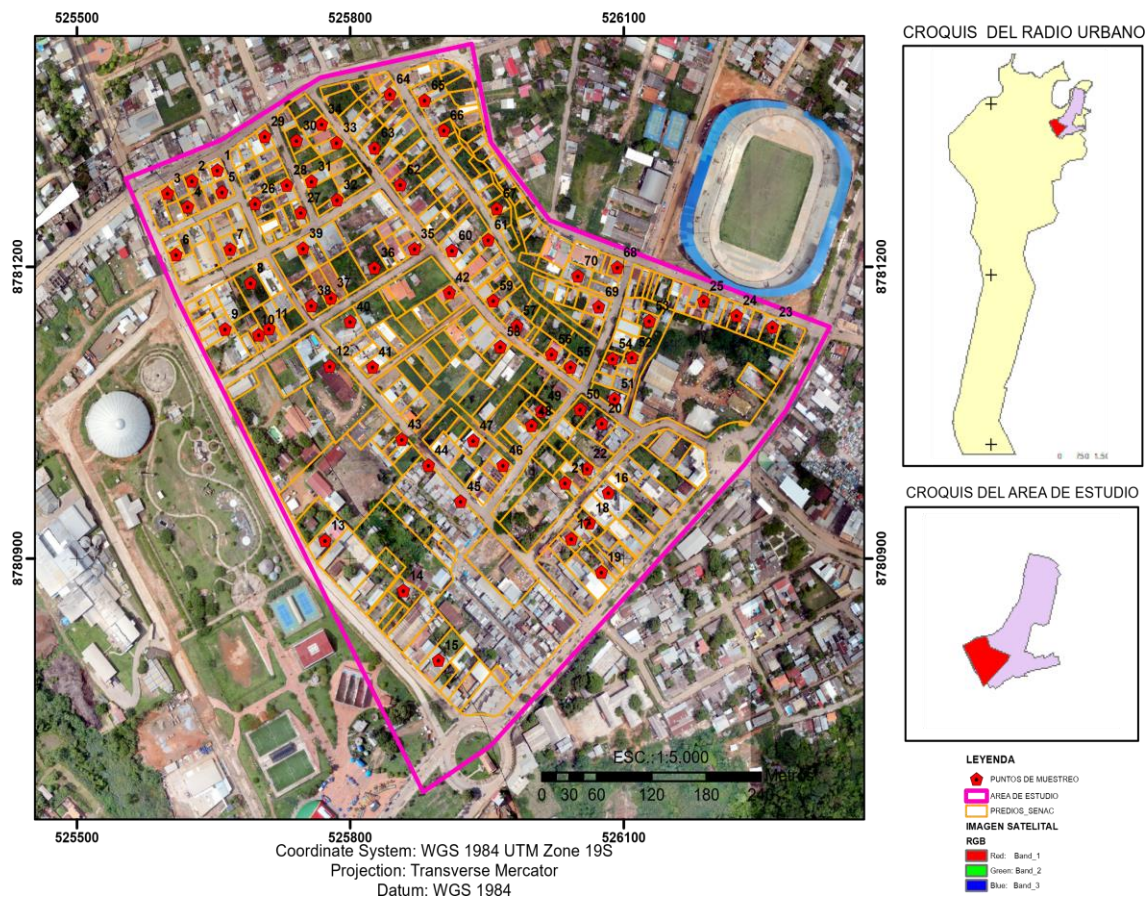
El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Barrio Senac del Municipio de Cobija del departamento de Pando. La ubicación se observa en la figura 1 y 2

**Figura 1. Ubicación del área de estudio distrito 1. Municipio de Cobija.**



**Fuente:** Claudio J. Mamani Santos (2018)

**Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en el área de estudio- Barrio Senac.**



**Fuente:** Claudio J. Mamani Santos (2019)

### 3.2. Materiales

En la Tabla 2 se observa los Materiales, equipos y reactivos que se utilizaran para los análisis físico-químico de agua en el laboratorio del ACBN.

**Tabla 2. Materiales, equipos y reactivos para Análisis Físicoquímico**

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vaso de Precipitado de 50 ml.</li> <li>Pipeta Volumétrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estufa</li> <li>Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua destilada</li> <li>Dpd cloro libre</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>de 50 ml.</li> <li>• Pinza</li> <li>• Pizetas con agua destilada</li> <li>• Papel Toalla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desecador</li> <li>• Turbidímetro</li> <li>• Colorímetro</li> </ul>	
--	--	--

**Fuente:** Elaboración propia 2018

**Tabla 3. Materiales de escritorio**

Computadora	Cartucho de tinta negra
Impresora	Cartucho de tinta a colores
Papel bond tamaño carta	Lápiz, bolígrafos y cuadernos de apuntes.

**Fuente:** Elaboración propia 2018.

### **3.3. METODOLOGÍA**

Se recolectaron aproximadamente 70 muestras de agua potable del distrito uno del Barrio Senac del Municipio de Cobija, según calculo estadístico en el punto luego fueron transportados en recipientes fríos hasta los Laboratorios de Aguas y Alimentos del Área de Ciencias Biológicas y Naturales de la Universidad Amazónica de Pando y se procederá a los análisis, según la metodología de muestreo que se detalla:

#### **3.3.1. FASES DE MUESTREO Y RECOLECCIÓN**

La recolección de muestras de agua se llevó a cabo en los meses de Agosto y Septiembre del año 2018, según la metodología de muestreo que se describe a continuación:

1. Se prepararon envases descartables y los frascos o vasos de muestreo debidamente lavados. Ver fotografías 1.

**Fotografía 1.** Toma de muestra de aguas



**Fuente:** Propia

2. Posteriormente se realizó la toma de muestra de los puntos indicados en: codificando con números del 1 al 70. Ver fotografía 2
3. Los frascos se transportaron en una conservadora de plástico con hielo que permitirá que la muestra se conserve, hasta transportar al laboratorio de análisis.
4. Una vez tomada la muestra, se llenó el correspondiente acta de muestreo codificando e indicando lo siguiente:
  - a. Número de código.
  - b. Identificación del punto de muestreo.
  - c. Procedencia
  - d. Hora de recolección
  - e. Fecha.
  - f. Volumen enviado (dependiendo del tipo de análisis).
  - g. Observaciones: (se incluirá alguna característica resaltante fuera de lo común).

5. En el laboratorio la muestra fue conservada a temperatura de 4 °C hasta el inicio del examen en el Laboratorio de Aguas y Alimentos del Área de Ciencias Biológicas y Naturales de la UAP.

**Fotografía 2.** Toma de muestra en grifos



**Fuente:** Propia

### **3.3.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO**

#### **3.3.3. Metodología para el Análisis Fisicoquímico**

Se realizó el análisis fisicoquímico de la calidad del agua potable en el distrito uno del Barrio Senac del municipio de Cobija, los métodos o protocolos de análisis para cada inciso, están en las Normas Bolivianas.

##### **a) Determinación de Sólidos Totales (Residuo total)**

Según Norma Boliviana NB 515. El método se basa en secar e 103 – 105 °C. La determinación de sólidos totales permite estimar la cantidad de materia disuelta y en suspensión que lleva una muestra de agua.

## **b) Determinación de Turbidez**

Según Norma Boliviana NB 514. Se determina por comparación de la intensidad de luz dispersada por la muestra en las condiciones fijadas en la presente norma con la intensidad de luz dispersada por una suspensión de referencia normalizada.

## **c) Determinación de Cloro residual**

Según Norma Boliviana NB 528. Este método se basa en la versión colorimétrica del DPD, basada en los mismos principios en vez de la titración con sulfato de amonio ferroso standard, como en el método ferroso se usa un método colorimétrico.

### **3.3.4. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**

Se determinó de acuerdo a la cantidad de personas que vive en el Barrio para poder mediante la fórmula sacar un promedio para realizar el trabajo de campo.

### **3.3.5. CÁLCULO DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE LA MUESTRA**

Para determinar el tamaño de una muestra se debió tomar en cuenta varios aspectos, relacionados con el parámetro y estimador, el sesgo, el error muestral, el nivel de confianza y la varianza poblacional.

**El parámetro:** Se refiere a la característica de la población que es objeto de estudio y el estimador es la función de la muestra que se usa para medirlo.

**El error Muestral:** Siempre se comete ya que existe una pérdida de la representatividad al momento de escoger los elementos de la muestra. Sin embargo, la naturaleza de la investigación nos indicará hasta qué grado se puede Aceptar.

**El nivel de confianza:** Por su parte, es la probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad; es decir, que caiga dentro de un intervalo determinado basado en el estimador y que capte el valor verdadero del parámetro a medir.

### **Tamaño de muestra para proporciones**

Cuando deseamos estimar una proporción, debemos conocer varios aspectos:

**a) El nivel de confianza o seguridad** ( $1 - \alpha$ ). El nivel de confianza prefijado da lugar a un coeficiente ( $Z_{\alpha}$ ).

**Ejemplo:** Para una confianza del 95%,  $Z_{\alpha} = 1.96$ , para una seguridad del 99%  $Z_{\alpha} = 2.58$ . (Estos valores provienen de las tablas de la distribución normal Z). Como se observa en la figura 3.

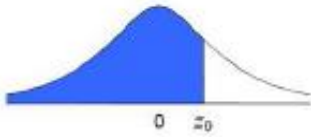
Figura 3. DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR (ACUMULADA)

**Tabla de la distribución normal N(0,1) para probabilidad acumulada inferior**

$\mu$  = Media

$\sigma$  = Desviación típica

Tipificación:  $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$


$z_0$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	$z_0$
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
$\alpha$	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
$z_{\alpha}$	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:  
 $1-\alpha$  = Nivel de confianza  
 $\alpha$  = Nivel de significación

Fuente: (Cabanes, 2014)

**b)** La precisión que deseamos para el estudio.

**c)** Una idea del valor aproximado del parámetro que queremos medir (en este caso una proporción). Esta idea se puede obtener revisando la literatura, por estudio pilotos previos. En caso de no tener dicha información utilizaremos el valor  $p = 0.5$  (50%). El problema que puede enfrentarse en un estudio de investigación es la cantidad de información con la que se cuente; específicamente se pueden tener dos casos: desconocer la población del fenómeno estudiado, o bien, conocerla.

### **3.3.6. Cálculo del tamaño de la muestra conociendo el tamaño de la población.**

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n_{opt.} = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

**EN DONDE,**

**N** = tamaño de la población

**Z** = nivel de confianza,

**P** = probabilidad de éxito, o proporción esperada

**q** = probabilidad de fracaso

**d<sup>2</sup>** = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

Seguridad = 95%;

Precisión = 3%;

Proporción esperada = asumamos que puede ser próxima al 5%; si no tuviese ninguna idea de dicha proporción utilizaríamos el valor  $p = 0.5$  (50%) que maximiza el tamaño muestral. (UNEFM, 2009)

## Datos y cálculos

A la ecuación anterior se reemplaza para calcular el tamaño de la población los siguientes datos:

**N** = 580 población de muestra

**Z** = 1.881 nivel de confianza, tabla distribución de la normas de estándares

**P** = 6% probabilidad de éxito, o proporción esperada, 0,06 tabla distribución de la normas de estándares

**q** = 94% probabilidad de fracaso 0.94 tabla distribución de la normas de estándares

**d**<sup>2</sup> = 5% precisión (Error máximo admisible en términos de proporción) 0.05

Seguridad = 94%

Precisión = 5%

Se reemplazó a la siguiente fórmula con los datos estimado para poder tener los resultados:

$$n_{opt.} = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = \frac{580 \times (1,881)^2 \times 0,06 \times 0,94}{(0,05)^2 \times (580 - 1) + 1,881^2 \times 0,06 \times 0,94} = 70$$

De acuerdo el resultado obtenido se requiere realizar a no menos de 70 familia para poder tener una seguridad del 94%

#### **4. RESULTADO**

La calidad del agua potable se pudo evaluar mediante instrumentos o equipos de mediciones especializados en los diferentes parámetros fisicoquímicos, en el Barrio Senac distrito 1 del municipio de Cobija, en el laboratorio de aguas y alimentos del Área de Ciencias Biológicas y Naturales pertenecientes a la Universidad Amazónica de Pando. Los resultados obtenidos se los puede observar en la tabla 4, 6, y 8.

**Tabla 4:** Parámetros Físico Químico de Solidos Totales (según NB 512 el valor máximo permitidos es 1000 mg/l)

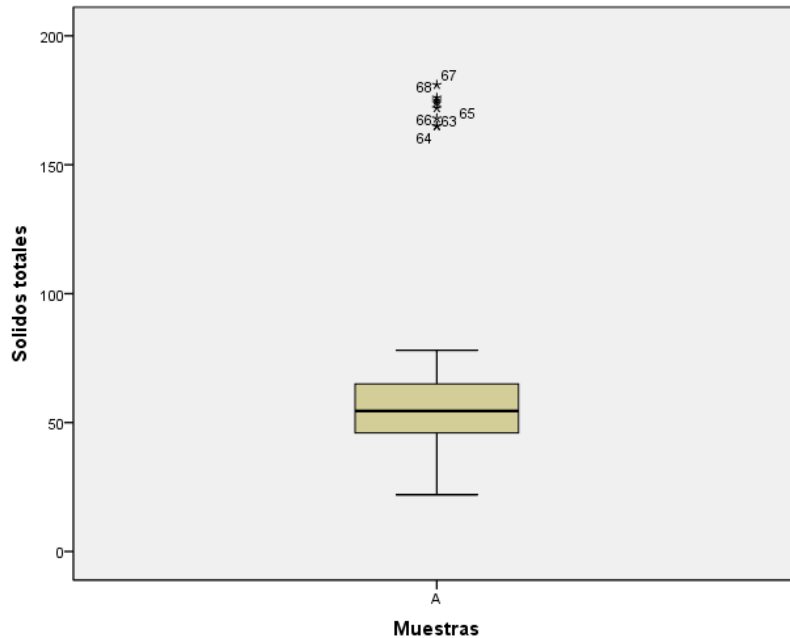
N	Muestra (codificada)	promedio mg/l	N	Muestra (codificada)	promedio	N	Muestra (codificada)	promedio mg/l
1	1	50.00	25	25	42.00	49	49	42.00
2	2	51.00	26	26	52.00	50	50	44.00
3	3	48.00	27	27	49.00	51	51	176.00
4	4	55.00	28	28	69.00	52	52	66.00
5	5	62.00	29	29	69.00	53	53	165.00
6	6	64.00	30	30	78.00	54	54	68.00
7	7	53.00	31	31	41.00	55	55	48.00
8	8	53.00	32	32	37.00	56	56	175.00
9	9	69.00	33	33	40.00	57	57	68.00
10	10	69.00	34	34	53.00	58	58	39.00
11	11	67.00	35	35	47.00	59	59	165.00
12	12	57.00	36	36	58.00	60	60	64.00
13	13	32.00	37	37	53.00	61	61	172.00
14	14	49.00	38	38	59.00	62	62	57.00
15	15	25.00	39	39	59.00	63	63	65.00
16	16	55.00	40	40	58.00	64	64	174.00
17	17	55.00	41	41	46.00	65	65	52.00
18	18	61.00	42	42	46.00	66	66	62.00
19	19	37.00	43	43	36.00	67	67	168.00
20	20	22.00	44	44	59.00	68	68	57.00
21	21	31.00	45	45	54.00	69	69	181.00
22	22	48.00	46	46	46.00	70	70	62.00
23	23	45.00	47	47	43.00			
24	24	46.00	48	48	42.00			

**Tabla 5: Sólidos Totales del agua potable utilizada en la investigación**

puntos de muestreos	Minimo	Maximo
Grifo	22	181

**Fuente:** Elaboración propia 2019.

**Grafico 1: Sólidos totales del agua potable.**



#### 4.1. Sólidos totales

El análisis nos describe una variación, el mínimo es de 22 y el máximo de 181 mg/L de sólidos totales del agua potable recogida del Barrio Senac en el estudio, se puede observar que el agua es apta para su utilización. Lo aceptado según NB 512 es de 1000 mg/l, (Grafico 1).

#### 4.2. Turbidez

Es el proceso de medir la pérdida de intensidad de la luz debido al efecto de dispersión de partículas suspendidas en ellas. Podemos ver en (Tabla 6; Grafico 2) la variación de la turbidez del agua potable del Barrio Senac, dentro del distrito uno del Municipio de Cobija

**Tabla 6:** Parámetro Físico Químico de Turbidez (según NB 512 el valor máximo permitidos es 5 UNT)

N	Muestra (codificada)	Promedio UNT	N	Muestra (codificada)	Promedio UNT	N	Muestra (codificada)	Promedio UNT
1	1	<b>0.30</b>	25	25	<b>2.52</b>	49	49	<b>2.64</b>
2	2	<b>0.97</b>	26	26	<b>2.14</b>	50	50	<b>1.66</b>
3	3	<b>0.89</b>	27	27	<b>1.74</b>	51	51	<b>1.24</b>
4	4	<b>0.51</b>	28	28	<b>2.50</b>	52	52	<b>1.92</b>
5	5	<b>0.26</b>	29	29	<b>2.41</b>	53	53	<b>0.84</b>
6	6	<b>0.45</b>	30	30	<b>1.87</b>	54	54	<b>0.78</b>
7	7	<b>0.56</b>	31	31	<b>2.53</b>	55	55	<b>0.68</b>
8	8	<b>0.46</b>	32	32	<b>2.06</b>	56	56	<b>1.06</b>
9	9	<b>1.21</b>	33	33	<b>1.63</b>	57	57	<b>0.80</b>
10	10	<b>0.66</b>	34	34	<b>2.50</b>	58	58	<b>0.95</b>
11	11	<b>0.44</b>	35	35	<b>0.77</b>	59	59	<b>1.51</b>
12	12	<b>0.54</b>	36	36	<b>0.53</b>	60	60	<b>0.73</b>
13	13	<b>0.25</b>	37	37	<b>0.38</b>	61	61	<b>0.77</b>
14	14	<b>1.02</b>	38	38	<b>0.69</b>	62	62	<b>0.81</b>
15	15	<b>0.38</b>	39	39	<b>0.53</b>	63	63	<b>0.67</b>
16	16	<b>2.04</b>	40	40	<b>0.47</b>	64	64	<b>0.45</b>
17	17	<b>1.17</b>	41	41	<b>1.99</b>	65	65	<b>0.27</b>
18	18	<b>1.2</b>	42	42	<b>2.90</b>	66	66	<b>1.22</b>
19	19	<b>1.79</b>	43	43	<b>2.37</b>	67	67	<b>1.03</b>
20	20	<b>0.20</b>	44	44	<b>0.75</b>	68	68	<b>0.94</b>
21	21	<b>0.27</b>	45	45	<b>1.19</b>	69	69	<b>0.87</b>
22	22	<b>1.87</b>	46	46	<b>1.22</b>	70	70	<b>1.12</b>
23	23	<b>1.99</b>	47	47	<b>1.30</b>			
24	24	<b>1.82</b>	48	48	<b>1.75</b>			

**Tabla 7: Turbiedad del agua potable utilizada en la investigación**

puntos de muestreos	Minimo	Maximo
Grifo	0,20	2,90

**Fuente:** Elaboración propia 2019.

**Grafico 2: Turbiedad del agua potable.**



Realizado el análisis de turbidez del agua potable del Barrio Senac del distrito uno del Municipio de Cobija, se puede observar en relación a la turbidez varía desde un mínimo de 0.20 UNT a un máximo de 2.90 UNT presentes en el agua, lo cual el valor máximo aceptable de la Norma Boliviana 512 es de 5 UNT, siendo considerada útil.

#### **4.3. Cloro residual**

Se determina por medio del método colorimétrico DPD es para aguas potables o superficiales porque es para aguas que no excesiva calor o turbidez (Tabla 8; Grafico 3)

**Tabla 8:** Parámetro Físico Químico de Cloro Residual (según NB 512 el valor máximo permitidos es 1,0 ppm)

N	Muestra (codificada)	Promedio (ppm)	N	Muestra (codificada)	Promedio (ppm)	N	Muestra (codificada)	Promedio (ppm)
1	1	0.00	25	25	0.02	49	49	0.02
2	2	0.04	26	26	0.01	50	50	0.01
3	3	0.02	27	27	0.01	51	51	0.01
4	4	0.01	28	28	0.02	52	52	0.01
5	5	0.01	29	29	0.01	53	53	0.03
6	6	0.01	30	30	0.02	54	54	0.01
7	7	0.03	31	31	0.01	55	55	0.02
8	8	0.01	32	32	0.01	56	56	0.02
9	9	0.01	33	33	0.01	57	57	0.01
10	10	0.03	34	34	0.03	58	58	0.01
11	11	0.01	35	35	0.01	59	59	0.02
12	12	0.01	36	36	0.01	60	60	0.01
13	13	0.01	37	37	0.02	61	61	0.00
14	14	0.01	38	38	0.01	62	62	0.01
15	15	0.00	39	39	0.02	63	63	0.02
16	16	0.01	40	40	0.01	64	64	0.01
17	17	0.02	41	41	0.01	65	65	0.01
18	18	0.01	42	42	0.01	66	66	0.01
19	19	0.02	43	43	0.01	67	67	0.01
20	20	0.02	44	44	0.01	68	68	0.01
21	21	0.01	45	45	0.02	69	69	0.01
22	22	0.02	46	46	0.01	70	70	0.04
23	23	0.01	47	47	0.01			
24	24	0.01	48	48	0.01			

**Tabla 9: Cloro residual del agua potable utilizada en la investigación**

puntos de muestreos	Minimo	MAximo
Grifo	0,00	0,04

**Fuente:** Elaboración propia 2019.

**Grafico 3: Cloro residual del agua potable.**



Realizado el análisis del cloro residual nos da un valor mínimo de 0,00 mg/l y un máximo de 0,04 mg/l presente en el agua potable del Barrio Senac Municipio de Cobija, el agua no contiene la cantidad de cloro residual que es establecida por la NB 512 que es de 1,0 mg/L (Grafico 3)

## 5. DISCUSIÓN

Considerando que lo aceptable por NB-512 el límite máximo permitido es de 1000 (mg/L), de sólidos totales considerando que en el presente estudio los resultados variaron de entre un mínimo de 22 mg/l a un máximo de 181 mg/l estos parámetros se hallan por debajo de límite establecido por la norma quiere decir que se encuentra dentro del rango que establece la norma.

La determinación de turbidez del agua potable, Barrio Senac del distrito 1 Municipio de Cobija, se puede observar en relación a los resultados varía desde 0,20 UNT al 2,90 UNT presentes en el agua, lo cual el valor máximo aceptable de la Norma Boliviana 512 es de 5 UNT, de las aguas se concluye que los resultados obtenidos están por debajo lo establecido por la norma.

Considerando que la NB-512 establece como límite máximo 1,0 mg/l y los resultados de la presente investigación de cloro residual variaron entre 0,00 a 0,04 mg/l, es posible afirmar que estos parámetros están por debajo de lo establecido por la norma. Con una cantidad mínima de cloro eso quiere decir que el agua que distribuye la empresa EPSA no contiene el cloro residual suficiente conforme establece la NB-512.

De acuerdo al análisis realizado del agua potable del barrio Senac se pudo observar en los resultados que el agua potable es apta para el consumo de las personas de acuerdo al resultados obtenidos de los análisis realizados.

## 6. CONCLUSIONES

- El agua de la empresa EPSA se encuentra estable de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos: respecto a sólidos totales, mínimo es de 22 y el máximo de 181 mg/L turbiedad, un mínimo de 0.20 UNT a un máximo de 2.90 UNT cloro residual, mínimo de 0,00 mg/l y un máximo de 0,04 mg/l están por debajo de los parámetros establecidos por la NB-512. realizados en el Barrio Senac distrito uno Municipio de Cobija, según los datos obtenidos de acuerdo a los análisis realizados en el laboratorio del Área de Ciencias Biológicas y Naturales.
- Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos nos muestran que el agua potable que distribuye la empresa EPSA del Municipio de Cobija Barrio Senac distrito uno es apta para el consumo de la población, mediante los resultados obtenidos de acuerdo a los análisis realizados en el laboratorio del Área de Ciencias Biológicas y Naturales sobre sólidos totales, turbiedad, cloro residual.
- El agua analizada de la empresa EPSA si cumple con los límites que establece la Norma Boliviana 512, por tanto, desde el punto de vista fisicoquímica, el agua si es apta para consumo humano por ello hay que tomar medidas adecuadas, necesarias para mejoramiento y cuidado de estas aguas que son importantes para la población en general.
- Ley n<sup>o</sup> 2066 el agua potable es un derecho de toda personas ya sea colectiva pública o privada están en su derecho de tener el Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario son de interés público, tienen carácter de utilidad pública y se hallan bajo protección del Estado.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Hacer conocer a la población en general con investigaciones a mayor detalle incluyendo las aguas producidas por la empresa EPSA, toda vez que la mayoría de la población confía en que este líquido elemento cumple con las normas y no representa peligro para su salud.
2. Realizar talleres en los barrios para que las personas en general sepa cómo se encuentra el agua potable que distribuye la empresa EPSA, se recomienda, desarrollar programas de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano, por parte de las autoridades sanitarias del gobierno municipal de Cobija y del departamento Pando.
3. Se recomienda a las autoridades en cargadas a realizar los cambios de las redes de distribución de agua potable para que tenga un mejor desempeño, la presente investigación dar a conocer el estado del agua potable como se encuentra en el Barrio Senac, distrito 1 del Municipio de Cobija.
4. Fomentar y proponer a la población, sistema de monitoreo a futuro con el fin de controlar el grado de contaminación, del agua Educar a la población como medida inmediata sobre cómo hacer uso del agua proveniente de EPSA y otras fuentes, incluyendo capacitación en la potabilización, desinfección y cloración en aguas.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. . (ENERO DE 2012). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW1.PAHO.ORG/PER/IMAGES/STORIES/PYP/PER37/15.PDF](http://WWW1.PAHO.ORG/PER/IMAGES/STORIES/PYP/PER37/15.PDF)
- ALESSANDRA MARÍA CAMINATI BRICEÑO, R. (ABRIL DE 2013). OBTENIDO DE  
[HTTPS://PIRHUA.UDEP.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/11042/1738/ING\\_526.PDF](https://PIRHUA.UDEP.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/11042/1738/ING_526.PDF)
- ATENCIO SANTIAGO, H. (2018). OBTENIDO DE  
[HTTP://REPOSITORIO.UNDAC.EDU.PE/BITSTREAM/UNDAC/428/1/T026\\_70776177\\_T.PDF](http://REPOSITORIO.UNDAC.EDU.PE/BITSTREAM/UNDAC/428/1/T026_70776177_T.PDF)
- BARRERA, J. A. (2017). OBTENIDO DE  
[HTTP://DSpace.UCUENCA.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/27128/1/TESIS%20PDF..PDF](http://DSpace.UCUENCA.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/27128/1/TESIS%20PDF..PDF)
- CABANES, I. S. (3 DE MORZO DE 2014). OBTENIDO DE  
[HTTPS://ASOLENGIN.FILES.WORDPRESS.COM/2014/03/TAMAC3B10-DE-MUESTRA-EN-LA-ESTIMACIC3B3N-DE-LA-MEDIA-DE-UNA-POBLACIC3B3N.PDF](https://ASOLENGIN.FILES.WORDPRESS.COM/2014/03/TAMAC3B10-DE-MUESTRA-EN-LA-ESTIMACIC3B3N-DE-LA-MEDIA-DE-UNA-POBLACIC3B3N.PDF)
- CÁCERES, I. M. (FEBRERO DE 2006). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.REPOSITORIO.USAC.EDU.GT/4220/1/15\\_1319.PDF](http://WWW.REPOSITORIO.USAC.EDU.GT/4220/1/15_1319.PDF)
- CARE INTERNACIONAL-AVINA. PROGRAMA. (ENERO DE 2012). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.AVINA.NET/AVINA//WP-CONTENT/UPLOADS/2013/03/MODULO-9-OK.PDF](http://WWW.AVINA.NET/AVINA//WP-CONTENT/UPLOADS/2013/03/MODULO-9-OK.PDF)
- CARMEN CRISTINA CALDERÓN LÓPEZ, V. E. (2015). OBTENIDO DE  
[HTTP://DSpace.UCUENCA.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/22285/1/TESIS.PDF](http://DSpace.UCUENCA.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/22285/1/TESIS.PDF)
- CARPIO, C. H. (2009). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.REDICCES.ORG.SV/JSPUI/BITSTREAM/10972/683/1/13100810.PDF](http://WWW.REDICCES.ORG.SV/JSPUI/BITSTREAM/10972/683/1/13100810.PDF)
- CAVA SUÁREZ, T. R. (2016). OBTENIDO DE  
[HTTP://REPOSITORIO.UNPRG.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNPRG/850/BC-TEST-5266.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](http://REPOSITORIO.UNPRG.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNPRG/850/BC-TEST-5266.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y)
- CHÁVEZ ARMAS JHON LARRY, L. A. (ENERO DE 2015). OBTENIDO DE  
[HTTP://REPOSITORIO.UNS.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNS/2701/42969.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](http://REPOSITORIO.UNS.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNS/2701/42969.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y)

DIAZ, T. R. (2016). OBTENIDO DE  
[HTTP://REPOSITORIO.UNC.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNC/1758/TESIS.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/unc/1758/tesis.pdf?sequence=1&isallowed=y)

EL HONORABLE CONGRESO NACIONAL, . (29 DE OCTUBRE DE 1999). OBTENIDO DE  
[HTTPS://WWW.LEXIVOX.ORG/NORMS/BO-L-2029.XHTML](https://www.lexivox.org/norms/bo-l-2029.xhtml)

EL HONORABLE CONGRESO NACIONAL, DECRETA: . (11 DE ABRIL DE 2000). OBTENIDO DE  
[HTTP://SEA.GOB.BO/DIGESTO/COMPENDIOII/O/160\\_L\\_2066.PDF](http://sea.gob.bo/digesto/compendioii/o/160_l_2066.pdf)

ESQUIVEL, G. M. (2012). OBTENIDO DE  
[HTTPS://WWW.USFX.BO/NUEVA/VICERRECTORADO/CITAS/TECNOLOGICAS\\_20/INGENIERIA%20DE%20MEDIO%20AMBIENTE/T-UTC-2129.PDF](https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/tecnologicas_20/ingenieria%20de%20medio%20ambiente/t-utc-2129.pdf)

JESSENIA LIZBET LOAYZA QUISPE, P. A. (2015). OBTENIDO DE  
[HTTP://REPOSITORIO.UNCP.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNCP/3507/LOAYZA%20QUISPE%20-%20CANO%20ROJAS.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/uncp/3507/loayza%20quispe%20-%20cano%20rojas.pdf?sequence=1&isallowed=y)

LAURA, C. A. (2011). OBTENIDO DE  
[HTTP://BIBLIOTECADIGITAL.UMSA.BO:8080/RDDU/BITSTREAM/123456789/1892/1/T-1246.PDF](http://bibliotecadigital.umsa.bo:8080/rddu/bitstream/123456789/1892/1/t-1246.pdf)

LÓPEZ, C. C. (2015). OBTENIDO DE  
[HTTP://DSpace.UCUENCA.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/22285/1/TESIS.PDF](http://dSPACE.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22285/1/tesis.pdf)

LÓPEZ, J. E. (2010). OBTENIDO DE  
[HTTP://TANGARA.UIS.EDU.CO/BIBLIOWEB/TESIS/2010/133761.PDF](http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133761.pdf)

LÓPEZ, M. G. (DICIEMBRE DE 2016). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.REPOSITORIODIGITAL.IPN.MX/BITSTREAM/123456789/23350/1/TESIS%20GPE%20REYES%20.PDF](http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/23350/1/tesis%20gpe%20reyes%20.pdf)

MARIN, J. (MARZO DE 2010). OBTENIDO DE  
[HTTPS://PT.SLIDESHARE.NET/FUNDACIONNATURABOLIVIA/ESTUDIO-SOCIECONOMICO-AMBIENTAL-DEL-ARROYO-BAHIA-COBIJA](https://pt.slideshare.net/fundacionnaturabolivia/estudio-socioeconomico-ambiental-del-arroyo-bahia-cobiya)

MARTÍNEZ, L. N. (2015). OBTENIDO DE  
[HTTPS://WWW.UV.MX/POZARICA/MCA/FILES/2019/05/G02\\_LUZ-NALLELI-CHAVEZ-MARTINEZ.PDF](https://www.uv.mx/pozarica/mca/files/2019/05/g02_luz-nalleli-chavez-martinez.pdf)

MEJICANOS, I. A. (NOVIEMBRE DE 2008). OBTENIDO DE  
[HTTP://DIGI.USAC.EDU.GT/BVIRTUAL/INFORMES/RAPIDOS2008/INF-2008-009.PDF](http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/rapid2008/inf-2008-009.pdf)

MMAYA. (24 DE OCTUBRE DE 2015). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.MMAYA.GOB.BO/INDEX.PHP/NOTICIAS/0,1431.HTML](http://www.mmaya.gob.bo/index.php/noticias/0,1431.html)

NACIONES UNIDAS. (22 DE MARZO DE 2015). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.UN.ORG/WATERFORLIFEDECADE/PDF/WATERFORLIFEBKLT-S.PDF](http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/waterforlifebklt-s.pdf)

NIEBLES, A. K. (2014). OBTENIDO DE  
[HTTP://BIBLIOTECA.UNITECNOLOGICA.EDU.CO/NOTAS/TESIS/0067155.PDF](http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0067155.pdf)

ORELLANA, I. J. (2005). OBTENIDO DE  
[HTTPS://WWW.FRRO.UTN.EDU.AR/REPOSITORIO/CATEDRAS/CIVIL/ING\\_SANITARIA/INGENIERIA\\_SANITARIA\\_A4\\_CAPITULO\\_03\\_CARACTERISTICAS\\_DEL\\_AGUA\\_POTABLE.PDF](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/ingenieria_sanitaria_a4_capitulo_03_caracteristicas_del_agua_potable.pdf)

PALACIOS, I. D. (2013). OBTENIDO DE [HTTP://REPOSITORIO.UNAN.EDU.NI/255/1/64547.PDF](http://repositorio.unan.edu.ni/255/1/64547.pdf)

PALOMINO SIMBRON, C. S. (2017). OBTENIDO DE  
[HTTP://REPOSITORIO.UNSCH.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNSCH/1660/TESIS%20B798\\_PAL.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/unsch/1660/tesis%20b798_pal.pdf?sequence=1&isallowed=y)

PUBLICADA EN LA GACETA OFICIAL DE BOLIVIA EL . (27 DE ABRIL DE 1992). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.MMAYA.GOB.BO/UPLOADS/DOCUMENTOS/LEY\\_1333.PDF](http://www.mmaya.gob.bo/uploads/documentos/ley_1333.pdf)

QUIROGA, W. A. (9 DE SEPTIEMBRE DE 2015). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.SOLDEPANDO.COM/HTTPWWW-SOLDEPANDO-COMP27092/](http://www.soldepando.com/httpwww-soldepando-comp27092/)

QUISPE, S. C. (2014). OBTENIDO DE  
[HTTP://REPOSITORIO.UNAP.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNAP/4546/CASILLA\\_QUISPE\\_SERGIO.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/unap/4546/casilla_quispe_sergio.pdf?sequence=1&isallowed=y)

SIMBIOSIS, S. (2013). *ANÁLISIS AMBIENTAL MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL AEROPUERTO CAP. ANIBAL ARAB FADUL*. COBIJA.

TRANSNATIONAL INSTITUTE Y CORPORATE. (ENERO DE 2009). OBTENIDO DE  
[HTTP://WWW.WATERJUSTICE.ORG/UPLOADS/ATTACHMENTS/A5%20FORMAT\\_ESP\\_SE P2009.PDF](http://www.waterjustice.org/uploads/attachments/a5%20format_esp_sep2009.pdf)

UNEFM, L. A. (JULIO DE 2009). OBTENIDO DE [HTTPS://PT.SLIDESHARE.NET/MAULE/GUIA-TAMA O-DE-LA-MUESTRA](https://pt.slideshare.net/maule/guia-tamao-de-la-muestra)

VELA, R. J. (2017). OBTENIDO DE  
[HTTP://REPOSITORIO.UNAPIQUITOS.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/UNAP/4690/REYNALDO\\_TESIS\\_TITULO\\_2017.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/unap/4690/reynaldo_tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isallowed=y)

# ANEXOS

Anexo 1

FOTOS DE LA TOMA DE LAS MUESTRAS DEL AGUA POTABLE DEL  
DISTRITO UNO DEL BARRIO SENAC MUNICIPIO DE COBIJA



Foto 1: L1 agua potable.

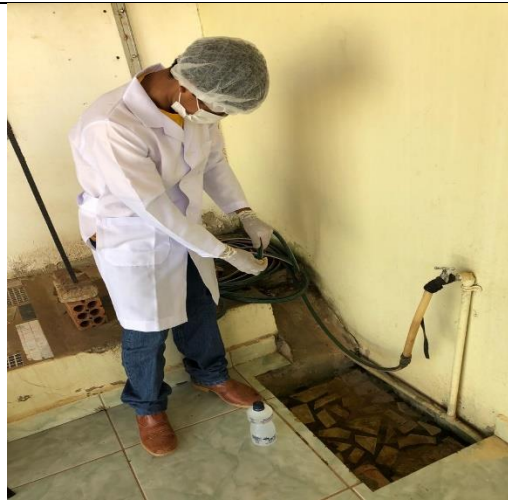


Foto 2: L 2 agua potable.



Foto 3: L 3 agua potable.



Foto 4: L 4 agua potable.



Foto 5: L 5 agua potable.



Foto 6: L 6 agua potable.



Foto 7: L 7 agua potable.



Foto 8: L 8 agua potable.

Anexo 2

**FOTOS DE LA CODIFICACION DE LAS MUESTRAS DEL AGUA POTABLE  
DEL DISTRITO UNO DEL BARRIO SENAC MUNICIPIO DE COBIJA**



Foto 9: Codificación de las muestra de agua potable



Foto 10: codificación de las muestra de agua potable.



Foto 11: Codificación de las muestra de agua potable



Foto 12: Codificación de las muestra de agua potable

### Anexo 3

## FOTOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA REALIZAR EL ANALISIS FISICOQUIMICO DE LAS MUESTRAS DEL AGUA POTABLE DEL DISTRITO UNO DEL BARRIO SENAC MUNICIPIO DE COBIJA



Foto 13: Estufas de secador de humedad.



Foto 14: Deseccador.

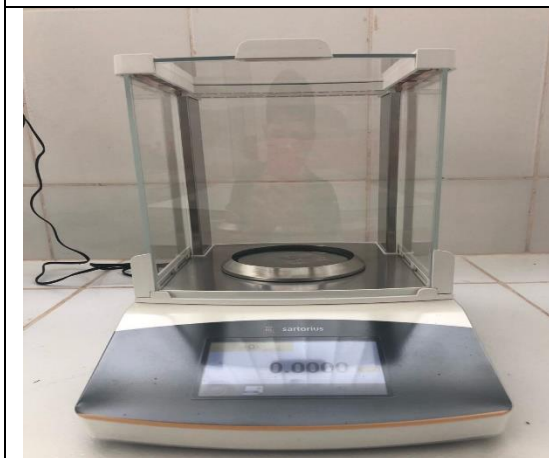


Foto 15: Balanza pesado de sólidos.



Foto 16: pinza.



Foto 17: Cronometro.6



Foto 18: Pipeta volumétrica de 50 ml



Foto 19: Colorímetro

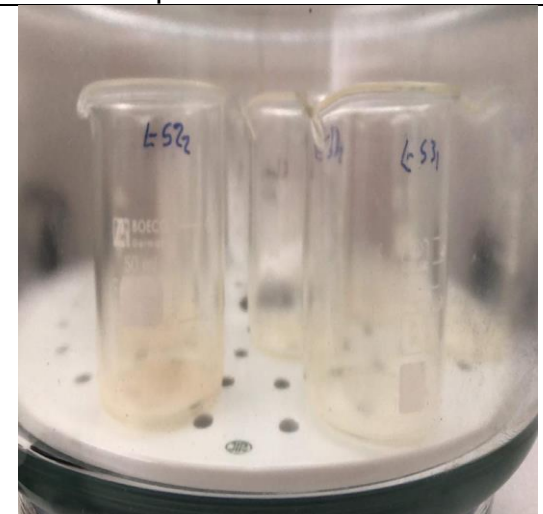


Foto 20: vasos precipitado de 50 ml



Foto 21: Turbidimetro.



Foto 22: recipiente



Foto 23: Piseta 500 ml

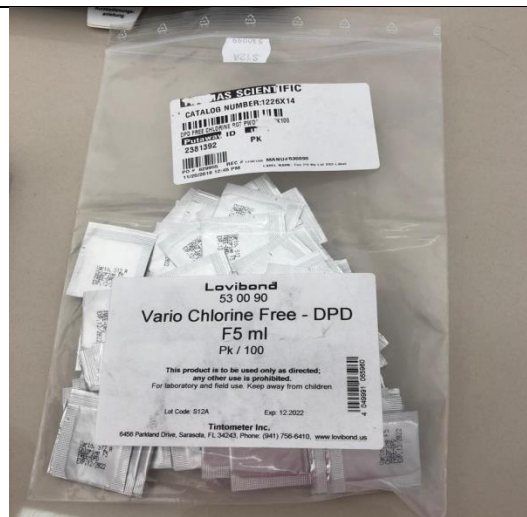


Foto 24: Cloro libre DPD.

## NORMAS BOLIVIANAS

DE-LAA-017

**Norma Boliviana**

**NB 512**



**IBNORCA**

**©IBNORCA  
Derechos Reservados**

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) tiene reservados los derechos de reproducción. Esta publicación se encuentra protegida por los derechos de propiedad intelectual y salvo prescripción diferente, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado y la microfilmación, sin la autorización escrita de IBNORCA.

***Instituto Boliviano de Normalización y Calidad***

---

**Norma Boliviana**

**NB 512**

---

**Agua potable -  
Requisitos**

Cuarta revisión

CS 13.060.20 Agua potable

octubre 2010

---

**Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**



**IBNORCA**

DE-LAA-004

**Norma Boliviana**

**NB 515**



**IBNORCA**

**©IBNORCA  
Derechos Reservados**

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) tiene reservados los derechos de reproducción. Esta publicación se encuentra protegida por los derechos de propiedad intelectual y salvo prescripción diferente, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado y la microfilmación, sin la autorización escrita de IBNORCA.

***Instituto Boliviano de Normalización y Calidad***

---

**Norma Boliviana**

**NB 515**

---

**Agua potable -  
Determinación de residuo  
total**

ICS 13.060.20 Agua potable

Julio 1985

---

**Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

---



DE-LAA-003

**Norma Boliviana**

**NB 514**



**IBNORCA**

**©IBNORCA  
Derechos Reservados**

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) tiene reservados los derechos de reproducción. Esta publicación se encuentra protegida por los derechos de propiedad intelectual y salvo prescripción diferente, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado y la microfilmación, sin la autorización escrita de IBNORCA.

***Instituto Boliviano de Normalización y Calidad***

**Norma Boliviana**

**NB 514**

**Agua potable -  
Determinación de  
turbiedad**

ICS 13.060.20 Agua potable

Julio 1985

**Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**



DE-LAA-007

**Norma Boliviana**

**NB 528**



**IBNORCA**

**©IBNORCA  
Derechos Reservados**

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) tiene reservados los derechos de reproducción. Esta publicación se encuentra protegida por los derechos de propiedad intelectual y salvo prescripción diferente, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado y la microfilmación, sin la autorización escrita de IBNORCA.

***Instituto Boliviano de Normalización y Calidad***

---

**Norma Boliviana**

**NB 528**

---

**Agua potable -  
Determinación del cloro  
residual libre**

ICS 13.060.20 Agua potable

Agosto 1985

---

**Instituto Boliviano de Normalización y Calidad**

---

