



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

Tesis previa a la obtención del título  
de Bioquímica Farmacéutica

**“CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN  
LOS CAMPUS: CENTRAL, HOSPITALIDAD, BALZAY, PARAÍSO,  
YANUNCAY Y LAS GRANJAS DE IRQUIS Y ROMERAL PERTENECIENTES  
A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”**

**AUTORAS**

**Carmen Cristina Calderón López**

**Vanessa Elizabeth Orellana Yáñez**

**DIRECTORA**

**Dra. Mgst. Silvana Patricia Donoso Moscoso**

**CUENCA-ECUADOR**

**2015**



## RESUMEN.

El agua potable es el recurso natural más importante para el desarrollo y el fortalecimiento de la salud poblacional en las ciudades, puesto que brinda a sus consumidores seguridad en su ingestión, proveyendo una sana hidratación, reduce la tasa de mortalidad infantil y por lo tanto incrementando la expectativa de vida de los habitantes que consumen un agua de calidad.

El principal objetivo de este proyecto es determinar la calidad de agua potable que llega a la Universidad de Cuenca es decir, a todos sus campus y haciendas.

Los parámetros analizados fueron: físicos: temperatura, turbiedad, color, olor, sabor, conductividad; químicos: pH, Alcalinidad, Dureza total, Oxígeno disuelto, Nitritos, Cloruros, Cloro libre, Cobre, Hierro; microbiológicos: *Coliformes totales*, *Coliformes fecales*, *Aerobios mesofilos*. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, según el análisis comparativo con los valores establecidos en la norma INEN 1108: 2014 demuestran, que la mayoría de los parámetros Físicos y Químicos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos para la calidad de Agua potable, sin embargo, existieron resultados Microbiológicos indicativos de contaminación en las fuentes de agua que se utilizan de manera primordial para el consumo humano en la mayoría de campus. Mediante la implementación de medidas de limpieza y desinfección frecuentes estas alteraciones podrán ser erradicadas.

**PALABRAS CLAVE:** Calidad de Agua, Potabilización de Agua, Agua potable en Cuenca, Universidad de Cuenca.



## ABSTRACT.

Drinking water is the most important for developing natural resources and strengthening of population health in cities, as it provides to its customers security ingestion, providing a healthy hydration, reduces infant mortality rate and thus increasing life expectancy of the people who consume water quality. The main objective of this project is to determine the quality of drinking water delivered to the University of Cuenca that is, to all campuses and farms. The parameters analyzed were: physical temperature , turbidity , color, odor, taste , conductivity ; chemicals: pH , alkalinity , Total hardness , dissolved oxygen , nitrates , chlorides , free chlorine , copper, iron ; Microbiological : *total coliforms*, *fecal coliforms* , *aerobic mesophilic* . The results of the tests, according to the comparative analysis with the values set in the INEN 1108 standard: 2014 show that most of the physical and chemical parameters satisfactorily meet the requirements for the quality of drinking water, however, there were indicative of pollution in water sources used in primary way for human consumption in most campus Microbiological results. By implementing measures for cleaning and disinfecting frequently these alterations they can be eradicated.

**KEYWORDS: Calidad de Agua, Potabilización de Agua, Agua potable en Cuenca, Universidad de Cuenca.**



## CONTENIDO

### CONTENIDO

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
CONTENIDO.....	4
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE IMÁGENES.....	9
LISTA DE ESQUEMAS.....	10
INTRODUCCIÓN.....	19
OBJETIVOS.....	21
1.1 Generalidades.....	22
1.2 Estructura química.....	23
1.3 El agua como sustancia reaccionable.....	24
1.4 Propiedades físico-químicas.....	25
1.4.1 Propiedades físicas:.....	25
a) Temperatura:.....	25
b) Color:.....	25
c) Olor y sabor:.....	26
1.4.2 Propiedades químicas y biológicas:.....	26
1.5 Clases de agua.....	29



---

<b>1.6</b>	<b>Agua potable</b> .....	33
1.6.1	Características .....	33
<b>1.7</b>	<b>Calidad de agua</b> .....	34
1.7.1	Problemas de salud relacionados con la deficiencia de calidad de agua.	
	35	
<b>1.8</b>	<b>Proceso de potabilización del agua</b> .....	37
1.8.1	Descripción del proceso de potabilización.....	38
a)	Captación .....	38
b)	Pre tratamiento.....	39
	Cribado.....	39
	Desarenado.....	40
	Medición del caudal.....	40
c)	Tratamiento.....	40
	Coagulación.....	40
	Filtración: .....	43
	Cloración.....	44
	Almacenamiento.....	45
	Red de distribución.....	46
	Redes de distribución para el cantón Cuenca.....	46
	<b>CAPÍTULO 2</b> .....	48
	<b>METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLE</b> .....	48



<b>2.2</b>	<b>Muestreo</b> .....	48
<b>2.3</b>	<b>Criterios de recolección</b> .....	48
<b>2.3.1</b>	<b>Características del recolector</b> .....	49
a)	Tipo de envase.....	49
b)	Transporte y conservación.....	49
c)	Requerimientos básicos de información.....	49
<b>2.4</b>	<b>Análisis microbiológico</b> .....	50
<b>2.4.1</b>	<b>Técnica de membrana filtrante de SARTORIUS para la determinación de coliformes totales y fecales</b> .....	50
<b>2.4.2</b>	<b>Método de recuento de <i>Aerobios mesofilos</i> mediante placas Petri film 3M</b>	52
<b>2.5</b>	<b>Análisis físico</b> .....	53
<b>2.5.1</b>	<b>Método Nefelométrico para el análisis de Turbiedad</b> .....	53
<b>2.5.2</b>	<b>Color</b> .....	54
<b>2.5.3</b>	<b>Olor y sabor</b> .....	54
<b>2.5.4</b>	<b>Temperatura</b> .....	54
<b>2.6</b>	<b>Análisis químico</b> .....	55
<b>2.6.1</b>	<b>Alcalinidad total</b> .....	55
<b>2.6.2</b>	<b>pH</b> .....	57
<b>2.6.3</b>	<b>Dureza total</b> .....	58
	<b>Método de Rossel: Argentométrico</b> .....	62



---

<b>2.6.6</b>	<b>Nitritos</b> .....	62
<b>2.6.7</b>	<b>Cloro libre</b> .....	64
<b>2.6.8</b>	<b>Cobre</b> .....	65
<b>CAPÍTULO 3</b> .....		68
<b>ANÁLISIS DE DATOS.</b> .....		68
<b>3.1</b>	<b>Cuadro de resultados</b> .....	68
<b>TABLA 2. Análisis de datos</b> .....		68
<b>3.2</b>	<b>CUADRO DE RESULTADOS FÍSICOS DE MUESTRAS “1”</b> .....	70
<b>3.3</b>	<b>CUADRO DE RESULTADOS FÍSICOS DE MUESTRAS “2”</b> .....	76
<b>3.4</b>	<b>CUADRO DE RESULTADOS QUÍMICOS DE MUESTRAS “1”</b> .....	81
<b>3.5</b>	<b>CUADRO DE RESULTADOS QUÍMICOS DE MUESTRAS “2”</b> .....	86
<b>3.6</b>	<b>CUADRO DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS “1”</b> .....	91
<b>3.7</b>	<b>CUADRO DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS “2”</b> .....	95
<b>Discusión</b> .....		100
<b>Conclusiones</b> .....		101
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		104
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		105
<b>GLOSARIO</b> .....		108
<b>ANEXOS</b> .....		109
<b>•</b>	<b>ANEXO A: NORMA INEN 1108; AGUA POTABLE: REQUISITOS</b> .....	109



- **ANEXO B: PLANTAS POTABILIZADORAS PERTENECIENTES A LA EMPRESA ETAPA-EP..... 109**
  
- **ANEXO C: EQUIPOS EMPLEADOS PARA EL ANALISIS FISICO Y QUÍMICO. 109**  
**ANEXO C: EQUIPOS EMPLEADOS PARA EL ANALISIS FISICO Y QUÍMICO. .... 119**  
**METODO DE ROSSEL: ARGENTOMETRICO ..... 129**

**LISTA DE TABLAS.**

**Tabla 1. Lineamiento para la calidad de Agua Potable.**

**Tabla 2. Análisis de Datos.**

**Tabla 3. Análisis Físico de muestras “1” (10/03/2015)**

**Tabla 4. Análisis Físico de muestras “1” (11/03/2015)**

**Tabla 5. Análisis Físico de muestras “1” (12/03/2015)**

**Tabla 6. Análisis Físico de muestras “1” (13/03/2015)**

**Tabla 7. Análisis Físico de muestras “2” (10/03/2015)**

**Tabla 8. Análisis Físico de muestras “2” (11/03/2015)**

**Tabla 9. Análisis Físico de muestras “2” (12/03/2015)**

**Tabla 10. Análisis Físico de muestras “2” (13/03/2015)**

**Tabla 11. Análisis Químico de muestras “1” (10/03/2015)**





**Tabla 12. Análisis Químico de muestras “1” (11/03/2015)**

**Tabla 13. Análisis Químico de muestras “1” (12/03/2015)**

**Tabla 14. Análisis Químico de muestras “1” (13/03/2015)**

**Tabla 15. Análisis Químico de muestras “2” (10/03/2015)**

**Tabla 16. Análisis Químico de muestras “2” (11/03/2015)**

**Tabla 17. Análisis Químico de muestras “2” (12/03/2015)**

**Tabla 18. Análisis Químico de muestras “2” (13/03/2015)**

**Tabla 19. Análisis Microbiológico de muestras “1” (10/03/2015)**

**Tabla 20. Análisis Microbiológico de muestras “1” (11/03/2015)**

**Tabla 21. Análisis Microbiológico de muestras “1” (12/03/2015)**

**Tabla 22. Análisis Microbiológico de muestras “1” (13/03/2015)**

**Tabla 23. Análisis Microbiológico de muestras “2” (10/03/2015)**

**Tabla 24. Análisis Microbiológico de muestras “2” (11/03/2015)**

**Tabla 25. Análisis Microbiológico de muestras “2” (12/03/2015)**

**Tabla 26. Análisis Microbiológico de muestras “2” (13/03/2015)**

## **LISTA DE IMÁGENES.**

**Imagen 1. Molécula del agua**

**Imagen 2. Planta potabilizadora del proyecto Yanuncay.**



**Imagen 3. Captación del agua desde el Cajas.**

**Imagen 4a. Floculadores Mecánico. (Planta Sustag)**

**Imagen 4b. Floculadores Hidráulico. (Planta Sustag)**

**Imagen 5. Sedimentador. (Planta Sustag)**

**Imagen 6. Filtros (Planta de Sustag).**

**Imagen 7a. Tanque de reserva de Agua Potable de Parccoloma.**

**Imagen 7b. Tanque de reserva de Agua potable de la planta de Sustag.**

#### **LISTA DE ESQUEMAS.**

**Esquema 1. Proceso de potabilización de agua.**

**Esquema 2. Esquema de una Red de distribución.**



Yo, Carmen Cristina Calderón López, autora de la tesis “CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN LOS CAMPUS: CENTRAL, HOSPITALIDAD, BALZAY, PARAÍSO, YANUNCAY Y LAS GRANJAS DE IRQUIS Y ROMERAL PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 29 de junio de 2015

Carmen Cristina Calderón López

C.I: 0105167431

CARMEN CRISTINA CALDERÓN LÓPEZ  
VANESA ELIZABETH ORELLANA YÁNEZ



Yo, Carmen Cristina Calderón López autora de la tesis “CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN LOS CAMPUS: CENTRAL, HOSPITALIDAD, BALZAY, PARAÍSO, YANUNCAY Y LAS GRANJAS DE IRQUIS Y ROMERAL PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 29 de Junio de 2015

Carmen Cristina Calderón López

C.I: 0105167431

CARMEN CRISTINA CALDERÓN LÓPEZ  
VANESA ELIZABETH ORELLANA YÁNEZ



Yo, Vanesa Elizabeth Orellana Yáñez, autora de la tesis “CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN LOS CAMPUS: CENTRAL, HOSPITALIDAD, BALZAY, PARAÍSO, YANUNCAY Y LAS GRANJAS DE IRQUIS Y ROMERAL PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 29 de junio de 2015

Vanesa Elizabeth Orellana Yáñez.

C.I: 1400493258

CARMEN CRISTINA CALDERÓN LÓPEZ  
VANESA ELIZABETH ORELLANA YÁNEZ



Yo, Vanesa Elizabeth Orellana Yáñez autora de la tesis “CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN LOS CAMPUS: CENTRAL, HOSPITALIDAD, BALZAY, PARAÍSO, YANUNCAY Y LAS GRANJAS DE IRQUIS Y ROMERAL PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 29 de Junio de 2015

Vanesa Elizabeth Orellana Yáñez

C.I: 1400493258

CARMEN CRISTINA CALDERÓN LÓPEZ  
VANESA ELIZABETH ORELLANA YÁNEZ



## AGRADECIMIENTO

Quiero dar Gracias a Dios por haberme regalado un Don, y poder servir a las personas con éste, quiero también agradecer a mi padre Juan Calderón por haberme heredado la pasión y el amor por la magia verdadera, a mi madre Mónica López por su ejemplo y carácter exigente que me servido muchísimo para realizarme espiritual e intelectualmente, a los dos por enseñarme que en la vida, todo acontecimiento sucedido solo es por voluntad de Dios y su amor hacia nosotros, y gracias por todo los sacrificios que han hecho para que sus cuatro hijos intenten ser como ustedes.

Quiero agradecer a mi esposo Daniel Pinos y a mi hijo Daniel Francisco por ser el motor de mi vida, por hacer que todo esto valga la pena aún más con ustedes a mi lado.

A mis suegros Kleber y Mónica, porque cada día con su ejemplo nos ayudan a caminar y ver la vida de diferentes formas.

A mi hermano Juan David muchas gracias por cuidar al bebé mientras terminaba esta etapa, a mi hermano Santiago gracias por ser el ejemplo y más amoroso de los cuatro, a mi hermano Mateo, gracias por ser el que nos enseñó a vivir sin complicaciones, y mis cuñadas María Isabel, y Mónica, gracias por estar conmigo y toda mi familia por su amor incondicional.

De manera muy especial quiero agradecer al Ingeniero Arturo Barros V. quien nos ha brindado la confianza y la paciencia durante la realización de este proyecto, al Doctor Segundo Chica V. muchas gracias por enseñarnos la



verdadera razón de vivir, por su ejemplo de cómo llevar la vida y por sus conocimientos. A la Junta Administradora de Agua Potable de la parroquia Baños, quienes nos han brindado la confianza para realizar nuestro proyecto en su prestigioso Laboratorio. Además quiero agradecer a la doctora Silvana Donoso M. quien ha sido nuestra guía y maestra para terminar este camino, gracias al Señor Rector de la Universidad de Cuenca el Ingeniero Fabián Carrasco C. y la Señora Vicerrectora la Ingeniera Silvana Larriva G. Por permitirnos la realización de este proyecto.

**Carmen Cristina Calderón López.**





## **AGRADECIMIENTO**

La vida me ha enseñado a dar gracias primero a Dios por todas las bendiciones derramadas sobre mi cada día de mi vida: muchos momentos con caminos llenos de rosas y otros muy duros llenos de lágrimas que me han hecho crecer en templanza, tolerancia, paciencia que sé con toda seguridad me servirán para enfrentar y resolver positivamente los retos que me presente la vida siendo un mejor ser humano, útil a mi familia y a la sociedad.

Agradecer con el corazón a mi valiente madre Miriam, ella sola, me regaló cada año todos los medios para desarrollar mis capacidades en el estudio, desde lejos me enseñó a tener fortaleza a pesar de las adversidades que cada vez se me presentaban, fue mi guía y mi compañera espiritual; es mi orgullo y mi más grande ejemplo de amor y superación.

A mi padre, José Miguel, mi ángel protector, mi primer amor, mi inspiración.

A mis ñaños queridos, Miguel y Ana por compartir todos aquellos momentos que nos enseñaron a ser independientes, actuar con responsabilidad, pero sobre todo a ser los confidentes y compañeros de la travesía universitaria en el recinto que fue nuestro hogar temporal.

Al amor de mi vida, mi esposo David Israel, el hombre que llegó a mi vida para re direccionar mi camino, ayudándome a superarme, confiando en mi misma, recordándome siempre cuán valiosa y capaz soy. Fuiste, eres y serás mi mejor amigo, mi compañero y mi confidente fiel. Jamás pudiera haber escogido a otro hombre mejor que tú para compartir el resto de mi vida.



Mi pequeño, David Rafael, dulce inspiración y fortaleza eterna. Hace apenas un año llegaste, ha sido suficiente para sacar una poderosa guerrera que no sabía tenía en mí. Aún tierno, me acompañaste en una etapa muy difícil, tuviste que desprenderte de mí y sufrir conmigo; pero me ayudaste más que nadie, fuiste mi alegría de cada día; me hacías sonreír y valorar cada segundo que tenía a tu lado. Busco mi superación para que te sientas orgulloso de la madre que la vida te dio y sepas que, aún con adversidades podemos lograr grandes cosas cuando de verdad nos lo proponemos.

A mi compañera de tesis, mi amiga Titi, por su comprensión y ayuda intensa para que este trabajo vea la luz. El destino supo que hasta el final nosotras debíamos hacer un gran equipo.

A nuestra directora de tesis, Dra. Silvana Donoso, aún con todas sus ocupaciones y compromisos nos dedicó de su tiempo para ayudarnos y guiarnos en la realización de este trabajo.

Al personal de la planta de agua potable de Baños, por la confianza y la ayuda infinita que nos brindaron en la realización de las pruebas de laboratorio.

**Vanesa Orellana Yáñez**



## INTRODUCCIÓN

Aunque Cuenca tiene la mejor calidad de agua potable del país de acuerdo con la certificación ISO 9001 otorgada en 2012 a la empresa ETAPA, y al ser ésta la empresa principal para el abastecimiento en la ciudad, es primordial tomar en cuenta varios factores relevantes que determinarán la calidad de agua potable que se distribuye a cada uno de los campus de la Universidad de Cuenca ya que constituye el recurso natural más utilizado para labores de limpieza en general y para ser ingerido directamente por estudiantes y personal que en esta institución labora. Es de suma importancia recalcar que después del tratamiento del agua existen factores externos que pueden alterar la calidad del agua, ya sea por el tiempo de uso de tuberías, corrosión producida por el agua misma, acumulación de sustancias suspendidas en el agua en el interior de la red de distribución, etc.

La necesidad de realizar una investigación del control de calidad del agua que llega a la Universidad de Cuenca, radica en la antigüedad de mucha de su infraestructura y de las tuberías de distribución a las facultades, algunas de ellas, las más antiguas fueron creadas por decreto ejecutivo el 15 de Octubre de 1867. Uno de los principales problemas que se presentan en las instalaciones hidráulicas es el de la corrosión en los materiales metálicos, pudiendo producirse perforaciones y obstrucciones de las líneas de agua. Las estructuras de concreto también son susceptibles de sufrir agresiones por mecanismos fisicoquímicos y biológicos donde nuevamente, la corrosión, es el elemento de ataque destructivo, que a su vez pueden proteger a los



microorganismos de los desinfectantes y purificantes empleados en la potabilización.

Todas las aguas son corrosivas en cierto grado. La tendencia corrosiva del agua dependerá de sus características químicas y físicas. También, es importante, la naturaleza del material con el cual el agua entra en contacto.

Para realizar el control de calidad y analizar todos los posibles defectos que pudiera contener el agua potable de suministro a los diferentes campus de la Universidad de Cuenca, se deben realizar ensayos microbiológicos, físicos y químicos, basándose en los requisitos y especificaciones dispuestos por la NTE INEN 1108:2014 y en las necesidades de ensayos específicos extras observados por parte de las investigadoras.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

- Realizar control de calidad físico, químico y microbiológico del agua potable que ingresa a los campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay y las granjas de Irquis y Romeral pertenecientes a la Universidad de Cuenca.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer los parámetros físico-químicos y microbiológicos necesarios para determinar la calidad del agua potable utilizada en la Universidad de Cuenca.
- Realizar el análisis físico-químico y microbiológico del agua potable utilizada en la Universidad de Cuenca.
- Determinar si el agua potable utilizada en la Universidad de Cuenca cumple con todos los parámetros (físico-químicos y microbiológicos) de una manera satisfactoria necesarios para catalogarla como apta para consumo humano.
- Determinar las posibles causas que afectan la calidad del agua de la Universidad de Cuenca.



## CAPÍTULO 1

### MARCO TEÓRICO

#### EL AGUA

##### 1.1 Generalidades

Según la Real Academia Española, el agua (del latín aqua) es la “sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, es líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas. Es el componente más abundante en la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y se encuentra en compuestos naturales, y como agua de cristalización en muchos cuerpos orgánicos e inorgánicos como los cristales” (RAE, 2015).

El agua es considerada como uno de los recursos naturales más fundamentales para el desarrollo de la vida, y junto con el aire, la tierra y la energía, constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. Cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre.

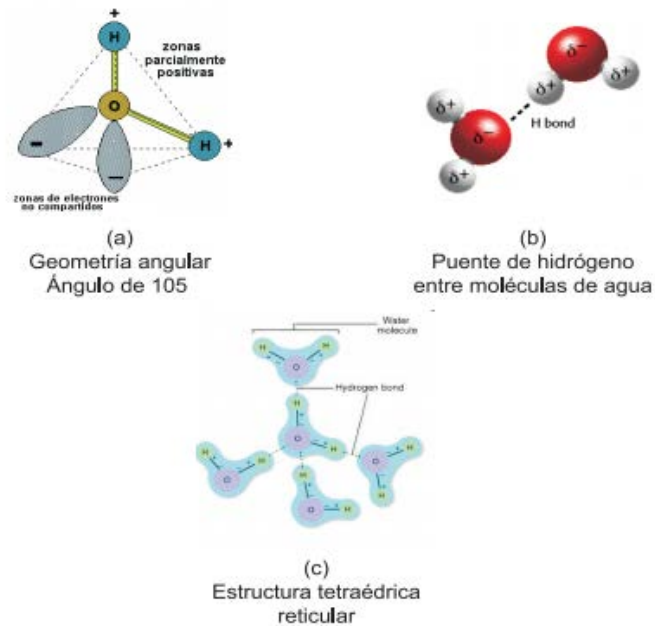
El agua en los seres vivos se encuentra tanto intracelular, como extracelularmente. El agua intracelular, representa  $2/3$ , aproximadamente, y el agua extracelular representa el tercio restante. Esta última se encuentra bañando las células o conformando la sangre, linfa, savia, etc. En los seres unicelulares y en los organismos acuáticos el agua es además su medio ambiente (Auge, 2007 & Marín, 2006).



El agua interviene en muchas reacciones químicas, bien como reactivo o como producto de la reacción, y resulta imprescindible para la estabilidad de muchas sustancias biológicas (Carbajal et al., 2012 & Marín, 2006).

## 1.2 Estructura química

La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En el agua existen también los productos resultantes de la disociación de algunas de sus moléculas: El ión  $\text{H}_3\text{O}^+$  y el  $\text{OH}^-$ . En la molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  los enlaces covalentes entre el oxígeno y los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de  $104'5^\circ$ . El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno es uno de los elementos más electronegativos, atrae a sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva). La molécula tiene una geometría angular, lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras muchas sustancias polares (Carbajal et al., 2012 & Marín, 2006).



**Imagen 1: molécula del agua (Carbajal et al., 2012).**

### 1.3 El agua como sustancia reaccionable

El agua participa activamente en los procesos químicos que se dan en la célula, pues es en sí misma una sustancia muy reaccionable. Así:

- En las reacciones de hidrólisis. Se trata de la rotura de un enlace covalente por la adición de H y OH a los átomos que están unidos entre sí. De esta manera se separan, por ejemplo, los aminoácidos que forman las proteínas cuando estas se hidrolizan; el H y el OH se unen al nitrógeno y al carbono que forman el enlace peptídico en un proceso similar, pero inverso, al de la formación del enlace. Algo parecido ocurre con otros enlaces como con el glicosídico o con el enlace éster.





- El agua puede ser adicionada a un doble enlace formándose una función alcohol.
- El agua tiene también una gran importancia en la fotosíntesis por ser la sustancia que repone los electrones que se utilizan en los procesos de síntesis de sustancias orgánicas (Sánchez, 2009).

#### 1.4 Propiedades físico-químicas

Su importancia reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que suceden en la naturaleza, así como los que se llevan a cabo en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua.

##### 1.4.1 Propiedades físicas:

- a) **Temperatura:** La temperatura del agua se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido. Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como microbiológicas (Marín, 2006).
- b) **Color:** El color del agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella: materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas. Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua (Marín, 2006).



c) **Olor y sabor:** Fisiológicamente, los sentidos del gusto y el olfato están íntimamente relacionados ya que las papilas linguales y las olfativas detectan estímulos simultáneos y complementarios. Solamente existen cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo. Todos los demás sabores se obtienen por interacción de estos reseñados. Las fuentes de sabores y olores del agua responden a dos orígenes: naturales y artificiales. Las primeras incluyen gases, sales, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos y compuestos procedentes de la actividad vital de los organismos acuáticos. Los compuestos productores de olor/sabor de origen artificial pueden ser también orgánicos e inorgánicos y están probablemente más definidos, al poder identificarse la fuente concreta productora del problema (Marín, 2006).

#### **1.4.2 Propiedades químicas y biológicas:**

a) El agua tiene una densidad máxima de  $1 \text{ g/cm}^3$  cuando está a una temperatura de  $3,8^\circ\text{C}$ , característica especialmente importante en la naturaleza que hace posible el mantenimiento de la vida en medios acuáticos sometidos a condiciones exteriores de bajas temperaturas. La dilatación del agua al solidificarse también tiene efectos importantes en los procesos geológicos de erosión. Al introducirse agua en grietas del suelo y congelarse posteriormente, se originan tensiones que rompen las rocas (Carbajal et al., 2012).



- b) El agua tiene un alto valor de tensión superficial, quedando las moléculas de la superficie fuertemente atraídas, aunque algunas sustancias pueden romper esta atracción. Este es el caso del jabón que forma espuma o de las sales biliares que facilitan la digestión de las grasas. Las gotas de grasa emulsionadas se organizan después en micelas que aumentan la absorción (crean un mayor gradiente de difusión) y facilitan la entrada de otros nutrientes (Carbajal et al., 2012).
- c) Además, el agua posee una alta reactividad que se pone de manifiesto en su poder de disolución de materiales. Un proceso de disolución implica el cambio en propiedades físicas y químicas de la disolución ya constituida, con respecto tanto al soluto como al propio disolvente. Así, el ataque químico del líquido a las rocas y minerales en un medio natural, el cual se puede producir de diferentes formas:
- **Hidratación:** O penetración del agua dentro de la red reticular del cristal, formando compuestos químicos denominados "hidratos".
  - **Hidrólisis:** O descomposición mutua entre la sal que se disuelve y el agua.
  - **Óxido – Reducción:** Se da tanto en la zona de infiltración y en el agua libre: implica el tránsito de electrones. El equilibrio redox se da entre el  $O_2$  aportado por el aire disuelto en el agua que se infiltra, y el consumo del gas en procesos de oxidación de las sustancias reductoras existentes en el medio.



- **pH:** Que puede provocar reacciones de disolución de sales presentes en rocas y minerales, sobre todo en condiciones ácidas (así la provocada por "lluvia ácida", rica en ácidos sulfúrico y nítrico de alto poder agresivo frente a materiales naturales y artificiales) (Carbajal et al., 2012).
- d) La interacción hidrofóbica es la responsable de diversos procesos biológicos importantes. En medios acuosos, la interacción con moléculas anfipáticas (o anfifílicas, aquellas con grupos polares y apolares, como los detergentes o las sales biliares) determina la formación de estructuras ordenadas. El efecto hidrofóbico del agua, consecuencia de su gran cohesión, resultó esencial para la formación y posterior evolución de las células (Carbajal et al., 2012).
- e) El agua, junto con sustancias viscosas, actúa como lubricante: la saliva lubrica la boca y facilita la masticación y la deglución, las lágrimas lubrican los ojos y limpian cualquier impureza; el líquido sinovial baña las articulaciones; las secreciones mucosas lubrican el aparato digestivo, el respiratorio, el genito-urinario. Mantiene también la humedad necesaria en oídos, nariz o garganta. Proporciona flexibilidad, turgencia y elasticidad a los tejidos. El líquido del globo ocular, el cefalorraquídeo, el líquido amniótico y en general los líquidos del organismo amortiguan y nos protegen cuando caminamos y corremos. Y finalmente, también el feto crece en un ambiente excepcionalmente bien hidratado (Carbajal et al., 2012).



## 1.5 Clases de agua

El agua se puede presentar en estado sólido, líquido o gaseoso, siendo una de las pocas sustancias que pueden encontrarse en todos ellos de forma natural.

El agua adopta formas muy distintas sobre la tierra: como vapor de agua, conformando nubes en el aire; como agua marina, eventualmente en forma de icebergs en los océanos; en glaciares y ríos en las montañas, y en los acuíferos subterráneos su forma líquida (Auge, 2007).

El agua recibe diversos nombres, según su forma y características:

### 1.5.1 Según su estado físico:

- Hielo (estado sólido)
- Agua (estado líquido)
- Vapor (estado gaseoso)

### 1.5.2 Según su posición en el ciclo del agua

#### a) Precipitación

##### Precipitación según desplazamiento

- precipitación vertical
  - lluvia
  - lluvia congelada
  - llovizna
  - lluvia helada
  - nieve
  - granizo blando
  - gránulos de nieve

##### Precipitación según estado

- precipitación líquida
  - lluvia
  - lluvia helada
  - llovizna
  - llovizna helada
  - rocío



- perdigones de hielo
- aguanieve
- pedrisco
- cristal de hielo
- precipitación horizontal (asentada)
  - rocío
  - escarcha
  - congelación atmosférica
  - hielo glaseado
- precipitación sólida
  - nevasca
  - granizo blando
  - gránulos de nieve
  - perdigones de hielo
  - lluvia helada
  - granizo
  - prismas de hielo
  - escarcha
  - congelación atmosférica
  - hielo glaseado
  - aguanieve
- precipitación mixta
  - con temperaturas cercanas a los 0 °C

## b) Partículas de agua en la atmósfera

- Partículas en suspensión
  - nubes
  - niebla
  - bruma
- Partículas en ascenso (impulsadas por el viento)
  - ventisca
  - nieve revuelta (Auge, 2007).

## c) Según sus usos y circunstancias:

- **Agua potable:** Es el agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.
- **Agua salada:** Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/l).
- **Agua salobre:** Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina.



- **Agua dulce:** Agua natural con una baja concentración de sales, generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.
- **Agua dura:** Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve mal en las aguas duras.
- **Agua blanda:** Agua sin dureza significativa.
- **Aguas negras:** Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.
- **Aguas grises:** Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, fregaderos y lavaderos.
- **Aguas residuales:** Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja o una industria, que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.
- **Agua bruta:** Agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo o agua que entra en una planta para su tratamiento.



- **Aguas muertas:** Agua en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.
- **Agua alcalina:** Agua cuyo pH es superior a 7.
- **Agua capilar:** Agua que se mantiene en el suelo por encima del nivel freático debido a la capilaridad.
- **Agua de gravedad:** Agua en la zona no saturada que se mueve por la fuerza de gravedad.
- **Agua de suelo:** Agua que se encuentra en la zona superior del suelo o en la zona de aireación cerca de la superficie, de forma que puede ser cedida a la atmósfera por evapotranspiración.
- **Agua estancada:** Agua inmóvil en determinadas zonas de un río, lago, estanque o acuífero.
- **Agua freática:** Agua subterránea que se presenta en la zona de saturación y que tiene una superficie libre.
- **Agua subterránea:** Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo, zona formada principalmente por agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.
- **Agua superficial o de lluvia:** Toda agua natural abierta a la atmósfera, como la de ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales.





- **Agua Magmática:** Agua impulsada hasta la superficie terrestre desde gran profundidad por el movimiento ascendente de rocas ígneas intrusivas (Cathalac, 2011).

## 1.6 Agua potable

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).

### 1.6.1 Características

El agua para la bebida humana debe reunir ciertas condiciones: físicas, químicas y microbiológicas.

- a) **Condiciones Físicas:** El agua que se destina a la bebida humana no debe presentar ni color, ni olor, ni materiales en que le confieran turbiedad ni aspecto desagradable.
- b) **Condiciones Químicas:** Para calificar el agua como potable sus condiciones químicas deben ser tales que resulte de gusto agradable, con una cantidad de sales disueltas que no sea ni excesiva, ni insuficiente (cloro, sulfatos, carbonatos que se combinan con sodio, calcio magnesio, plomo, arsénico, flúor, entre otras).
- c) **Condiciones microbiológicas:** Significa que para que el agua sea considerada potable debe estar exenta de toda bacteria u organismo patógeno (Alunni, 2012).



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. (Alunni, 2012)

En el Ecuador, el organismo encargado del control de calidad y la estandarización de los parámetros para evaluar el agua potable es el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), el cual, según Norma Técnica INEN 1108 – 2014 establece los siguientes requisitos: (Ver Anexo A)

### **1.7 Calidad de agua**

“La calidad del agua no es una característica absoluta, sino que es más un atributo definido socialmente en función del uso que se le piense dar al líquido” (WRI, 2000).

El acceso al agua apta para el consumo humano es un derecho fundamental y una necesidad básica y esencial para la reducción de la pobreza. Se considera que el agua es de calidad cuando es segura para el consumo humano, es decir, cuando presenta ausencia de bacterias *coliformes totales y fecales*, así como de minerales y metales pesados (OMS, 2006).

La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y la cantidad misma en ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación.



A nivel mundial en los países en desarrollo se da tratamiento a menos del 10% del agua utilizada, esto significa, que la inmensa mayoría del líquido se vierte a ríos, lagos o mares, ocasiona la contaminación de éstos y, en consecuencia, la reducción del agua disponible para el uso. Las estimaciones de disponibilidad del agua no reflejan por completo el problema de las necesidades de este recurso, ya que en la mayor parte del mundo la calidad del agua está lejos de ser la adecuada.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, 1 100 millones de personas no tienen acceso a una fuente de agua potable mejorada, particularmente en áreas rurales donde no existe posibilidad de que el agua tenga un tratamiento previo que mejore su calidad y posibilite su uso general (Auge, 2007).

### **1.7.1 Problemas de salud relacionados con la deficiencia de calidad de agua.**

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua potable.

La deficiente calidad del agua, continúa siendo una gran amenaza para la salud humana; siendo las enfermedades diarreicas las más importantes, atribuyéndose éstas al abastecimiento inseguro de agua y al inadecuado saneamiento e higiene, con el consiguiente riesgo de infección por parásitos (anquilostomiasis, ascariasis), bacterias (cólera, shigelosis, salmonelosis) o



virus (hepatitis), que afecta principalmente a los niños de los países sub desarrollados.

Las bacterias *coliformes* no siempre causan enfermedad, pero sirven como uno de los indicadores de contaminación por microorganismos asociados con enfermedades diarreicas. La calidad del agua requiere de un parámetro básico contemplado dentro de los derechos humanos, pero además está el acceso al agua apta para el consumo humano, proporcional al número de personas que se abastecen de las fuentes de agua seguras. Para los habitantes de una ciudad se entiende el acceso al agua segura como: la proporción de la población que tiene servicio de acueducto domiciliario dentro del área urbana, siempre que lo requiera.

Se estima que el consumo de agua contaminada es responsable del 88% de los más de cuatro billones de casos de enfermedades diarreicas que se producen en el mundo cada año, y de 1,8 millones de muertes que resultan de ellas. Asimismo, es indirectamente responsable por el 50% de casos de desnutrición infantil que está vinculada a enfermedades diarreicas y de las 860.000 muertes que resultan de ellos cada año (OMS, 2003).

Las más afectadas son las poblaciones de los países en desarrollo que viven en condiciones de pobreza extrema, tanto en áreas periurbanas como rurales. Los principales problemas que causan esta situación incluyen la falta de prioridad que se le da al sector, la escasez de recursos económicos, la carencia de sostenibilidad de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, los malos hábitos de higiene y el saneamiento inadecuado de



entidades públicas como hospitales, centros de salud y escuelas (OMS, 2003 & Álvarez et al., 2013).

### 1.8 Proceso de potabilización del agua

El tratamiento del agua para convertirla en potable es un proceso estricto y variado y depende del agua cruda y la fuente de donde proceda. Una planta completa consta generalmente de los siguientes compartimentos o módulos para realizar dicho proceso:

- ✓ **Reja o rejilla:** Necesaria tanto para la retención del material grueso como el material de arrastre del fondo.
- ✓ **Desarenador:** Necesario para la retención del material de tamaño fino en suspensión.
- ✓ **Floculador:** Es el sitio en donde previa la adición de los químicos, se facilita la precipitación del material en suspensión, además en este lugar se agrega un polímero catiónico de alto peso molecular que favorece la floculación para facilitar su decantación en la siguiente etapa.  
En nuestra ciudad la empresa ETAPA utiliza floculadores de tipo hidráulico de flujo horizontal compuestos por 3 a 5 unidades.
- ✓ **Decantadores o sedimentadores:** Son las estaciones en donde se produce la decantación del material floculado.
- ✓ **Filtro:** Es la estación en donde se termina de retirar el material floculado que no alcanzó a sedimentarse en la etapa anterior.

- ✓ **Dispositivo de desinfección:** En esta última estación el agua tratada es llevada al sitio de almacenamiento, durante este trayecto se administra Cloro gas en concentración de 1mg/L para asegurar la desinfección y la calidad de agua potable que llegara más tarde a la red domiciliaria (ETAPA-EP, 2014).



**Imagen 2: Planta potabilizadora del proyecto Yanuncay.**

**Fuente:** (ETAPA-EP, 2014) <http://www.etapa.net.ec/>.

### 1.8.1 Descripción del proceso de potabilización.

#### a) Captación

La captación es el proceso mediante el cual se recolecta el agua cruda mediante diferentes fuentes, principalmente de los ríos Tomebamba (Mazán) y Yanuncay (Sústag), para luego ser trasladada a las diferentes plantas de tratamiento para dar inicio al proceso de potabilización, mediante el empleo de tuberías conectadas que conducen el agua por efecto de gravedad.

La captación se hace a través de las bocatomas que suelen utilizar galerías filtrantes ubicadas paralelamente al curso del agua, dando como resultado un pre filtrado antes de llegar a las etapas de tratamiento (ETAPA-EP, 2014).



*Imagen 3: Captación del agua desde el Cajas.*

*Fuente:* (ETAPA-EP, 2014) <http://www.etapa.net.ec/>.

## **b) Pre tratamiento.**

### **Cribado.**

Es el proceso mediante el cual se pretende evitar el paso de elementos sólidos de gran tamaño (animales, plantas, rocas, etc.) que se encuentren en el agua al momento de su captación a través de una rejilla circular con un diámetro aproximado a 700mm, la misma que debe mantenerse desobstruida para dicho efecto, para esto el personal operador de la planta se encarga del mantenimiento de estas rejillas, o mediante compuertas mecánicas que cierran la entrada, reteniendo el paso de agua a través de la tubería con la



consiguiente elevación del nivel que al mismo tiempo realiza su desobstrucción (ETAPA-EP, 2014).

### **Desarenado.**

Proceso por el cual se retiene el material muy fino como las partículas que se encuentran en suspensión con un tamaño cercano o mayor a 0,18mm. Está compuesto por una rejilla que tiene un diámetro de 600mm por la cual pasa el agua a una piscina en donde el material por efecto de la gravedad es retenido en el fondo para luego continuar el proceso. El desarenador es limpiado constantemente y el material del fondo es devuelto al río (ETAPA-EP, 2014).

### **Medición del caudal.**

El caudal con el que ingresa el agua a cada planta va a depender de las cantidades de agua potable que se necesiten producir para mantener un abasto desde cada reservorio sin el peligro de escasez, es por eso que, en cada planta el caudal es medido con caudalímetros automáticos, los cuales son regulados mediante compuertas que permiten el ingreso de agua cruda necesaria (ETAPA-EP, 2014).

## **c) Tratamiento.**

### **Coagulación.**

La coagulación empieza con la mezcla rápida, en donde se adicionan los químicos para producir el proceso de formación del “floc”, el mismo que consiste en la consolidación de sustancias en suspensión presentes en el agua





para permitir la eliminación de estas en el proceso de sedimentación. Para lo que se requieren los siguientes insumos:

- Lechada de Cal al 1%
- Sulfato de Aluminio al 20%
- Solución de Polielectrolito al 0,3% (ETAPA-EP, 2014).

Este paso se lleva a cabo después del ingreso del agua cruda a la planta; en un espacio rectangular que permite bajar el nivel de energía con la que llega el líquido y se produce la mezcla rápida (ETAPA-EP, 2014).

### **Floculación.**

En esta etapa el agua que llega a los floculadores disminuye su velocidad y principalmente permite que se mezclen bien los químicos, luego de varios minutos de recorrido, es adicionado el polielectrolito, el cual forma “flocs” más pesados para facilitar la sedimentación.

A continuación, el agua es conducida mediante una compuerta a cuatro piscinas de floculación con capacidad de aproximadamente 125 m<sup>3</sup> de agua, divididas por un tabique central, en el cual los flóculos formados en el proceso anterior se entrelazan, formando partículas de mayor tamaño y mayor peso, más estables para facilitar la sedimentación. Existen dos tipos de floculadores, hidráulicos y mecánicos.

**Floculadores mecánicos:** Se encuentran al inicio del proceso, son de tipo turbina con eje vertical y requieren de un motor, el mismo que es calibrado para alcanzar la velocidad necesaria.

**Floculadores hidráulicos:** Luego de que el agua atraviesa la zona del floculador mecánico, debe ingresar por dos ventanas a los floculadores hidráulicos que son de tipo vertical, en donde los flóculos formados en los procesos anteriores adquieren su estabilidad (ETAPA-EP, 2014).



*Imagen 4 a. Floculadores Mecánicos.*



*Imagen 4.b. Floculadores Hidráulico.*

*Fuente:* (ETAPA-EP, 2014) <http://www.etapa.net.ec/>.

### **Sedimentación.**

En este paso el agua “Floculada” pasa a la piscina de sedimentación para que las partículas estables “Flocs” se decanten o separen por acción de la gravedad.

El proceso de sedimentación se da por lo general en piscinas sedimentadoras de flujo ascendente las cuales pueden tener de 100 a 300 placas cada uno dependiendo del tamaño de cada piscina, estas placas planas se encuentran separadas entre sí cada 60mm con una inclinación de 60°, es importante destacar que en esta fase del proceso el agua tiene una velocidad de 0m/s, es decir, que a partir del ingreso a los sedimentadores el líquido debe permanecer en “reposo” para que se dé la decantación, además al finalizar este ciclo se han eliminado el 90% de impurezas (ETAPA-EP, 2014).



**Imagen 5. Sedimentador. (Planta Sustag)**

**Fuente:** (ETAPA-EP, 2014) <http://www.etapa.net.ec/>.

### **Filtración:**

Al final de este proceso se elimina el 10% restante de impurezas que no se pudieron eliminar en el transcurso, los filtros son unidades con una capacidad de agua variable dependiendo la cantidad que se sedimente. En las plantas de ETAPA-EP se utilizan filtros con lechos de arena sílicea de aproximadamente 1 metro de espesor, estos filtros se limpian con frecuencia de hasta dos veces por día, realizado mediante la inyección de aire en los filtros (ETAPA-EP, 2014).



**Imagen 6: Filtros (Planta de Sustag).**

**Fuente:** (ETAPA-EP, 2014) <http://www.etapa.net.ec/>.

### **Cloración.**

Aquí se realiza la incorporación de Cloro gas o de una solución de Cloro previamente preparada en la caseta de cloración, esto se realiza en la intersección de la entrada del agua filtrada y la cámara de contacto con el Cloro. La cámara de contacto del cloro sirve para que el agua se mezcle de manera simétrica mediante canales en forma de laberinto, de esta manera recorre los canales rectos a una velocidad determinada y los canales curvos del mismo laberinto a una velocidad menor, permitiendo una homogenización adecuada para la total desinfección del agua.

El cloro gas es otro método de desinfección en el cual se administra el gas mediante burbujeo durante el paso del agua filtrada al reservorio en la caseta de cloración, en ambos casos la concentración total de cloro en agua debe ser de hasta 1,5mg/L (ETAPA-EP, 2014).

## **Almacenamiento.**

Se realiza el almacenamiento con la finalidad de satisfacer la demanda de agua tratada requerida por la ciudad en diferente horario, además de suplir la necesidad de diferentes presiones en la ciudad a donde la red domiciliaria no alcanza.

Existen dos tipos de tanques: tanques de apoyo en el suelo o de suelo y tanques elevados.



***Imagen 7 a. Tanque de reserva de Agua Potable de Parccoloma.***

***Fuente:*** (ETAPA-EP, 2014) <http://www.etapa.net.ec/>.

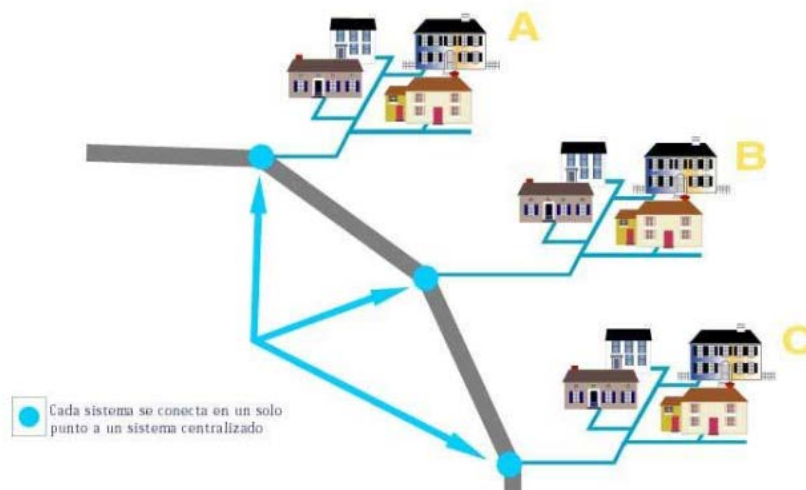


***Imagen 7 .b. Tanque de reserva de Agua potable de la planta de Sustag.***

***Fuente:*** (ETAPA-EP, 2014) <http://www.etapa.net.ec/>.

### Red de distribución.

La red de distribución es el sistema para conducir el agua tratada al usuario, esta empieza en el reservorio y termina en la primera vivienda del usuario de cada sistema. En el esquema N° 2 se muestra la red de distribución (ETAPA-EP, 2014).



**Esquema 2: Red de distribución.**

**Fuente:** (ETAPA-EP, 2014) <http://www.etapa.net.ec/>.

### Redes de distribución para el cantón Cuenca.

El sistema de distribución de la ciudad está conformado por 22 zonas de presión, cada una con un centro de reserva con la posibilidad de interconexión en casos de emergencia. El sistema es efectuado completamente a gravedad, salvo los sectores altos de la ciudad. Dependiendo del caudal que produce cada una de las plantas, éstas abastecen a un número definido de sectores,



agrupándose en 4 zonas urbanas (El Cebollar, Sústag, Tixán, San Pedro)  
(ETAPA-EP, 2014).



## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLE

#### 2.2 Muestreo.

La población de la Universidad de Cuenca entre estudiantes, docentes y personal administrativo es de 14500 personas; por lo tanto, según la NTE INEN 1108:2014 el número de unidades de muestra a tomarse de acuerdo a la población es de 36 muestras, 12 muestras por cada 5000 personas.

Para el análisis se tomaron 38 muestras por duplicado, es decir, 76 muestras distribuidas de la siguiente manera.

- Campus Central: 14 muestras.
- Campus Paraíso: 8 muestras.
- Campus Yanuncay: 6 muestras.
- Campus Balzay: 3 muestras.
- Campus Hospitalidad: 3 muestras.
- Granja Irquis: 2 muestras.
- Granja Romeral: 2 muestras.

#### 2.3 Criterios de recolección

De acuerdo con las recomendaciones, para la toma de muestras se utilizaron únicamente las fuentes empleadas para la distribución de agua potable y la línea de suministro más corta desde la red domiciliaria.

Para el análisis microbiológico, se dejó correr el agua por cinco minutos antes de la recolección.





### **2.3.1 Características del recolector**

#### **a) Tipo de envase.**

Para el análisis físico químico, se utilizaron fundas de plástico neutro con cierre hermético. Para el análisis microbiológico se emplearon fundas plásticas con tiosulfato de sodio y cierre hermético.

#### **b) Transporte y conservación.**

En los dos casos se transportaron el cooler con un tiempo aproximado de 60 minutos hasta los análisis a una temperatura de 10°C.

#### **c) Requerimientos básicos de información.**

Conforme con las recomendaciones se procedió a documentar con la información básica para la toma de muestras:

- Nombre de la entidad que toma la muestra, objeto de muestreo, fecha y hora.
- Establecimiento donde se toma la muestra, dirección y teléfono.
- Análisis realizados in situ (cloro residual, pH y temperatura).
- Cantidad de muestra en ml (para FQ y MB)
- Punto donde se toma la muestra (grifo, tanque, fuente, etc.)
- Tipo de muestra: agua tratada “Agua potable”.
- Observaciones.
- Nombre del personal encargado de la toma de muestra.

#### **d) Materiales y equipos empleados.**

- Colorímetro DR890 – HACH



- Conductímetro. SENSION EC5 – HACH
- Turbidímetro 2100P – HACH
- Material de vidrio: Celdas de vidrio para cada equipo, Erlenmeyer y Probetas.
- Agitador Magnético.
- Sistema de embudos de acero inoxidable con compresor para el proceso de filtración por membrana

## 2.4 Análisis microbiológico

### 2.4.1 Técnica de membrana filtrante de SARTORIUS para la determinación de *coliformes totales y fecales*

Los *coliformes totales y fecales* pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, en un periodo de 48 horas y con una temperatura comprendida entre 30 y 37°C.

Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo *coliformes*, forman parte varios géneros entre los más importantes: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, etc.

Dentro del grupo de los *coliformes totales* existe un subgrupo que es el de los *Coliformes fecales*. Los *coliformes fecales* fermentan la lactosa con producción



de ácido y gas en 24-48 horas a temperaturas comprendidas entre 44 y 45°C en presencia de sales biliares. Comprenden principalmente *Escherichia coli* y algunas cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella*. (Camacho, 2015)

### **a) Fundamento**

El método se basa en hacer pasar la muestra de agua a través de un filtro de una membrana micro porosa, en cuya superficie quedan retenidos los microorganismos presentes en la muestra. Por lo general se usan filtros/membrana tipo AC, SC, las mismas que poseen un diámetro de poro de 0,45  $\mu\text{m}$  (micras), ya que la mayoría de los microorganismos tienen un diámetro mayor a este valor y, en caso de existir microorganismos de menor tamaño, estos atraviesan el poro o quedan retenidos en el interior de la membrana.

Es necesaria la incubación de la membrana sobre un medio de cultivo adecuado, a la temperatura y tiempo precisos, para posteriormente evidenciar directamente las colonias formadas sobre la superficie membrana. (APHA-AWWA-WPCF, 2000)

La técnica de filtración por membrana, posee un alto grado de reproducibilidad ya que permite analizar un gran número de muestras, en comparación con el método de tubos múltiples correspondientes al método del NMP (Número más probable); además brinda resultados definitivos con mayor rapidez y exactitud.

\*Siendo este procedimiento estandarizado, nos remitimos al procedimiento para cada técnica. (Anexo D).



## **2.4.2 Método de recuento de *Aerobios mesofilos* mediante placas Petri film 3M**

Las bacterias *aerobias mesofilas* constituyen un gran grupo de bacterias que determinan la calidad del agua y alimentos, se definen como un grupo heterogéneo de bacterias capaces de crecer y desarrollarse en presencia de oxígeno libre en un rango de temperatura entre 15 y 45°C, siendo entre 30 y 40 °C la temperatura ideal para su crecimiento (INEN1529-5:2006, 2015).

### **a) Fundamento.**

Este método se basa en la certeza de que un microorganismo vital presente en una muestra de alimento/agua, al ser inoculado en un medio nutritivo sólido se reproducirá formando una colonia individual visible (INEN1529-5:2006, 2015).

Para el recuento de microorganismos *aerobios mesofilos*, se pueden emplear diferentes técnicas y métodos, en este caso empleamos el método de recuento de aerobios mesofilos mediante placas Petri film 3M.

### **Placas Petri film para recuento de *aerobios mesofilos*.**

Son un medio de cultivo listo para ser empleado, que contiene nutrientes del Agar Standard Methods, un agente gelificante soluble en agua fría y un tinte indicador que permite la identificación de las colonias (TTC, Tetrafenil Tetrasolium Colorado). Las placas Petri film permiten el recuento total de poblaciones de *aerobios mesofilos* en muestras de productos alimenticios, superficies, agua, etc. (MICROBIOLOGÍA, 2015)



\*Siendo este procedimiento estandarizado, nos remitimos al procedimiento para cada técnica. (Anexo D).

## **2.5 Análisis físico**

### **2.5.1 Método Nefelométrico para el análisis de Turbiedad**

#### **a) Fundamento.**

El método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por una muestra bajo condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión patrón de referencia, bajo las mismas condiciones. La relación entre la intensidad de la luz dispersada y la turbiedad es directa.

El polímero formazina se utiliza como suspensión patrón de referencia para el agua. Es fácil de preparar y sus propiedades de dispersión de la luz son más reproducibles que los patrones hechos con arcilla o aguas turbias naturales. (INEN 971, 1983)

#### **b) PROCEDIMIENTO.**

- 1.- Recolectar muestra en la celda hasta la marca y homogenizar.
- 2.- Limpiar la celda con la franela para eliminar manchas y huella digitales.
- 3.- Encender el equipo turbidímetro.
- 4.- Colocar la celda en el espacio para la misma y tapar el equipo.
- 5.- Anotar el resultado.



### **2.5.2 Color.**

**Método: color verdadero y aparente (0 a 500 unidades de color Platino-Cobalto) para el agua, aguas residuales y agua de mar.**

#### **a) Fundamento.**

El color puede ser expresado como “color aparente” o “color verdadero”. El primero incluye el color de los materiales disueltos, además de materia en suspensión. El color real puede ser determinado por filtración o centrifugación de los materiales suspendidos.

\* Adaptado de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

\*\* El procedimiento es equivalente al método de la USEPA para las aguas residuales. (HACH, 2015) (Anexo D)

### **2.5.3 Olor y sabor**

#### **a) Fundamento**

Se basa en la descripción organoléptica percibida por el analista.

### **2.5.4 Temperatura**

#### **a) Fundamento**

Se basa en la determinación de la temperatura del agua potable, mediante un termómetro.



## 2.5.5 Conductividad eléctrica

### Método por conductímetro

#### a) Fundamento

Es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua.

#### b) Procedimiento

- 1.- Encender el equipo para determinación de conductividad.
- 2.- Colocar la muestra en un vaso de manera que el electrodo este cubierto por el nivel de agua.
- 3.- Presionar el botón de lectura.
- 4.- anotar el resultado.

## 2.6 Análisis químico.

### 2.6.1 Alcalinidad total

#### Método complexométrico: Fenolftaleína y Naranja de metilo

#### a) Fundamento:

La Alcalinidad se determina mediante la titulación de la muestra con una solución de concentración estándar (N/50 o 0,02N) de un ácido mineral fuerte (Ácido clorhídrico o Sulfúrico), y los indicadores Fenolftaleína, Anaranjado de



metilo o Verde de bromocresol o una mezcla de verde bromocresol y rojo de metilo (Goyenola, 2015)

La alcalinidad estará expresada como la alcalinidad de fenolftaleína o alcalinidad total, el cambio de color de cualquiera de los indicadores da el punto final a la reacción.

**Condiciones:**

- La fenolftaleína (P) determina la presencia de radicales OH y la mitad de los carbonatos presentes en la muestra
- El verde de bromocresol o naranja de metilo valora la presencia de bicarbonatos y carbonatos en la muestra.

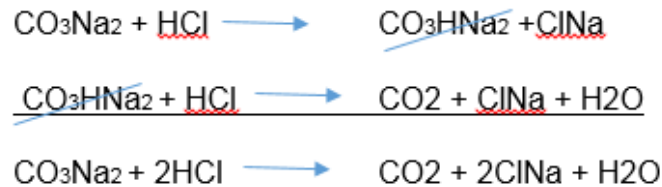
Por tanto, para que una molécula de  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  se descomponga son necesarias 2 moléculas del ácido fuerte para su total conversión a sal. Esto sirve para explicar cuando se determina la alcalinidad de una muestra y se realiza la valoración con fenolftaleína, esta última demuestra que la mitad de los carbonatos escapan a su acción por transformarse en bicarbonatos, los mismos que se valoran en conjunto con los bicarbonatos naturales presentes en la muestra mediante el empleo de naranja de metilo o verde de bromocresol.

El resultado obtenido de cada determinación de alcalinidad de fenolftaleína o alcalinidad total brinda un conjunto de formas de alcalinidad presentes en aguas superficiales (bicarbonato, carbonato e hidróxidos). Dado que los cálculos están basados en una relación estequiométrica, los resultados de





alcalinidad no representan concentraciones de iones, en especial cuando el pH es mayor a 8,5-10 (HACH, 2015).



\*Adaptado de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

\*\* El procedimiento es equivalente al método de la USEPA para las aguas residuales. (HACH, 2015) (Anexo D)

## 2.6.2 pH

### Método por electrometría: Potenciómetro

#### a) Fundamento

La determinación del pH para agua es una medida de la capacidad o tendencia que posee el agua para ser ácida o alcalina. Esta medida no determina el valor de la acidez o alcalinidad. La mayor parte de aguas naturales poseen un pH entre 4 y 9 aunque en su mayoría tienden a ser ligeramente alcalinas por la presencia de carbonatos y bicarbonatos, sin embargo, valores de pH muy ácidos o muy alcalinos demuestran contaminación por desechos industriales.

Este método determina el pH, midiendo el potencial generado en unidades “milivoltios” por un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad del ión  $\text{H}^+$  (potencial de hidrogeno). Este potencial es comparado contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH. El



electrodo de referencia que se usa comúnmente es el de “CALOMEL” saturado con cloruro de potasio, el mismo que sirve como puente salino que permite el paso de los milivoltios generados hacia el circuito de medición.

#### **b) Procedimiento**

1. Colocar la muestra en un vaso de precipitación de tal manera que el electrodo este cubierto por el nivel de agua.
2. Colocar el electrodo del equipo para medición de pH, (el mismo que debió estar encendido y estabilizado), dentro de la muestra.
3. Esperar que se estabilice la lectura aproximadamente 1 minuto.
4. Anotar resultado.

#### **2.6.3 Dureza total**

##### **Método complexométrico: NET, EDTA**

#### **a) Fundamento**

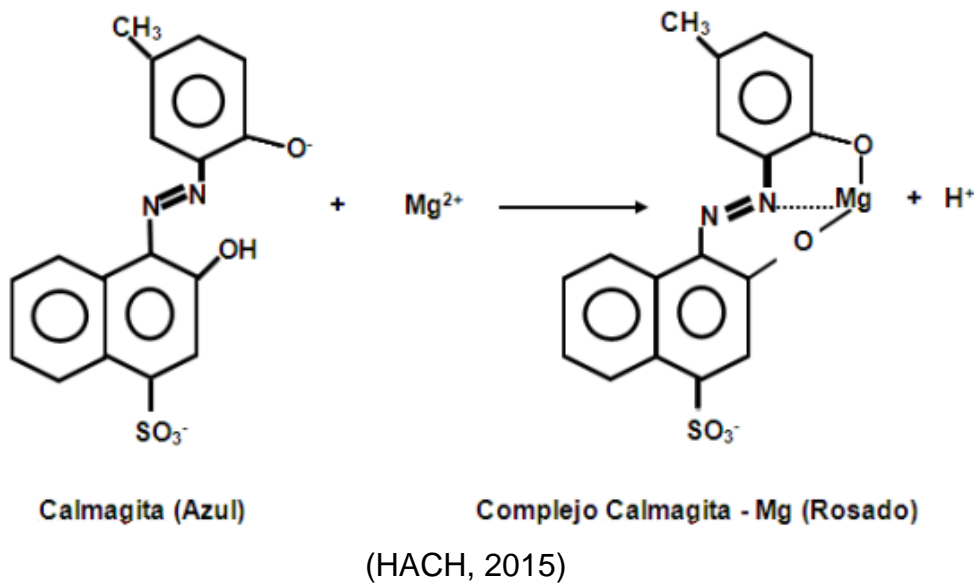
La determinación de la dureza total en agua potable se realiza rápidamente empleando el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) como agente titulante y como *indicador “Man Ver 2 Hardners”*. (HACH, 2015)

El EDTA y su sal de sodio forman un esqueleto complejo soluble cuando se adiciona a una solución de ciertos cationes metálicos.

Si una cierta cantidad de colorante, (*“Man Ver 2 Hardners”*), se adiciona a una solución acuosa que contiene iones calcio y magnesio a pH  $10 \pm 0,1$  la solución vira al rojo vino, si se agrega el EDTA como titulador se forman complejos de

calcio y magnesio. Cuando todo el calcio y magnesio hayan formado el complejo, la solución se tornará azul que es el punto final de la titulación (INEN 974, 1984).

### b) Reacción química.



\* Adaptado de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

\*\* El procedimiento es equivalente al método de la USEPA para las aguas residuales. (HACH, 2015) (Anexo D)

### 2.6.4 Oxígeno disuelto

#### Método colorimétrico: Carmín índigo ampollas ACCUVAC

Los kits para aplicaciones de agua potable y medioambiental (rango ppm) emplean el método del carmín índigo. La forma reducida del carmín índigo



reacciona con el oxígeno disuelto para formar un compuesto de color azul. Este método no está sujeto a interferencias por parte de la temperatura, salinidad o gases disueltos, incluyendo el sulfuro, que molesta a los usuarios que tienen medidores de oxígeno disuelto. Los resultados se expresan en ppm (mg/L) de  $O_2$  (HACH, 2015).

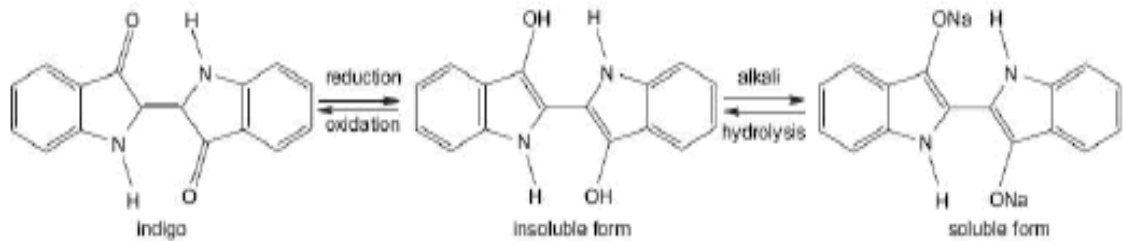
**Carmín índigo ampollas ACCUVAC**

**Fórmula química:**  $C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$  (HACH, 2015)

**Masa molecular:** 466.36 g/mol (HACH, 2015)

**A) Fundamento**

Se emplea un colorante ampliamente utilizado en la industria textilera, se trata de una reacción de oxidación, el carmín índigo en contacto con el agua adquiere una coloración amarillenta y se solubiliza a medida que el oxígeno disuelto (OD) del agua que actúa como agente oxidante sustrae del carmín índigo el hidrógeno o toman 2 electrones del anión y se convierte en un compuesto insoluble dando una coloración azul-morada proporcional a la concentración de OD en la muestra.

**b) Reacción química**

(HACH, 2015)

**Tabla 1: Lineamientos para la calidad del agua. FUENTE: OMS.**

Nivel de OD (ppm)	Calidad del Agua
0,0 - 4,0	<b>Mala</b> Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar.
4,1 - 7,9	<b>Aceptable</b>
8,0 - 12,0	<b>Buena</b>
12,0 +	<b>Repita la prueba</b> El agua puede airearse artificialmente.

Para este procedimiento se requieren las ampollas ACCUVAC que contiene el reactivo carmín índigo.

\* Adaptado de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

\*\* El procedimiento es equivalente al método de la USEPA para las aguas residuales. (HACH, 2015) (Anexo D)



### 2.6.5 Cloruros

#### **Método de Rossel: Argentométrico**

##### **a) Fundamento.**

Se basa en la valoración de iones cloruro con solución valorada de nitrato de plata. El indicador es el ión cromato, que pone en manifiesto el punto final por dar lugar a la formación de cromato de plata de color rojo ladrillo.

- El método es aplicable en medio neutro y hasta pH 10 a temperatura ambiente.

### 2.6.6 Nitritos

#### **Método de diazonización Nitri Ver 3 NITRITOS (0 a 350 mg/l) para el agua, aguas residuales y agua de mar**

Método de “Diazonización Nitri Ver 3” (almohadas de polvo) USEPA aceptado para la presentación de informes de aguas residuales y agua potable análisis del agua\*

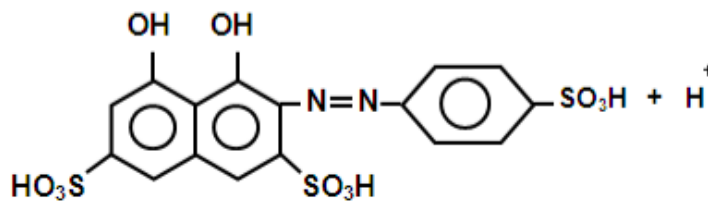
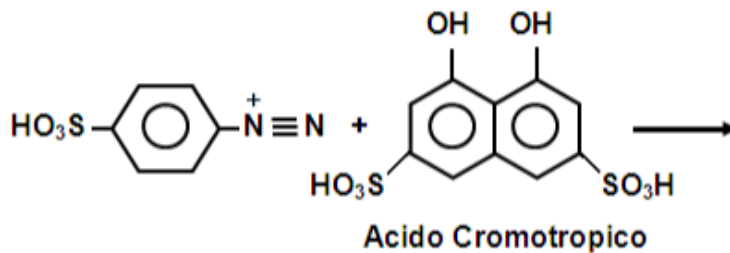
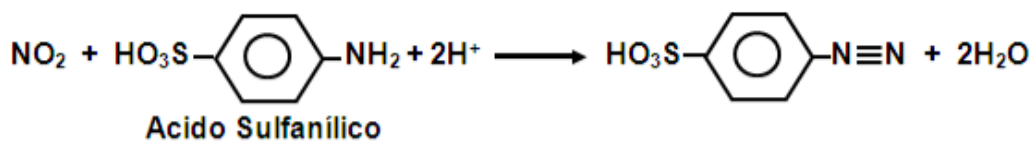
\* Adaptado de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

\*\* El procedimiento es equivalente al método de la USEPA para las aguas residuales. (HACH, 2015) (Anexo D).

##### **a) Fundamento**

Los nitritos que puedan estar contenidos en la muestra reaccionan con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio; ésta en unión con el ácido cromotrópico, va a producir un complejo de color rosa directamente proporcional a la cantidad de nitritos presentes en la muestra.

### b) REACCIÓN QUÍMICA.



(HACH, 2015)



### 2.6.7 Cloro libre

**Método DPD (almohadas de polvo) (0 a 2,00 mg/l) USEPA aceptado para la presentación de informes de aguas residuales y agua potable análisis del agua\***

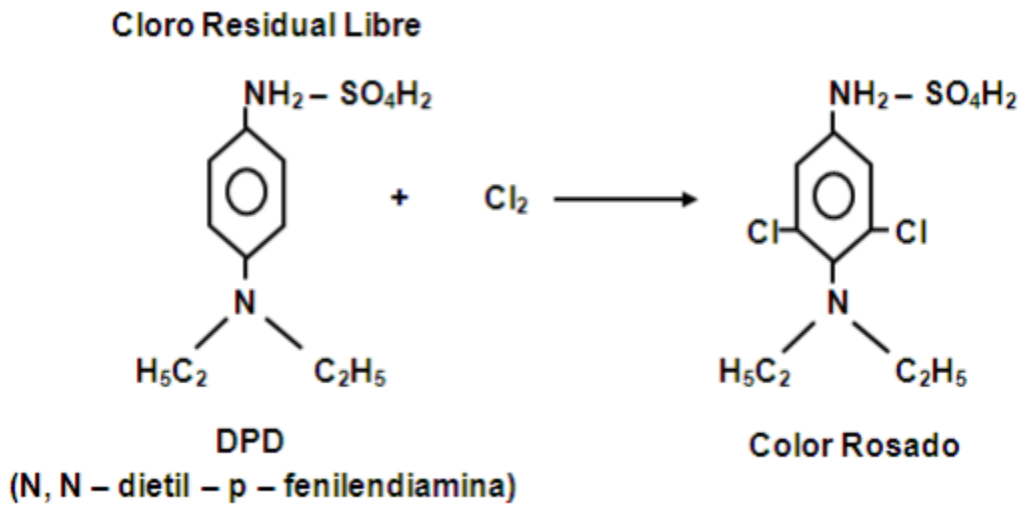
\*Adaptado de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

\*\* El procedimiento es equivalente al método de la USEPA para las aguas residuales y al método estándar 4500-CL G para agua potable (HACH, 2015) (Anexo D).

#### **a) Fundamento.**

El cloro libre en la muestra de agua se encuentra por lo general como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito, éste reacciona inmediatamente con el indicador DPD ó N, N-dietil-p-fenilendiamina, para formar un color rosa fucsia que es directamente proporcional a la concentración de cloro.



**b) Reacción química**

(HACH, 2015)

**2.6.8 Cobre**

**Método 8506 de bicinconinato\* (almohadas de polvo) (0 a 3,00 mg/l)**  
**USEPA aceptado para la presentación de informes de aguas residuales y**  
**agua potable análisis del agua\***

\* Adaptado de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (HACH, 2015) (Anexo D).

**a) Fundamento**

El cobre que se encuentre en la muestra reacciona con una sal del ácido de bicinconinato contenido en el “CuVer 1” o el “reactivo de cobre 2”, para formar un complejo de color púrpura proporcional a la concentración de cobre.

### 2.6.9 Hierro

**Método “Ferro Ver 3” (almohadas de polvo) (0 a 3 mg/l) USEPA aceptado para la presentación de informes de aguas residuales y agua potable análisis del agua\***

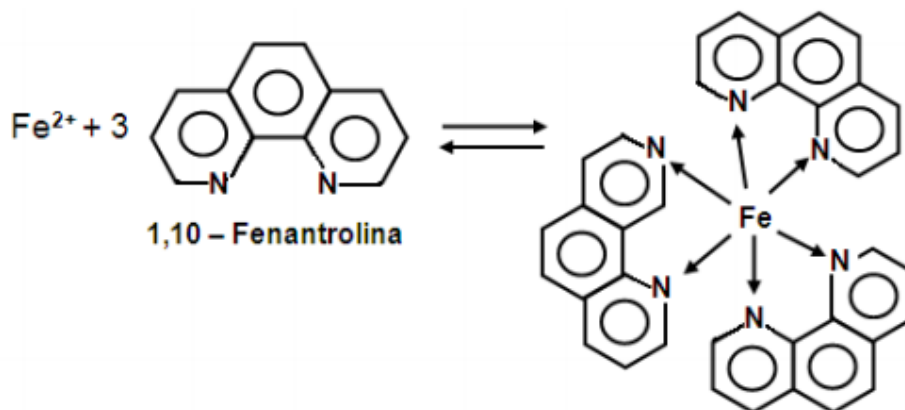
\* Adaptado de *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

\*\* El procedimiento es equivalente al método de la USEPA para las aguas residuales. (HACH, 2015) (ANEXO D).

#### a) Fundamento

El indicador “Ferro Ver 3”, reacciona con todo el hierro presente en la muestra ya sea este soluble, insoluble o ambos, para formar sales ferrosas insolubles. Estas reaccionan con el 1, 10-fenantrolina reactivo que posee el indicador “Ferro Ver 3”, para formar un color naranja en proporción a la concentración de hierro.

#### b) Reacción química



(HACH,  
2015)



## Tipo de estudio

### DESCRIPTIVO Y EXPERIMENTAL

Permite describir los resultados obtenidos en que la información es recolectada sin cambiar el entorno (es decir, no hay manipulación). El estudio descriptivo puede ofrecer información acerca del estado de calidad con la que llega el agua potable a todos los campus de la institución: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay y las granjas de Iruquis y Romeral, para sentar un precedente acerca de la calidad de agua potable usada para el consumo en esta institución y que sea del conocimiento de todas las partes interesadas. Además el estudio es experimental, puesto que está sometido a un muestreo aleatorio, comparación con un grupo control, en este caso a la norma INEN 1108/ 2014, observación y medida de las variables dependientes según los criterios elegidos en el diseño del estudio, y por último, puesta en marcha del estudio. (A., 2006)



### CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE DATOS.

#### 3.1 Cuadro de resultados

TABLA 2. Análisis de datos	Parámetros analizados																	
	Temperatura (°C)	Turbiedad (NTU)	Color (UTC)	Conductividad (µS/cm)	Olor	Sabor	pH	Alcalinidad Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Oxígeno Disuelto (mg/L de O <sub>2</sub> )	Nitritos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Coliformes Totales (UFC/100 mL)	Coliformes Fecales (UFC/100 mL)	Aerobios Mesófilos (UFC/mL)
<b>C. Balzay</b>	17,9 2	0,61	12,6 7	95,48	No objetable	No objetable	7,07	20,8 3	37,00	11,4 7	0,00	2,83	0,63	0,02	0,0 5	0,00	0,0 0	41,6 0
<b>C. Central</b>	18,0 6	0,73	12,1 4	100,4 4	No objetable	No objetable	7,05	25,2 5	31,75	11,0 2	0,00	3,21	0,72	0,02	0,0 3	14,5	0,0 0	MNP C
<b>C. Hospitalidad</b>	18,1 0	21,1 6	23,2 5	89,15	No objetable	No objetable	7,05	19,7 5	32,00	11,8 8	0,01	3,38	0,70	0,00	0,0 4	0,00	0,0 0	MNP C



<b>C. Paraíso</b>	17,9 9	0,73	14,3 1	110,5 0	No objetable	No objetable	6,95	30,4 4	27,25	10,4 8	0,00	3,09	0,67	0,01	0,0 6	0,00	0,0 0	17,8 1
<b>C. Yanuncay</b>	18,0 3	0,76	3,92	95,13	No objetable	No objetable	7,09	23,5 0	33,33	10,3 8	0,00	3,33	0,67	0,01	0,0 2	>100	0,0 0	59,2 5
<b>G. Irquis</b>	16,8 0	1,57	19 ,25	63,63	No objetable	No objetable	7,17	30,2 5	25,00	10,5 5	0,00	2,63	0,57	0,02	0,0 3	MNP C	1,2 5	52,5 0
<b>G. Romeral</b>	16,8 0	0,94	24,7 5	91,05	No objetable	No objetable	7,10	44,7 5	42,25	8,43	0,00	2,38	0,57	0,00	0,0 0	0,00	0,0 0	2,25
<b>Antigua escuela de Medicina(HOSPITALIDAD)</b>	18,2 0	1,00	48,5 0	87,50	No objetable	No objetable	7,00	17,5 0	30,50	11,3 5	0,00	3,50	0,64	0,01	0,0 2	0,00	0,0 0	22,0 0
<b>REFERENCIA</b>																		
(NTEINEN1108, 2014)		5,00	15,0 0		No objetable	No objetable					0 – 3,0		0,3 – 1,5	0 – 2,00			<1	
<b>(UNE EN ISO 6222, 1999)</b>																		100
(INEN1108/2005, 2015)							6,5– 8,5					50 – 250						
<b>(OMS; 2003)</b>								370	100 – 300	8 – 12								
(NMX-AA-093-SCFI, 2000)				1-200														
(INEN1108/2006, 2015)															0,2			
(INENE1108/2010, 2015)																<1		

**NOTA:** Los campos resaltados representan aquellos resultados que no cumplen con los datos de referencia.



### 3.2 CUADRO DE RESULTADOS FÍSICOS DE MUESTRAS “1”

Tabla 3: Análisis físico de muestras 1 (10/03/2015)

Tabla de datos

Análisis físico de muestras 1 (10/03/2015)

Parámetro			TEMPERATURA (°C)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UTC)	OLOR	SABOR	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)
Nº	MUESTRA	LUGAR						
1	C. Paraíso	Anfiteatro	18,3	1,0	13	No objetable	No objetable	106,3
2	C. Paraíso	Medicina. Secretaría	18,0	0,51	10	No objetable	No objetable	111,3
3	C. Paraíso	Medicina. Baño damas	18,2	0,69	11	No objetable	No objetable	110,5
4	C. Paraíso	Odontología. Secretaría	17,9	0,52	2	No objetable	No objetable	111,9
5	C. Paraíso	Odontología. Bar	18,0	0,50	10	No objetable	No objetable	112,5
6	C. Paraíso	Enfermería. Secretaría	17,8	1,35	18	No objetable	No objetable	109,9
7	C. Paraíso	Laboratorio Clínico. Secretaría	17,8	0,70	19	No objetable	No objetable	110,5
8	C. Paraíso	Enfermería/Lab. Clínico. Baño damas	17,5	0,59	32	No objetable	No objetable	110,6
9	C. Central	Arquitectura. Baño damas	17,6	0,52	18	No objetable	No objetable	110,2



---

<b>10</b>	<b>C. Central</b>	<b>Ingeniería Civil. Baño caballeros</b>	18,0	0,45	8	No objetable	No objetable	108,6
<b>11</b>	<b>C. Central</b>	<b>Ciencias Químicas. Baño secretaría</b>	18,2	0,63	0	No objetable	No objetable	105,8
<b>12</b>	<b>C. Central</b>	<b>Ciencias Químicas. Laboratorio análisis cuantitativo</b>	18,0	0,64	13	No objetable	No objetable	107,8
<b>13</b>	<b>C. Central</b>	<b>Ciencias Químicas. Baño damas</b>	17,9	0,40	4	No objetable	No objetable	109,5



---

<b>14</b>	<b>C. Central</b>	<b>Comisariato</b>	18,1	1,88	<b>16</b>	No objetable	No objetable	109,9
<b>15</b>	<b>C. Central</b>	<b>Rectorado</b>	18,2	0,48	<b>18</b>	No objetable	No objetable	110,9
<b>16</b>	<b>C. Central</b>	<b>Biblioteca. Dirección</b>	18,3	0,58	<b>20</b>	No objetable	No objetable	110,6





**Tabla 4: Análisis físico de muestras 1 (11/03/2015)**

**Tabla de datos**

**Análisis físico de muestras 1 (11/03/2015)**

Parámetro			TEMPERATURA (°C)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UTC)	OLOR	SABOR	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)
N°	MUESTRA	LUGAR						
17	C. Balzay	Lab. Cesemin	18,0	0,78	12	No objetable	No objetable	90,8
18	C. Balzay	Lab. Nutrición 1	17,6	0,50	17	No objetable	No objetable	100,9
19	C. Balzay	Lab. Nutrición 2	18,1	0,53	9	No objetable	No objetable	94,1
20	C. Yanuncay	Agronomía. Baño damas PB	18,1	0,53	0	No objetable	No objetable	94,4
21	C. Yanuncay	Agronomía Bar 1	18,0	0,64	8	No objetable	No objetable	93,5
22	C. Yanuncay	Artes. Bar 2	17,9	1,58	2	No objetable	No objetable	92,6
23	C. Yanuncay	Agronomía. Baño caballeros PB	18,2	0,61	3	No objetable	No objetable	100,1
24	C. Yanuncay	Artes. Baño damas segundo piso	17,9	0,57	3	No objetable	No objetable	93,4
25	C. Yanuncay	Artes. Baño caballeros segundo piso	18,1	0,63	8	No objetable	No objetable	96,4



Tabla 5: Análisis físico de muestras 1 (12/03/2015)

Tabla de datos

Análisis físico de muestras 1 (12/03/2015)

Parámetro			TEMPERATURA (°C)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UTC)	OLOR	SABOR	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)
Nº	MUESTRA	LUGAR						
26	C. central	Filosofía. Baño caballeros	18,2	0,59	7	No objetable	No objetable	92,5
27	C. central	Jurisprudencia. Bar	18,0	0,91	18	No objetable	No objetable	89,3
28	C. central	Idiomas. Secretaría	17,9	0,88	19	No objetable	No objetable	88,6
29	C. central	CREDU. Bar	18,0	0,79	10	No objetable	No objetable	87,6
30	C. central	Economía. Baño damas	18,1	0,98	13	No objetable	No objetable	87,4
31	C. central	Tecnológico Ciencias Químicas. Bar	17,7	0,65	5	No objetable	No objetable	87,5
32	C. hospitalidad	Hospitalidad Secretaría General	18,1	0,88	15	No objetable	No objetable	88,6
33	C. hospitalidad	Hospitalidad. Bar	18,1	0,86	32	No objetable	No objetable	89,4
34	Museo de la medicina	Baño general	18,2	1,01	48	No objetable	No objetable	87,7



Tabla 6: Análisis físico de muestras 1 (13/03/2015)

Tabla de datos

Análisis físico de muestras 1 (13/03/2015)

Parámetro			TEMPERATURA (°C)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UTC)	OLOR	SABOR	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)
N°	MUESTRA	LUGAR						
35	H. Romeral	Fábrica de Balanceado	17,0	1,41	13	No objetable	No objetable	93,8
36	H. Romeral	Baño	16,5	0,50	38	No objetable	No objetable	88,7
37	H. Irquis	Ordeñador.	17,1	1,52	19	No objetable	No objetable	41,5
38	H. Irquis	Bar	16,5	1,55	22	No objetable	No objetable	85,4



### 3.3 CUADRO DE RESULTADOS FÍSICOS DE MUESTRAS “2”

Tabla 7: Análisis físico de muestras 2 (10/03/2015)

Tabla de datos

Análisis físico de muestras 2 (10/03/2015)

N°	MUESTRA	LUGAR	TEMPERATURA (°C)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UTC)	OLOR	SABOR	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)
1´	C. Paraíso	Anfiteatro	18,2	1,03	12	No objetable	No objetable	106,5
2´	C. Paraíso	Medicina. Secretaría	17,9	0,51	10	No objetable	No objetable	111,7
3´	C. Paraíso	Medicina. Baño damas	18,3	0,72	13	No objetable	No objetable	110,9
4´	C. Paraíso	Odontología. Secretaría	18,2	0,50	5	No objetable	No objetable	111,9
5´	C. Paraíso	Odontología. Bar	18,1	0,49	12	No objetable	No objetable	112,1
6´	C. Paraíso	Enfermería. Secretaría	17,9	1,29	17	No objetable	No objetable	110,2
7´	C. Paraíso	Laboratorio Clínico. Secretaría	18,0	0,71	18	No objetable	No objetable	110,3
8´	C. Paraíso	Enfermería/Lab. Clínico. Baño damas	17,7	0,63	27	No objetable	No objetable	110,9



9´	C. Central	Arquitectura. Baño damas	17,9	0,53	18	No objetable	No objetable	109,8
10´	C. Central	Ingeniería Civil. Baño caballeros	18,2	0,41	11	No objetable	No objetable	109,0
11´	C. Central	Ciencias Químicas. Baño secretaría	18,3	0,67	2	No objetable	No objetable	106,2
12´	C. Central	Ciencias Químicas. Laboratorio análisis cuantitativo	18,1	0,65	15	No objetable	No objetable	107,7
13´	C. Central	Ciencias Químicas. Baño damas	18,1	0,35	7	No objetable	No objetable	109,3
14´	C. Central	Comisariato	18,3	1,98	14	No objetable	No objetable	110,4
15´	C. Central	Rectorado	18,2	0,50	15	No objetable	No objetable	111,3
16´	C. Central	Biblioteca. Dirección	18,2	0,60	18	No objetable	No objetable	110,7



**Tabla 8: Análisis físico de muestras 2 (11/03/2015)**

**Tabla de datos**

**Análisis físico de muestras 2 (11/03/2015)**

Parámetro			TEMPERATURA (°C)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UTC)	OLOR	SABOR	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)
N°	MUESTRA	LUGAR						
17´	C. Balzay	Lab. Cesemin	17,7	0,80	12	No objetable	No objetable	91,1
18´	C. Balzay	Lab. Nutrición 1	17,8	0,51	17	No objetable	No objetable	101,4
19´	C. Balzay	Lab. Nutrición 2	18,3	0,52	9	No objetable	No objetable	94,6
20´	C. Yanuncay	Agronomía. Baño damas PB	18,2	0,51	1	No objetable	No objetable	94,1
21´	C. Yanuncay	Agronomía Bar 1	18,1	0,63	8	No objetable	No objetable	93,9
22´	C. Yanuncay	Artes. Bar 2	17,9	1,58	2	No objetable	No objetable	92,2
23´	C. Yanuncay	Agronomía. Baño caballeros PB	18,0	0,67	3	No objetable	No objetable	100,8
24´	C. Yanuncay	Artes. Baño damas segundo piso	17,8	0,55	2	No objetable	No objetable	94,0
25´	C. Yanuncay	Artes. Baño caballeros segundo piso	18,2	0,60	7	No objetable	No objetable	96,2



Tabla 9: Análisis físico de muestras 2 (12/03/2015)

Tabla de datos

Análisis físico de muestras 2 (12/03/2015)

Parámetro			TEMPERATURA (°C)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UTC)	OLOR	SABOR	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)
N°	MUESTRA	LUGAR						
26´	C. central	Filosofía. Baño caballeros	18,0	0,50	8	No objetable	No objetable	92,3
27´	C. central	Jurisprudencia. Bar	18,0	0,87	18	No objetable	No objetable	89,1
28´	C. central	Idiomas. Secretaría	18,0	0,82	20	No objetable	No objetable	88,6
29´	C. central	CREDU. Bar	18,1	0,76	9	No objetable	No objetable	87,7
30´	C. central	Economía. Baño damas	18,2	0,89	13	No objetable	No objetable	87,2
31´	C. central	Tecnológico Ciencias Químicas. Bar	17,9	0,61	3	No objetable	No objetable	86,9
32´	C. hospitalidad	Hospitalidad Secretaría General	18,2	0,89	12	No objetable	No objetable	88,8
33´	C. hospitalidad	Hospitalidad. Bar	18,0	0,82	34	No objetable	No objetable	89,8
34´	Museo de la medicina	Baño general	18,2	0,98	49	No objetable	No objetable	87,3



Tabla 10: Análisis físico de muestras 2 (13/03/2015)

Tabla de datos

Análisis físico de muestras 2 (13/03/2015)

Parámetro			TEMPERATURA (°C)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (UTC)	OLOR	SABOR	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)
N°	MUESTRA	LUGAR						
35´	H. Romeral	Fábrica de Balanceado	17,1	1,38	12	No objetable	No objetable	93,2
36´	H. Romeral	Baño	16,6	0,46	36	No objetable	No objetable	88,5
37´	H. Irquis	Ordeñador.	17,3	1,60	15	No objetable	No objetable	42,0
38´	H. Irquis	Bar	16,3	1,59	21	No objetable	No objetable	85,6





### 3.4 CUADRO DE RESULTADOS QUÍMICOS DE MUESTRAS “1”

Tabla 11: Análisis químico de muestras 1 (10/03/2015)

Tabla de datos

Análisis químico de muestras 1 (10/03/2015)

Parámetro			pH	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	DUREZA TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	OXIGENO DISUELTTO (mg/L de O <sub>2</sub> )	NITRITOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	CLORO LIBRE (mg/L)	COBRE (mg/L)	HIERRO (mg/L)
N°	MUESTRA	LUGAR									
1	C. Paraíso	Anfiteatro	6,91	28	28	8,1	0,002	3,5	0,61	0,00	0,17
2	C. Paraíso	Medicina. Secretaría	6,92	31	25	11,4	0,001	1,5	0,72	0,02	0,01
3	C. Paraíso	Medicina. Baño damas	6,95	30	27	10,1	0,002	3,5	0,59	0,00	0,03
4	C. Paraíso	Odontología. Secretaría	6,92	29	26	7,7	0,009	3,5	0,63	0,02	0,08
5	C. Paraíso	Odontología. Bar	6,96	31	29	16,5	0,003	3,0	0,74	0,01	0,04
6	C. Paraíso	Enfermería. Secretaría	7,01	31	28	9,9	0,002	2,5	0,65	0,03	0,07
7	C. Paraíso	Laboratorio Clínico. Secretaría	6,98	28	28	10,4	0,002	3,0	0,67	0,02	0,05
8	C. Paraíso	Enfermería/Lab. Clínico. Baño damas	6,97	33	26	9,5	0,002	3,5	0,64	0,02	0,06



9	C. Central	Arquitectura. Baño damas	7,03	28	32	9,9	0,005	4,0	0,68	0,03	0,03
10	C. Central	Ingeniería Civil. Baño caballeros	7,03	29	30	11,6	0,006	3,5	0,70	0,04	0,02
11	C. Central	Ciencias Químicas. Baño secretaría	7,01	28	33	11,3	0,002	3,5	0,67	0,03	0,02
12	C. Central	Ciencias Químicas. Laboratorio análisis cuantitativo	6,95	31	29	12,8	0,005	3,0	0,66	0,03	0,10
13	C. Central	Ciencias Químicas. Baño damas	6,95	30	31	12,5	0,002	3,5	0,68	0,04	0,02
14	C. Central	Comisariato	7,06	32	28	8,9	0,003	3,5	0,63	0,00	0,01
15	C. Central	Rectorado	6,96	30	28	9,3	0,005	3,0	0,71	0,01	0,04
16	C. Central	Biblioteca. Dirección	6,97	31	32	10,0	0,004	3,0	0,66	0,03	0,03



Tabla 12 Análisis químico de muestras 1 (11/03/2015)

Tabla de datos

Análisis químico de muestras 1 (11/03/2015)

N°	MUESTRA	LUGAR	pH	Parámetro								
				ALCALINIDAD TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	DUREZA TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	OXIGENO DISUELTO (mg/L de O <sub>2</sub> )	NITRITOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	COLORO LIBRE (mg/L)	COBRE (mg/L)	HIERRO (mg/L)	
17	C. Balzay	Lab. Cesemin	7,12	21	35	11,0	0,005	2,5	0,69	0,02	0,01	
18	C. Balzay	Lab. Nutrición 1	7,04	21	40	12,3	0,004	3,5	0,59	0,02	0,09	
19	C. Balzay	Lab. Nutrición 2	7,06	20	37	11,2	0,002	3,0	0,61	0,03	0,04	
20	C. Yanuncay	Agronomía. Baño damas PB	7,09	24	34	9,5	0,004	3,0	0,67	0,01	0,05	
21	C. Yanuncay	Agronomía Bar 1	7,12	26	35	10,1	0,003	3,5	0,67	0,01	0,03	
22	C. Yanuncay	Artes. Bar 2	7,09	24	35	10,4	0,004	3,5	0,70	0,01	0,00	
23	C. Yanuncay	Agronomía. Baño caballeros PB	7,1	28	33	11,3	0,004	3,0	0,67	0,01	0,01	
24	C. Yanuncay	Artes. Baño damas segundo piso	7,09	18	30	9,8	0,002	3,5	0,70	0,01	0,03	
25	C. Yanuncay	Artes. Baño caballeros segundo piso	7,12	20	33	11,7	0,002	4,0	0,71	0,02	0,02	



Tabla 13: Análisis químico de muestras 1 (12/03/2015)

Tabla de datos

Análisis químico de muestras 1 (12/03/2015)

N°	MUESTRA	LUGAR	pH	Parámetro								
				ALCALINIDAD TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	DUREZA TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	OXIGENO DISUELTO (mg/L de O <sub>2</sub> )	NITRITOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	CLORO LIBRE (mg/L)	COBRE (mg/L)	HIERRO (mg/L)	
26	C. Central	Filosofía. Baño caballeros	7,19	15	33	12,9	0,003	3,0	0,76	0,02	0,02	
27	C. Central	Jurisprudencia. Bar	7,18	19	38	11,9	0,005	3,0	0,75	0,00	0,04	
28	C. Central	Idiomas. Secretaría	7,14	21	35	10,3	0,002	2,5	0,77	0,00	0,08	
29	C. Central	CREDU. Bar	7,16	20	33	10,6	0,002	3,0	0,85	0,00	0,01	
30	C. Central	Economía. Baño damas	7,13	19	33	11,7	0,003	3,0	0,81	0,00	0,02	
31	C. Central	Tecnológico Ciencias Químicas. Bar	7,06	20	32	10,1	0,007	3,0	0,74	0,06	0,02	
32	C. Hospitalidad	Hospitalidad Secretaría General	7,05	20	33	12,7	0,008	3,0	0,71	0,00	0,05	



33	C. Hospitalidad	Hospitalidad. Bar	7,02	19	32	11,3	0,005	4,0	0,70	0,00	0,02
34	Museo de la medicina	Baño general	6,98	19	31	11,5	0,002	3,5	0,63	0,01	0,02

Tabla 14: Análisis químico de muestras 1 (13/03/2015)

Tabla de datos

Análisis químico de muestras 1 (13/03/2015)

N°	MUESTRA	LUGAR	pH	Parámetro								
				ALCALINIDAD TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	DUREZA TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	OXIGENO DISUELTO (mg/L de O <sub>2</sub> )	NITRITOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	CLORO LIBRE (mg/L)	COBRE (mg/L)	HIERRO (mg/L)	
35	H. Romeral	Fábrica de Balanceado	7,03	46	40	8,2	0,006	2,0	0,61	0,00	0,00	
36	H. Romeral	Baño	7,14	44	45	8,6	0,004	2,5	0,54	0,00	0,00	
37	H. Irquis	Ordeñador.	7,17	32	21	10,0	0,003	3,0	0,59	0,00	0,03	
38	H. Irquis	Bar	7,18	30	27	10,9	0,004	2,5	0,56	0,04	0,03	



### 3.5 CUADRO DE RESULTADOS QUÍMICOS DE MUESTRAS “2”

Tabla 15: Análisis químico de muestras 2 (10/03/2015)

Tabla de datos

Análisis químico de muestras 2 (10/03/2015)

Parámetro											
N°	MUESTRA	LUGAR	pH	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	DUREZA TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	OXIGENO DISUELTTO (mg/L de O <sub>2</sub> )	NITRITOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	CLORO LIBRE (mg/L)	COBRE (mg/L)	HIERRO (mg/L)
1	C. Paraíso	Anfiteatro	6,95	30	29	8,3	0,002	3,5	0,68	0,00	0,13
2	C. Paraíso	Medicina. Secretaría	6,91	30	27	11,1	0,002	2,0	0,70	0,01	0,03



3´	C. Paraíso	Medicina. Baño damas	6,97	29	25	10,4	0,001	3,5	0,65	0,01	0,01
4´	C. Paraíso	Odontología. Secretaría	6,95	33	28	7,9	0,007	3,0	0,68	0,01	0,06
5´	C. Paraíso	Odontología. Bar	6,95	31	32	16,2	0,004	3,5	0,76	0,00	0,03
6´	C. Paraíso	Enfermería. Secretaría	7,00	33	24	10,3	0,001	3,0	0,65	0,02	0,07
7´	C. Paraíso	Laboratorio Clínico. Secretaría	6,93	30	26	10,2	0,002	3,5	0,70	0,02	0,03
8´	C. Paraíso	Enfermería/Lab. Clínico. Baño damas	6,94	30	28	9,8	0,004	3,5	0,66	0,00	0,02
9´	C. Central	Arquitectura. Baño damas	6,99	29	30	9,9	0,004	4,0	0,68	0,01	0,04
10´	C. Central	Ingeniería Civil. Baño caballeros	6,98	31	30	11,8	0,005	3,5	0,71	0,03	0,03
11´	C. Central	Ciencias Químicas. Baño secretaria	7,03	30	34	11,6	0,003	3,5	0,64	0,02	0,02
12´	C. Central	Ciencias Químicas. Laboratorio análisis cuantitativo	7,01	33	31	12,5	0,003	3,0	0,61	0,03	0,08
13´	C. Central	Ciencias Químicas. Baño damas	6,96	31	29	12,9	0,003	3,5	0,69	0,03	0,05
14´	C. Central	Comisariato	7,02	31	25	9,1	0,004	3,0	0,67	0,01	0,03
15´	C. Central	Rectorado	6,95	29	30	8,9	0,005	3,0	0,69	0,00	0,04
16´	C. Central	Biblioteca. Dirección	6,98	30	29	9,8	0,005	3,5	0,68	0,01	0,04



**Tabla 16: análisis químico de muestras 2 (11/03/2015)**

**Tabla de datos**

**Análisis químico de muestras 2 (11/03/2015)**

Parámetro			pH	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	DUREZA TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	OXIGENO DISUELTO (mg/L de O <sub>2</sub> )	NITRITOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	CLORO LIBRE (mg/L)	COBRE (mg/L)	HIERRO (mg/L)
N°	MUESTRA	LUGAR									
17	C. Balzay	Lab. Cesemin	7,09	24	34	10,7	0,005	2,5	0,71	0,01	0,00
18	C. Balzay	Lab. Nutrición 1	7,06	22	39	12,1	0,003	3,0	0,60	0,02	0,08
19	C. Balzay	Lab. Nutrición 2	7,07	17	37	11,5	0,003	2,5	0,60	0,01	0,05





20´	C. Yanuncay	Agronomía. Baño damas PB	7,09	21	35	9,9	0,005	3,0	0,65	0,00	0,05
21´	C. Yanuncay	Agronomía Bar 1	7,09	25	34	10,3	0,002	3,0	0,67	0,00	0,01
22´	C. Yanuncay	Artes. Bar 2	7,01	22	35	10,0	0,007	3,5	0,57	0,02	0,01
23´	C. Yanuncay	Agronomía. Baño caballeros PB	7,08	29	32	11,3	0,004	3,5	0,69	0,03	0,00
24´	C. Yanuncay	Artes. Baño damas segundo piso	7,10	20	32	9,2	0,003	3,0	0,69	0,00	0,02
25´	C. Yanuncay	Artes. Baño caballeros segundo piso	7,09	25	32	11,1	0,002	3,5	0,70	0,01	0,00

Tabla 17: Análisis químico de muestras 2 (12/03/2015)

Tabla de datos

Análisis químico de muestras 2 (12/03/2015)

Nº	MUESTRA	LUGAR	pH	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	DUREZA TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	OXIGENO DISUELTO (mg/L de O <sub>2</sub> )	NITRITOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	CLORO LIBRE (mg/L)	COBRE (mg/L)	HIERRO (mg/L)
26´	C. central	Filosofía. Baño caballeros	7,15	17	34	12,8	0,004	3,5	0,76	0,01	0,02



27´	C. central	Jurisprudencia. Bar	7,11	17	38	11,6	0,003	3,0	0,77	0,00	0,03
28´	C. central	Idiomas. Secretaría	7,14	20	36	10,1	0,002	3,0	0,80	0,00	0,07
29´	C. central	CREDU. Bar	7,12	22	31	10,3	0,002	3,5	0,85	0,01	0,00
30´	C. central	Economía. Baño damas	7,12	15	33	11,7	0,002	2,5	0,68	0,00	0,01
31´	C. central	Tecnológico Ciencias Químicas. Bar	7,09	19	32	10,3	0,006	3,0	0,74	0,05	0,00
32´	C. hospitalidad	Hospitalidad Secretaría General	7,08	21	32	12,5	0,008	3,0	0,70	0,00	0,06
33´	C. hospitalidad	Hospitalidad. Bar	7,06	19	31	11,0	0,005	3,5	0,69	0,01	0,02
34´	Museo de la medicina	Baño general	7,01	16	30	11,2	0,001	3,5	0,65	0,01	0,01

Tabla 18: Análisis químico de muestras 2 (13/03/2015)

Tabla de datos

Análisis químico de muestras 2 (13/03/2015)

Parámetro	pH	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	DUREZA TOTAL (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	OXIGENO DISUELTO (mg/L de O <sub>2</sub> )	NITRITOS (mg/L)	CLORUROS (mg/L)	CLORO LIBRE (mg/L)	COBRE (mg/L)	HIERRO (mg/L)
-----------	----	---	--	---	-----------------	-----------------	--------------------	--------------	---------------



N°	MUESTRA	LUGAR									
35´	H. Romeral	Fábrica de Balanceado	7,09	45	41	8,3	0,005	2,5	0,58	0,01	0,00
36´	H. Romeral	Baño	7,13	44	43	8,6	0,003	2,5	0,56	0,00	0,00
37´	H. Irquis	Ordeñador.	7,17	29	25	10,1	0,003	3,0	0,57	0,00	0,01
38´	H. Irquis	Bar	7,17	30	27	11,2	0,003	2,0	0,55	0,02	0,03

### 3.6 CUADRO DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS “1”

Tabla 19: Análisis microbiológico de muestras 1 (10/03/2015)

Tabla de datos

Análisis microbiológico de muestras 1 (10/03/2015)

Parámetro			COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100ml)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/ml)
N°	MUESTRA	LUGAR			
1	C. Paraíso	Anfiteatro	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	2 UFC/ml
2	C. Paraíso	Medicina. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	65 UFC/ml



3	C. Paraíso	Medicina. Baño damas	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	25 UFC/ml
4	C. Paraíso	Odontología. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	12 UFC/ml
5	C. Paraíso	Odontología. Bar	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	3 UFC/ml
6	C. Paraíso	Enfermería. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	10 UFC/ml
7	C. Paraíso	Laboratorio Clínico. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	13 UFC/ml
8	C. Paraíso	Enfermería/Lab. Clínico. Baño damas	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	14 UFC/ml
9	C. Central	Arquitectura. Baño damas	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	7 UFC/ml
10	C. Central	Ingeniería Civil. Baño caballeros	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	3 UFC/ml
11	C. Central	Ciencias Químicas. Baño secretaria	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	40 UFC/ml
12	C. Central	Ciencias Químicas. Laboratorio análisis cuantitativo	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	11 UFC/ml
13	C. Central	Ciencias Químicas. Baño damas	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	10 UFC/ml
14	C. Central	Comisariato	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	54 UFC/ml
15	C. Central	Rectorado	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	9 UFC/ml
16	C. Central	Biblioteca. Dirección	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	16 UFC/ml

Tabla 20: Análisis microbiológico de muestras 1 (11/03/2015)

Tabla de datos

Análisis microbiológico de muestras 1 (11/03/2015)

Parámetro			COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100ml)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/ml)
Nº	MUESTRA	LUGAR			
17	C. Balzay	Lab. Cesemin	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	81 UFC/ml
18	C. Balzay	Lab. Nutrición 1	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	17 UFC/ml



19	C. Balzay	Lab. Nutrición 2	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	0 UFC/ml
20	C. Yanuncay	Agronomía. Baño damas PB	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	1 UFC/ml
21	C. Yanuncay	Agronomía Bar 1	>100 UFC	0 UFC/100ml	57 UFC/ml
22	C. Yanuncay	Artes. Bar 2	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	48 UFC/ml
23	C. Yanuncay	Agronomía. Baño caballeros PB	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	73 UFC/ml
24	C. Yanuncay	Artes. Baño damas segundo piso	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	24 UFC/ml
25	C. Yanuncay	Artes. Baño caballeros segundo piso	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	114 UFC/ml

Tabla 21: Análisis microbiológico de muestras 1 (12/03/2015)

Tabla de datos

Análisis microbiológico de muestras 1 (12/03/2015)

Parámetro			COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	COLIFORMES FECALIS (UFC/100ml)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/ml)
N°	MUESTRA	LUGAR			
26	C. Central	Filosofía. Baño	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	1 UFC/ml



		<b>caballeros</b>			
27	C. Central	Jurisprudencia. Bar	4 UFC/100ml	0 UFC/100ml	137 UFC/ml
28	C. Central	Idiomas. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	0 UFC/ml
29	C. Central	CREDU. Bar	5 UFC/100ml	0 UFC/100ml	MNPC
30	C. Central	Economía. Baño damas	32 UFC/100ml	0 UFC/100ml	83 UFC/ml
31	C. Central	Tecnológico Ciencias Químicas. Bar	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	59 UFC/ml
32	C. Hospitalidad	Hospitalidad Secretaría General	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	MNPC
33	C. Hospitalidad	Hospitalidad. Bar	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	20 UFC/ml
34	Museo de la medicina	Baño general	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	26 UFC/ml

Tabla 22: Análisis microbiológico de muestras 1 (13/03/2015)

Tabla de datos

Análisis microbiológico de muestras 1 (13/03/2015)



Parámetro			COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	COLIFORMES FECAL (UFC/100ml)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/ml)
N°	MUESTRA	LUGAR			
35	H. Romeral	Fábrica de Balanceado	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	0 UFC/ml
36	H. Romeral	Baño	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	3 UFC/ml
37	H. Irquis	Ordeñador.	MNPC	3 UFC/100ml	53 UFC/ml
38	H. Irquis	Bar	MNPC	0 UFC/100ml	56 UFC/ml

### 3.7 CUADRO DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRAS “2”

Tabla 23: Análisis microbiológico de muestras 2 (10/03/2015)



**Tabla de datos**

**Análisis microbiológico de muestras 2 (10/03/2015)**

Parámetro			COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100ml)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/ml)
Nº	MUESTRA	LUGAR			
1´	C. Paraíso	Anfiteatro	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	1 UFC/ml
2´	C. Paraíso	Medicina. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	75 UFC/ml
3´	C. Paraíso	Medicina. Baño damas	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	23 UFC/ml
4´	C. Paraíso	Odontología. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	9 UFC/ml
5´	C. Paraíso	Odontología. Bar	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	7 UFC/ml
6´	C. Paraíso	Enfermería. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	7 UFC/ml
7´	C. Paraíso	Laboratorio Clínico. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	8 UFC/ml
8´	C. Paraíso	Enfermería/Lab. Clínico. Baño damas	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	11 UFC/ml
9´	C. Central	Arquitectura. Baño damas	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	4 UFC/ml
10´	C. Central	Ingeniería Civil. Baño caballeros	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	6 UFC/ml
11´	C. Central	Ciencias Químicas. Baño secretaria	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	37 UFC/ml
12´	C. Central	Ciencias Químicas. Laboratorio análisis cuantitativo	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	18 UFC/ml
13´	C. Central	Ciencias Químicas. Baño damas	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	6 UFC/ml
14´	C. Central	Comisariato	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	42 UFC/ml
15´	C. Central	Rectorado	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	6 UFC/ml
16´	C. Central	Biblioteca. Dirección	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	19 UFC/ml

**Tabla 24: Análisis microbiológico de muestras 2 (11/03/2015)**





**Tabla de datos**

**Análisis microbiológico de muestras 2 (11/03/2015)**

Parámetro			COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100ml)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/ml)
N°	MUESTRA	LUGAR			
17´	C. Balzay	Lab. Cesemin	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	79 UFC/ml
18´	C. Balzay	Lab. Nutrición 1	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	MNPC
19´	C. Balzay	Lab. Nutrición 2	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	0 UFC/ml
20´	C. Yanuncay	Agronomía. Baño damas PB	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	69 UFC/ml
21´	C. Yanuncay	Agronomía Bar 1	>100 UFC	0 UFC/100ml	68 UFC/ml
22´	C. Yanuncay	Artes. Bar 2	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	43 UFC/ml
23´	C. Yanuncay	Agronomía. Baño caballeros PB	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	66 UFC/ml
24´	C. Yanuncay	Artes. Baño damas segundo piso	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	17 UFC/ml
25´	C. Yanuncay	Artes. Baño caballeros segundo piso	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	131 UFC/ml

**Tabla 25: Análisis microbiológico de muestras 2 (12/03/2015)**



Tabla de datos

Análisis microbiológico de muestras 2 (12/03/2015)

Parámetro			COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	COLIFORMES FECALES (UFC/100ml)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/ml)
N°	MUESTRA	LUGAR			
26´	C. central	Filosofía. Baño caballeros	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	6
27´	C. central	Jurisprudencia. Bar	7 UFC/100ml	0 UFC/100ml	137
28´	C. central	Idiomas. Secretaría	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	0
29´	C. central	CREDU. Bar	3 UFC/100ml	0 UFC/100ml	MNPC
30´	C. central	Economía. Baño damas	36 UFC/100ml	0 UFC/100ml	97
31´	C. central	Tecnológico Ciencias Químicas. Bar	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	45
32´	C. hospitalidad	Hospitalidad Secretaría General	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	MNPC
33´	C. hospitalidad	Hospitalidad. Bar	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	37
34´	Museo de la medicina	Baño general	0 UFC/100ml	0 UFC/100ml	18



**Tabla 26: Análisis microbiológico de muestras 2 (13/03/2015)**

**Tabla de datos**

**Análisis microbiológico de muestras 2 (13/03/2015)**

Parámetro			COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	COLIFORMES FECALIS (UFC/100ml)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/ml)
N°	MUESTRA	LUGAR			
35	H. Romeral	Fábrica de Balanceado	0	0 UFC	1
36	H. Romeral	Baño	0	0 UFC	5
37	H. Irquis	Ordeñador.	MNPC	1 UFC	48
38	H. Irquis	Bar	MNPC	1 UFC	53



## Discusión

Para la realización de este estudio se aplicaron diferentes técnicas y métodos aprobados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, de acuerdo a esto discutiremos aquellos parámetros cuyos resultados han llamado la atención, teniendo como referencia la INEN NTE 1108; 2014, Requisitos para Agua potable, que establece para el parámetro: Color, límite máximo permitido hasta 15 Unidades de Color Aparente (Pt-Co). En cuanto a características Físicas, sustancias Inorgánicas y radiactivas para Agua Potable.

En relación a los requisitos Microbiológicos permitidos para Agua Potable, establece la ausencia de colonias *coliformes fecales* y, de acuerdo a la INEN 1108:2006 refiere como ausencia de colonias para *Coliformes Totales*, sin embargo, la Organización Mundial de la Salud recomienda que el agua para beber debe estar libre de colonias de coliformes por cada 100 mililitros (OMS, 2015). Y, en cuanto a los *Aerobios Mesofilos* la NTE INEN 1108-2014 no establece rangos de referencia para el agua potable; aunque, según nuestra investigación basada en la versión oficial en español de la Norma Europea EN ISO 6222 que a su vez adopta íntegramente la Norma internacional ISO 6222:1999, establece que el límite máximo de *Aerobios mesofilos* presentes tanto en las estaciones de tratamiento de agua potable como en la red de distribución en el grifo del consumidor, es de 100 UFC/mL de agua; tomando en cuenta que este tipo de microorganismos son indicadores de contaminación más no causantes ciertos de producir o no enfermedad al ser humano.



## **Conclusiones**

Del análisis del control de calidad de agua potable que se distribuye en los campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay y las granjas de Irquis y Romeral pertenecientes a la Universidad de Cuenca, y de su cumplimiento con la Norma INEN 1108 – 2014 “Agua potable: Requisitos”, con los requisitos de la OMS y basándonos en normas europeas para el agua potable; hemos obtenido lo siguiente:

### **Campus Central.**

En cuanto a los parámetros físicos, todos se encuentran dentro de los límites establecidos, a excepción de los siguientes lugares, según la NTE INEN 1108:2014 para el color: facultad de arquitectura: baño damas, comisariato, rectorado, biblioteca, dirección

Todos los parámetros químicos cumplen con la norma.

Los resultados microbiológicos obtenidos fuera de los límites permisibles fueron: bar de la facultad de jurisprudencia: *coliformes totales y aerobios mesófilos*; CREDU bar: coliformes totales y aerobios mesófilos; baño de damas de la facultad de economía: coliformes totales. Es por eso que no se recomienda el agua de éstas áreas para el consumo humano.

### **Campus Hospitalidad.**

En el bar del nuevo campus y la antigua escuela de medicina los resultados obtenidos sobrepasan los límites establecidos para el color. Los demás parámetros físicos son aceptables.

En cuanto a los parámetros químicos, todos se ajustan a los límites establecidos.



En la secretaría general se observaron niveles superiores a los establecidos para *aerobios mesófilos* por lo que consideramos que el agua de estos sitios no es apta para el consumo.

### **Campus Paraíso.**

La mayoría de los parámetros físicos se encuentran dentro de los rangos referenciales, a excepción del color que se observó elevado en la secretaría de la facultad de enfermería, secretaría de laboratorio clínico y el baño de damas de enfermería y laboratorio clínico. Por tanto no son lugares donde el agua es apta para el consumo humano.

En cuanto a los parámetros químicos, todos se ajustan a los parámetros establecidos por la norma.

Los requisitos microbiológicos se cumplieron en la totalidad. No hay ningún sitio cuyos resultados se muestren fuera de los límites establecidos.

### **Campus Yanuncay.**

No hay alteración en ningún parámetro físico.

Tampoco hay alteración en ningún parámetro químico.

En cuanto a los resultados de los análisis microbiológicos se registró la presencia de *coliformes totales* en el bar número uno de agronomía y *aerobios mesófilos* en el baño de caballeros de la escuela de artes. Consideramos que el agua de estos dos lugares no es apta para el consumo.



### **Campus Balzay.**

Al analizar los parámetros físicos del agua que se distribuye en este campus se observó que la mayoría de parámetros cumplen satisfactoriamente las especificaciones de la norma, a excepción del laboratorio número uno de nutrición que posee elevado valor del color.

Todos los parámetros químicos se encuentran dentro de los valores referenciales.

No hay ningún valor fuera de los establecidos por la norma para el análisis microbiológico en este campus.

### **Granja Romeral, (Guachapala).**

En el baño general el análisis revela una elevación del valor del color en estas muestras, no cumpliendo así la norma.

Todos los parámetros químicos se encuentran dentro de los valores referenciales.

No hay ninguna alteración microbiológica en esta granja.

### **Granja de Irquis. (Tarqui).**

En el análisis físico de esta granja pudimos evidenciar una elevación sobre el rango permitido para el parámetro color en el ordeñador y en el bar.

Todos los parámetros químicos se encuentran dentro de los referenciales.

Al realizar el análisis microbiológico se constató la presencia de *coliformes totales* y *coliformes fecales* en el ordeñador; y, *coliformes totales* y *coliformes fecales* en el bar de esta granja, por lo que creemos que el agua de estos lugares no es apta para el consumo humano.



## RECOMENDACIONES

- a. Llevar a cabo programas de limpieza y desinfección en un plazo mínimo después de dar a conocer estos resultados; puesto que varios de los resultados, sobre todo los microbiológicos: coliformes totales y fecales, pueden resultar potenciales focos de enfermedad, que pueden afectar tanto a estudiantes como al personal en general que labora en la Universidad de Cuenca.
- b. Capacitar al personal encargado de la limpieza en la Universidad y granjas pertenecientes a la misma, el uso de soluciones de Cloro (comercial) al 10% para garantizar la erradicación de bacterias contaminantes de las fuentes de agua para uso humano.
- c. Establecer horarios de limpieza y desinfección frecuentes de los sitios en donde el agua que se abastece es principalmente para el consumo humano, como cocinas de los bares, salas de profesores, cafeterías, baños para profesores y estudiantes.
- d. En caso de las haciendas garantizar la desinfección de las fuentes de agua para el uso en los diferentes procesos agrícolas como el ordeño puesto que la contaminación presente puede ser sumamente perjudicial.





## BIBLIOGRAFÍA

- 6222, N. E. (1999). *Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo*. Madrid, España. Recuperado el 2 de 04 de 2015, de <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0022196#.VWjKp8-qqko>
- A., C. E. (2006). *METODOLOGÍA 3a Edición "diseño y desarrollo del proceso de investigación"*. Bogotá - Colombia: Mc Graw Hill.
- Alunni, J. (2012). Agua Potable: Redes y Tratamiento. *Fundamentos de Ingeniería*.
- Álvarez Miño, L., Cantillo Matos, K., Rico Gutiérrez, K., & Salazar, A. (2013). Acceso y calidad del agua para el consumo humano en Santa Marta como indicador de inequidad en salud. *Revista Universidad y Salud*, 15(2). doi:0124-7107
- APHA-AWWA-WPCF. (2000). *MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL*. (EDICION 17 ed.). MADRID-ESPAÑA: DIAZ DE SANTOS.
- Auge, M. (2007). *Agua Fuente de Vida*. (F. d. Naturales, Ed.) La Plata, Argentina: Universidad de Buenos Aires. Obtenido de Precipitación. Es uno de los componentes primarios del ciclo y constituye la
- Camacho, A. M. (8 de marzo de 2015). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de alimentos UNAM-Mexico*. Obtenido de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tecnic-Basicas-Coliformes-en-placa\\_6528.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tecnic-Basicas-Coliformes-en-placa_6528.pdf)
- Carbajal Azcona, Á., & González Fernández, M. (2012). Propiedades y Funciones biológicas del agua. En Vaquero, Toxqui, & F. d. Farmacia (Ed.), *Agua para la Salud. Pasado, Presente y Futuro* (págs. 33-45). Madrid: Departamento de Nutrición. doi:978-84-00-09572-7
- CÁRDENAS, Y. A. (4 de FEBRERO de 2015). *Frm.utn.edu.ar*. Obtenido de <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>
- Carretera de la Coruña, R. (2014). Aguas. determinación de la Materia Orgánica. *Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales*. Sevilla, España.
- CASTILLO, L. (31 de 03 de 2013). "Cuenca es un referente en el tratamiento del agua en el país". *EL COMERCIO*.
- Cathalac. (2011). *Datos del Centro del Agua del Trópico Húmedo para la América Latina y el Caribe*. Obtenido de Tipos de agua: [delportalagua.org.mx](http://delportalagua.org.mx)
- CONAGUA. (26 de FEBRERO de 2015). *CRITERIOS GENERALES PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE RESULTADOS ANALITICOS*. Obtenido de *NORMATIVA DE CONTROL DE ANALISIS DE AGUA*: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-115-SCFI-2001.pdf>
- Cristina De Sousa, A. C. (2010). Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. *Scielo. Scientific Electronic Library Online, II*.



- ETAPA-EP, E. (25 de ENERO de 2014). *ETAPA EP*. Obtenido de <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Agua-potable/Operaci%C3%B3n-y-Mantenimiento/Redes-de-Distribuci%C3%B3n>
- Félez Santafé, M. (2003). *Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos*. (B. Tech, Ed.) Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado el 18 de Febrero de 2015, de [https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03\\_Mem%C3%B2ria.pdf](https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf)
- Goyenola, G. (16 de ENERO de 2015). *RED MAPSA*. Obtenido de [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/alcalinidad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/alcalinidad.pdf)
- HACH, M. D. (16 de ENERO de 2015). *MANUAL DE ANALISIS DE AGUA*. Obtenido de [http://www.copeg.org/xr0/Documentos\\_tagua/water\\_analysis/eng\\_pdf/5edWAH.pdf](http://www.copeg.org/xr0/Documentos_tagua/water_analysis/eng_pdf/5edWAH.pdf)
- INEN 970. (1983). Agua Potable. Determinación del Color. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Ecuador.
- INEN 971. (1983). Agua potable. Determinación de la Turbiedad. Método Nefelométrico. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Ecuador.
- INEN 974. (1984). Agua potable. determinación de la dureza total por titulación con EDTA. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Ecuador.
- INEN 976. (6 de MARZO de 2015). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORAMLIZACIÓN*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.976.1982.pdf>
- INEN1108/2005, N. (31 de MARZO de 2015). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION*. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- INEN1108/2006, N. (31 de marzo de 2015). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf>
- INEN1529-5:2006, N. (8 de MARZO de 2015). *Norma Técnica Ecuatoriana*. Obtenido de CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESÓFILOS: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/1529-5-1-C.pdf>
- INENE1108/2010, N. (31 de MARZO de 2015). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION*. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- Lermann, B., Gilli, M., Eliggi, M., & Zerbato, M. (2002). Técnica Analítica para oxígeno Disuelto. *Gestió Integral de Residuos*. Argentina.
- Marín, R. (2006). *Características Físicas, Químicas y Biológicas de las aguas*. (E. M. (EMACSA), Ed.) Córdoba, España: Control de calidad y Medio Ambiente. Obtenido de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf)



- MICROBIOLOGÍA, M. 3. (7 de MARZO de 2015). *PLACAS PETRIFILM PARA RECuento DE AEROBIOS MESOFILOS*. Obtenido de <ftp://ftp.mmm.com/pub/MX/Micro4.pdf>
- NMX-AA-093-SCFI. (2000). *ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA - MÉTODO DE PRUEBA*. (C. N. Agua, Ed.) México. doi: 631.879
- NOBOA, J. B. (s.f.). DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO. En *BROMATOLOGIA*.
- NORMAINEN1106. (6 de MARZO de 2015). *INSTITUTI ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1106.1984.pdf>
- NTEINEN1108. (ENERO de 2014). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *Requisitos*. QUITO, Ecuador.
- OMS. (2003). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/burden/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/burden/es/)
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del Agua Potable* (3ra edición ed., Vol. I). Recuperado el 08 de 02 de 2015, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_fulll\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf)
- OMS. (5 de MAYO de 2015). *ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD*. Obtenido de Guías para la calidad del agua potable, TERCERA EDICION, 2006: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_fulll\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf)
- RAE. (2015). Obtenido de <http://www.rae.es/search/node/agua>
- RODRIGUEZ, D. C. (26 de ENERO de 2015). *MASTER EN INGENIERIA MEDIOAMBIENTAL Y GESTION DEL AGUA*. Obtenido de [https://www.google.com.ec/search?newwindow=1&q=POTABILIZACION+DE+AGUA+%2B+DAVID+CASERO+RODR%C3%8DGUEZ+%2B+PDF&oq=POTABILIZACION+DE+AGUA+%2B+DAVID+CASERO+RODR%C3%8DGUEZ+%2B+PDF&gs\\_l1c.1.62](https://www.google.com.ec/search?newwindow=1&q=POTABILIZACION+DE+AGUA+%2B+DAVID+CASERO+RODR%C3%8DGUEZ+%2B+PDF&oq=POTABILIZACION+DE+AGUA+%2B+DAVID+CASERO+RODR%C3%8DGUEZ+%2B+PDF&gs_l1c.1.62)
- Sánchez Guillén, J. (2009). *BIOMOLÉCULAS*. Recuperado el 15 de Febrero de 2015, de <http://www.iespando.com/web/departamentos/biogeo/web/departamento/2BCH/PDFs/02agua.pdf>
- Wastewater, S. M. (4 de MARZO de 2015). *PrimusLabs.com*. Obtenido de PROCEDIMIENTOS ESTANDARES DE OPERACIÓN: [http://www.primuslabs.com/docs/guidelines/sop14-08\\_spa.pdf](http://www.primuslabs.com/docs/guidelines/sop14-08_spa.pdf)
- WRI. (2000). *World Resources Institute*. Obtenido de Making Big Ideas Happen: <http://www.wri.org/>



## GLOSARIO

### Abreviaturas.

**μ:** micras

**mμ:** milimicras o milimicrómetros

**μS/cm:** microSiemens por centímetro

**mg:** miligramo

**ml:** mililitro

**UFC:** Unidades Formadoras de Colonias

**COND:** Conductividad.

**STD:** Sólidos Totales Disueltos

**UNT:** Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

**UTC:** Unidades de Color.

### Palabras:

**Desarenador:** Estructura Hidráulica que permite el proceso de la retención de arena transportada por el agua de un lugar a otro.

**Flóculos:** Es la agrupación de varias partículas.

**Aglutinación:** Agrupación de dos a mas partículas mediante una sustancia, de manera que se forme una masa compacta.

**Incrustación:** Introducción de un material en otro de modo que queden unidos formado un solo cuerpo.



## **ANEXOS.**

- **ANEXO A: NORMA INEN 1108; AGUA POTABLE: REQUISITOS**
- **ANEXO B: PLANTAS POTABILIZADORAS PERTENECIENTES A LA EMPRESA ETAPA-EP.**
- **ANEXO C: EQUIPOS EMPLEADOS PARA EL ANALISIS FISICO Y QUÍMICO.**
- **ANEXO D: PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS.**



## ANEXO A: NORMA TECNICA ECUATORIANA: AGUA POTABLE. REQUISITOS.



Quito – Ecuador

NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 1108**  
Quinta revisión  
2014-01

### AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

---

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.



Norma  
Técnica  
Ecuatoriana  
Voluntaria

## AGUA POTABLE REQUISITOS

NTE INEN  
1108:2014  
Quinta revisión  
2014-01

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

### 2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

### 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation). *Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales* (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición.

Ministerio de salud Pública *REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS* Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

### 4. DEFINICIONES

4.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

4.1.1 **Agua potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

4.1.2 **Agua cruda.** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

4.1.3 **Límite máximo permitido.** Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

4.1.4 **ufc/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

4.1.5 **NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

4.1.6 **mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

4.1.7 **Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

4.1.8 **Plaguicidas.** Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

**4.1.9 Desinfección.** Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

**4.1.10 Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

**4.1.11 Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

**4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable.** El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

**4.1.13 Sistema de distribución.** Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

## 5. REQUISITOS

**5.1** Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

**5.2** El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

**TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas**

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bg/l	0,5
Radiación total β **	Bg/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>228</sup> Ra		



TABLA 2. Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP</b> Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
<b>Hidrocarburos:</b> Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

TABLA 3. Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazina	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

**TABLA 4. Residuos de desinfectantes**

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

**TABLA 5. Subproductos de desinfección**

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:	mg/l	0,06
• Bromodiclorometano	mg/l	0,3
• Cloroformo		
Tricloroacetato	mg/l	0,2

**TABLA 6. Cianotoxinas**

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

**5.3** El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

**TABLA 7. Requisitos Microbiológicos**

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo ** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

**6.1.1** El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

**6.1.2** El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

**7.1** Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

### APÉNDICE Y

(Informativo)

**Y.1** Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable

**Tabla Y.1**

<b>POBLACIÓN</b>	<b>NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO</b>
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	600 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 4ta. Ed. 2011; Capítulo 4 numeral 4.3.1 tabla 4.4

### APÉNDICE Z

#### BIBLIOGRAFÍA

World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality*, Fourth Edition. World Health Organization, 2011



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**Documento:** TÍTULO: AGUA POTABLE. REQUISITOS **Código:** ICS  
**NTE INEN 1108** 13.060.20

**Quinta revisión**

**ORIGINAL:**

Fecha de iniciación del estudio:

**REVISIÓN:**

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No. 11 135 de 2011-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30

Fecha de iniciación del estudio: 2013-08

Fechas de consulta pública: 2013-08-16 a 2013-08-30

**Subcomité Técnico de: AGUA POTABLE**

Fecha de iniciación: 2013-10-29

Fecha de aprobación: 2013-11-08

Integrantes del Subcomité:

**NOMBRES:**

- Ing. Marcelo Carpio (Presidente)
- Dra. Zoila Novillo
- Dr. Carlos Espinosa
- Dr. Edgar Pazmiño
- Dr. Luis Cazar Ubilla
- Ing. María José Pineda
- Dra. Enith Bravo
- Ing. Andrea Celi
- Dr. Juan Mora
- Dra. Giomara Quizphe
- Ing. Natazha Valarezo
- Ing. Michelle Maldonado
- Ing. Gabriela Chacón
- Ing. Maritza Farinango
- Ing. María E. Dávalos (Secretaria técnica)

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

- EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
- SECRETARÍA DEL AGUA
- EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
- EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
- INTERAGUA
- MIPRO – SCA
- ARCSA
- MSP – DIRECCIÓN DE VIGILANCIA Y CONTROL SANITARIO
- ARCSA
- ARCSA
- MSP – DIRECCIÓN SALUD AMBIENTAL
- INEN – NORMALIZACIÓN
- INEN – NORMALIZACIÓN
- INEN – NORMALIZACIÓN
- INEN - REGIONAL CHIMBORAZO



---

Otros trámites: Esta NTE INEN 1108:2014 (Quinta revisión), reemplaza a la NTE INEN 1108:2011 (Cuarta revisión)

---

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

---

Oficializada como: Voluntaria  
Registro Oficial No. 168 de 2014-01-23

Por Resolución No. 13523 de 2013-12-18

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre**  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección Ejecutiva: E-Mail: [direccion@inen.gob.ec](mailto:direccion@inen.gob.ec) Dirección de  
Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gob.ec](mailto:normalizacion@inen.gob.ec) Regional  
Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gob.ec](mailto:inenguayas@inen.gob.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gob.ec](mailto:inencuenca@inen.gob.ec) Regional  
Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gob.ec](mailto:inenriobamba@inen.gob.ec)  
[URL:www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)



## ANEXO B. “PLANTAS POTABILIZADORAS DE AGUA PERTENECIENTES A LA EMPRESA ETAPA-EP.”

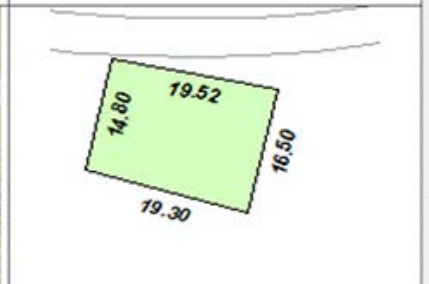
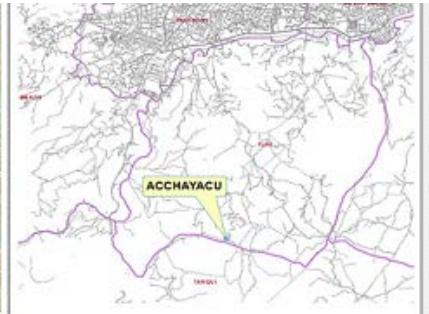
1. Nombre de la Planta: ACHAYACU

Ubicación: TARQUI

Área Aproximada: 303 m<sup>2</sup>

Tipo de Planta: Fosa Séptica + Filtro Anaerobio

Área de Cobertura: 129.4 Ha.



2. Nombre de la Planta: QUILLOPUNGO.

Ubicación: EL VALLE

Área Aproximada: 2258 m<sup>2</sup>

Tipo de Planta: Reactores Anaerobios + Biofiltros+





## Desifecion

Área de Cobertura: 1.50.8 Ha.

### 3. PLANTA POTABILIZADORA DE SUSTAG.

La Planta de Tratamiento de Sustag abastece de agua potable a los sectores occidentales de la ciudad de Cuenca con una producción de 400.000 m<sup>3</sup> por mes sirviendo aproximadamente a 35.000 personas, se encuentra situada en la Zona de San Joaquín.

#### DESCRIPCIÓN

La planta de Sustag tiene el sistema de tratamiento del tipo convencional, es decir, tiene las siguientes fases:

#### CAPTACION

La principal fuente de abastecimiento es el río Yanuncay que nace en la zona de Soldados, cuya captación está en el sector de Sustag, formada por un azud transversal con captación lateral.

#### CONDUCCION

El agua captada pasa por un desarenador y es transportada a la Planta por una tubería de 700 y 600 mm de diámetro.

#### MEZCLA RAPIDA

Con la finalidad de facilitar la formación de flóculos, tiene un mezclador del tipo de resalto hidráulico.

#### FLOCULACION

Los floculadores son de tipo mixto mecánico e hidráulico, con dos cámaras con agitadores eléctricos y cuatro floculadores de tipo hidráulico de flujo vertical.

#### SEDIMENTACION



La unidad de sedimentación está formada por cuatro tanques de flujo ascendente con placas planas.

### **FILTRACION**

En la planta se dispone de 6 filtros rápidos de arena.

### **DESINFECCION**

Para garantizar la inocuidad del agua distribuida se realiza la desinfección empleando cloro gas.

### **RESERVA**

Para tener un abastecimiento continuo y con caudales según sean necesarios en cada una de las zonas de distribución, la planta de Sustag dispone de dos tanques de reservas de 5.000 m<sup>3</sup> cada uno.



## **4. PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE SAN PEDRO**

La Planta de Tratamiento de San Pedro abastece de agua potable a los sectores noroccidentales de la ciudad de Cuenca con una producción de 100.000 m<sup>3</sup> por mes sirviendo aproximadamente a 25.000 personas, se encuentra situada en la Zona de Racar.





## **DESCRIPCIÓN**

La planta de San Pedro está compuesta por dos módulos del tipo convencional, es decir, tiene las siguientes fases:

### **CAPTACIÓN:**

La principal fuente de abastecimiento es el río Culebrillas cuya captación está en el sector de Culebrillas, formada por un azud transversal con captación lateral.

### **CONDUCCION**

El agua captada pasa por un desarenador y es transportada a la Planta por una tubería de 300 mm de diámetro.

### **MEZCLA RAPIDA**

Con la finalidad de facilitar la formación de flóculos, tiene un mezclador del tipo de resalto hidráulico.

### **FLOCULACION**

Los floculadores son de tipo hidráulico, con dos cámaras tipo hidráulico de flujo horizontal.

### **SEDIMENTACION**

La unidad de sedimentación está formada por dos tanques de flujo ascendente con placas planas.

### **FILTRACION**

En la planta se dispone de 8 filtros a presión rápidos de arena.

### **DESINFECCION**

Para garantizar la inocuidad del agua distribuida se realiza la desinfección empleando cloro gas.

### **RESERVA**

Para tener un abastecimiento continuo y con caudales según sean necesarios en cada una de las zonas de distribución, la planta de San Pedro dispone de dos tanques de reservas de 100 m<sup>3</sup> cada uno.



## 5. PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE SAN PEDRO - PROYECTO CULEBRILLAS (EN CONSTRUCCIÓN)



La Planta de Tratamiento de San Pedro - Proyecto Culebrillas abastece de agua potable a los sectores noroccidentales de la ciudad de Cuenca con una producción de 300.000 m<sup>3</sup> por mes sirviendo aproximadamente a 25.000 personas con una proyección de 50.000 usuarios, se encuentra situada en la Zona de Racar.

### DESCRIPCIÓN

La planta de San Pedro - Proyecto Culebrillas está compuesta por un módulo tipo DAFFI, tiene las siguientes fases:

### CAPTACION

La principal fuente de abastecimiento es el río Culebrillas cuya captación está en el sector de Culebrillas, formada por un azud transversal con captación lateral.

### CONDUCCION

El agua captada pasa por un desarenador y es transportada a la Planta por una tubería de 300 mm de diámetro.

### FLOCULACION

El floculador es de tipo inyección a presión, mediante tubería que conduce el agua hacia el módulo DAFFI.

### MODULO DAFFI

Este módulo efectúa el tratamiento en las siguientes fases:



## **COAGULACIÓN**

Se completa el proceso de floculación iniciada mediante inyección a presión de sulfato de aluminio.

## **FLOTACIÓN**

Este módulo inyecta aire a presión generando la flotación de los flocúlos, mismos que son retirados de esta unidad mediante un puente giratorio.

## **TANQUE DE AGUAS CLARAS**

El agua producida por el módulo DAFFI es depositada en el tanque de aguas claras que sirve para todo el proceso de mezcla de químicos, floculación a presión, lavado de unidades y el caudal sometido al proceso de desinfección que va para los tanques de reserva que distribuye el agua potable para la red de distribución.

## **DESINFECCION**

Para garantizar la inocuidad del agua distribuida se realiza la desinfección empleando cloro gas.

## **6. PLANTA DE POTABILIZACIÓN IRQUIS**



La Planta de tratamiento de IRQUIS abastece de agua a los centros parroquiales de Tarqui y Victoria del Portete, está situada en la parroquia Victoria del Portete, sector Ceraturo-Irquis. La Construcción de la planta se realizó en enero del 2009 con una capacidad de 35 lt/s. Entrando en Funcionamiento parcial en agosto del 2011 y en forma continua con un caudal de 20 lt/s desde diciembre del 2012. La fuente está ubicada aguas arriba sobre el río Irquis entre las cotas 3800 msnm y 2752 msn Irquis es una planta del tipo convencional integrada por los procesos de:



## **CAPTACION**

La captación ubicada sobre un costado del río Irquis una toma lateral que lleva el agua mediante tubería al desarenador ubicado a unos 20 metros de río, para desde aquí ser transportada el agua hacia la planta potabilizadora.

## **FLOCULACION**

Son del tipo Cox, son dos series en paralelo, cuyo ingreso está controlado por dos compuertas laterales en el canal de mezcla rápida. Cada floculador está constituido por 5 cámaras de sección cuadrada con flujo horizontal.

## **SEDIMENTACION**

Se dispone de dos sedimentadores de placas paralelas de flujo ascendente.

## **FILTRACION RAPIDA**

El Sistema de filtración está compuesto por cuatro unidades, intercomunicadas tanto a la salida como a la entrada. Cada filtro tiene lechos dobles de arena y antracita.

## **DESINFECCION**

Para garantizar la inocuidad del agua distribuida se realiza la desinfección empleando cloro gas.

## **TRATAMIENTO DE LODOS**

Las aguas residuales generadas en el proceso son tratada en los sedimentadores de lodos la planta dispone de dos unidades, y luego esta agua es llevada a los filtros de secado constituido de 3 cámaras, para luego el lodo seco ser llevado a el relleno sanitario para su disposición final



## 7. PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE CUMBE



La Planta de tratamiento de Cumbe abastece de agua a la parroquia de Cumbe, está situada en la parroquia Cumbe, en el sector Nascario.

La Construcción de planta se realizó en el año 2010 iniciando su funcionamiento en abril del 2011, su capacidad de tratamiento es de 14 l/s. La fuente de agua está repartida en diferentes puntos como son: El Chorro, Montenegro, Ingauasi 1,2, Jabonillos, rodeo, yutujapiña.



Cumbe es una planta del tipo FIME integrada por los procesos de:

### **CAPTACION**

La captación se dispone de diferentes fuentes en las cuales se tiene construidos tanques recolectores así como en algunas desarenadores y mediante tubería el agua es trasladada hacia la planta.

### **FILTRO GRUESO (PREFILTRO)**

La planta dispone de cuatro filtros gruesos ascendentes con lecho de grava.

### **FILTRO LENTO**

Se dispone de dos sedimentadores de placas paralelas de flujo ascendente.

### **FILTRACION RAPIDA**

Se dispone de seis filtros lentos de arena con soporte de grava flujo descendente.

### **DESINFECCION**

Para garantizar la inocuidad del agua distribuida se realiza la desinfección empleando cloro gas. Además la Planta cuenta de otros sistemas para comunidades pequeñas sus caudales van desde 2 lt/s a 30 lt/s

## **8. PLANTA DE POTABILIZACIÓN QUINGEO- PILLACHIQUIR**

Planta de tipo convencional mediante floculadores de grava, sedimentadores, filtros rápidos y desinfección con cloro gas.

Capacidad de producción 7 l/s

## **9. PLANTA DE POTABILIZACIÓN SININCAY**

Planta de tipo convencional con floculación, sedimentación, filtración rápida y desinfección con cloro gas.

Capacidad de producción 30 l/s.

## **10. PLANTA DE POTABILIZACIÓN ZHIZHO**



Planta de tipo FIME mediante filtro grueso dinámico, filtración lenta con arena y desinfección con cloro gas.  
Capacidad de producción 3 l/s.

### 11. PLANTA DE POTABILIZACIÓN TUTUPALI GRANDE

Planta de tipo convencional mediante floculación con cámaras de grava, filtración rápida y desinfección con cloro gas.  
Capacidad de producción 7 l/s.

### 12. PLANTA DE POTABILIZACIÓN TUTUPALI CHICO

Planta de tipo FIME con filtros gruesos y filtración lenta. Desinfección con cloro gas  
Capacidad de producción 3 l/s.



### 13. PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE FAREZ

Planta de tipo FIME con filtros gruesos y filtración lenta. Desinfección con solución de cloro preparada en equipo clorid (produce una solución de cloro a partir de sal de mesa por elcetrolysis) Capacidad de producción 3 l/s.



#### **14. PLANTA DE POTABILIZACIÓN SANTA ANA**

Planta de tipo convencional consta de Floculación, sedimentación, pre filtración, filtración lenta con arena y desinfección con cloro gas. Capacidad de producción 5 l/s.

#### **15. PLANTA DE POTABILIZACIÓN SAYAUSI**

Planta de tipo convencional consta de floculación, pre filtración y filtros rápidos y desinfección con cloro gas. Capacidad de producción 15 l/s.

#### **16. PLANTA DE POTABILIZACIÓN MALUAY**

Planta de tipo FIME con pre filtro y filtración lenta con arena y desinfección con solución de cloro. Capacidad de producción 2 l/s.

#### **17. PLANTA DE POTABILIZACIÓN CHECA**





Planta de tipo convencional, posee floculación, sedimentación, filtración rápida y desinfección con cloro gas.  
Capacidad de producción 22 l/s.

### **18. PLANTA DE POTABILIZACIÓN SANTA TERESITA DE CHIQUINTAD**

Planta de tipo convencional posee floculación, sedimentación, filtración rápida y desinfección con cloro gas.  
Capacidad de producción 7 l/s.

### **19. PLANTA DE POTABILIZACIÓN ATUC-LOMA**

Planta de tipo FIME pre filtros, y filtración lenta con arena y desinfección con cloro gas.  
Capacidad de producción 5 l/s.

### **20. PLANTA DE POTABILIZACIÓN PUTUCAY**

Planta de tipo convencional mediante filtración rápida a presión seguido de dos filtros lentos de arena.  
Capacidad de producción 15 l/s (ETAPA-EP, 2015).



## ANEXO C: EQUIPOS EMPLEADOS PARA EL ANALISIS FISICO Y QUÍMICO.

Colorimetro DR 890 – HACH



Equipo para lectura de Conductividad.  
SENSION EC5 – HACH.



Fuente: Las autoras.



**Turbidimetro 2100P –HACH**



**Probeta, material de vidrio y agitador magnético.**



**Fuente: Las autoras.**



**Fundas WHIRL-PAC para toma de muestras destinadas al análisis microbiológico.**



**Fuente: Las autoras.**

**Placas Petrifilm 3M para recuento de Aerobios Mesófilos.**



Fuente: Las autoras.

**Sistema de filtración mediante Membrana Filtrante y medios CROMOCULT en ambiente esteril.**



**Fuente: Las autoras.**



### Celdas para equipo COLORIMETER DR890



**Fuente: Las autoras.**



## ANEXO D

### PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS

#### PROCEDIMIENTO PARA LA TECNICA DE DETECCION DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES, MEDIANTE EL USO DE MEMBRANA FILTRANTE DE SARTORIUS.

1. Hidratar con 2.5 ml de agua estéril el Pads de celulosa estéril que contiene el medio de cultivo incorporado (La manera más simple de hacerlo es utilizando una jeringa dosificadora con un filtro de 0.2  $\mu\text{m}$ )
2. Colocar una membrana filtrante estéril de 0.45  $\mu\text{m}$ , bajo condiciones asépticas, sobre el centro del portafiltro, usando pinzas estériles, con la superficie cuadrículada hacia arriba
3. Ensamblar el equipo, colocando el dispositivo de filtración y asegurando con una pinza (previamente esterilizado).
4. Se inicia la filtración de los 100 ml de agua (Muestra)
5. Remover la parte superior del portafiltro, y con una pinza estéril transferir la membrana a la placa de Petri que contiene el medio de cultivo para Coliformes Totales y Fecales.
6. Al colocar la membrana, evitar la formación de burbujas entre ésta y el medio de cultivo.
7. Incubar las placas (sin invertir), a 35°C x 24h
8. Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en UFC/100 ml de muestra.
9. El color de las colonias desarrolladas varía según el microorganismo que se trate:

Coliformes totales: colonias rojizas con brillo verde metálico.

Coliformes fecales: colonias de color azulado.

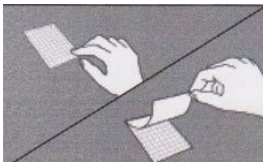




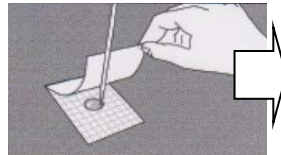
# PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS MEDIANTE EL MÉTODO DE PLACAS PETRIFILM 3M.

## INOCULACIÓN

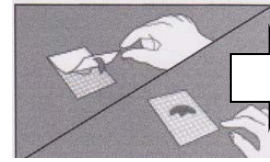
7



1



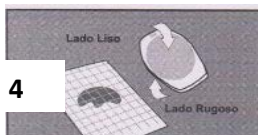
2



3

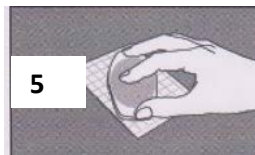
Coloque la placa petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levante la lámina semitransparente superior.

Con la placa p libere la película superior dejando que caiga sobre la dilución. No la deslice hacia abajo.



4

Con el lado rugoso hacia abajo coloque el dispersor o esparcidor sobre la película superior, cubriendo totalmente la muestra.



5

Presione suavemente el dispersor o esparcidor para distribuir la muestra sobre el área circular. No gire ni deslice el dispersor. Recuerde distribuir la muestra antes de inocular una siguiente placa.



6

Levante el dispersor o esparcidor. Espere por lo menos un minuto a que solidifique el gel y proceda a la incubación.

## INCUBACIÓN



7



Incuba las placas acara arriba en grupos de no más de 20 piezas. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente con agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.

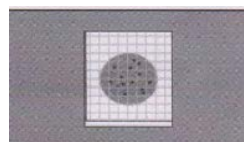
C<sup>A</sup>

V<sup>A</sup>

## INTERPRETACIÓN



8



Las palacas petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz.

9




Las colonias pueden ser aisladas para su identificación posterior. Levanta la película superior y recoja la colonia del gel.



## METODO COMPLEXOMÉTRICO: FENOLFTALEINA Y NARANJA DE METILO. PARA DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD TOTAL.


### PROCEDIMIENTO.

1.-  Medir 100 ml de muestra y colocar en un Erlenmeyer.


2.-  Colocar 5 gotas de fenolftaleína (indicador) y agitar, observar si existe cambio de coloración debido a la presencia de radicales OH, (alcalinidad a P) si no existe cambio,

proceder al siguiente paso.

3.-  Añadir el contenido de la almohadilla Verde bromocresol – HACH, que coloreara la muestra de verde.

4.-  Titular la muestra con ácido

sulfúrico 0,02 N, hasta que la muestra cambie la coloración a violeta-rosado (alcalinidad a M).


5.-  Realizar la lectura del ácido consumido durante la titulación y realizar los cálculos.


### CALCULOS.


**Alcalinidad (mg/l CaCO<sub>3</sub>)= lectura \* 10(factor) (HACH, 2015).**




## METODO POR COMPLEXOMETRIA: NET Y EDTA. PARA DETERMINACIÓN DE LA DUREZA TOTAL.


1.-  Medir 100 ml de muestra y colocar en un Erlenmeyer.

2.-  Colocar 5 gotas de BUFFER Man-Ver (HACH) solución a pH 10 y mezclar.

3.-  Añadir el contenido de la almohadilla Hardners – HACH, que coloreara la muestra de rosa.

4.-  Titular la muestra con EDTA

0,02 N, hasta que la muestra cambie la coloración a azul.


5.-  Realizar la lectura del EDTA consumido durante la titulación y realizar los cálculos.


### CALCULOS.

Dureza total (mg/l  $\text{CaCO}_3$ )= lectura \* 10 (factor) (HACH, 2015).





## METODO DE ROSSEL: ARGENTOMETRICO. PARA LA DETERMINACION DE CLORUROS.

1.-  Medir 100 ml de muestra y colocar en un Erlenmeyer.

3.-  Añadir el contenido de la almohadilla Cloride –

HACH, que coloreara la muestra de amarillo.

4.-  Titular la muestra con Nitrato de plata 0,0141 N, hasta que la muestra cambie la coloración a rojo ladrillo.

5.-  Realizar la lectura del Nitrato de plata 0,0141N consumido durante la titulación y realizar los cálculos.

### b) CALCULOS.

**Cloruros (mg/l Cl<sup>-</sup>)= lectura \* 5 (factor) (HACH, 2015).**



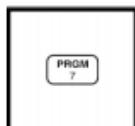
**PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE OXIGENO DISUELTO MEDIANTE EL EMPLEO DE AMPOLLAS ACCUVAC DE LA HACH.**

1. Insertar el número del programa almacenado para Oxígeno Disuelto de alto rango

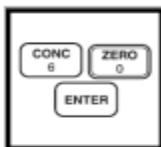
Presionar:.....**PRGM**

La pantalla mostrará: **PRGM?**

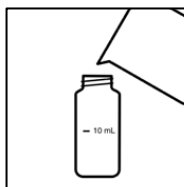
**70**



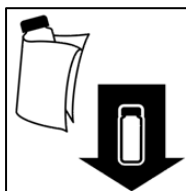
2. Presione **70**  
**ENTER**  
aparecerá  
mg/L OD



3. Llenar la cubeta de lectura con 10 ml de la muestra de agua este cera el blanco



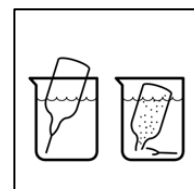
4. Introducir en el colorimétrico secándolo bien y retirando cualquier tipo de partícula adherida a la celda



5. Encerar el equipo con el blanco de la muestra



6. Introducir la ampolla en un vaso de precipitación



que previamente se llena con 40ml de la muestra en la que se va a determinar el OD, se realiza una pequeña presión hasta que se rompa la punta de la ampolla, se notara que la misma se llenará. Observando una coloración amarillenta.

7. Se sellara lo más rápido posible la ampolla con un tapón de plástico

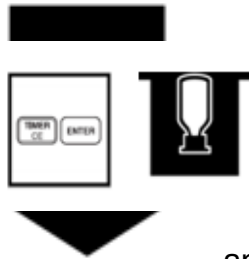


una vez que se ha llenado con la muestra de agua se lo seca adecuadamente, y se realiza



movimientos de inversión durante 30 segundos.

8. Se procede a dejar en reposo la ampolla invertida adecuadamente cerrada, se presiona timer se notara que



9. Una vez cumplido con el tiempo anterior se

realiza un segundo movimiento de la ampolla durante 30 segundos todo por inversión.

sale en la pantalla un tiempo de 2 minutos seguidamente se presiona enter, esperamos este tiempo.

10. Se coloca la ampolla en el colorímetro se notara la presencia de un color morado azulado se presiona read, se obtiene el valor de OD de la muestra de agua en mg/L

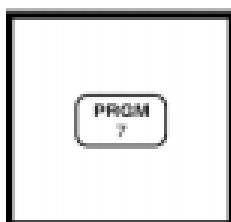




### MODO DE EMPLEO PARA COLORIMETRO DR/890 HACH.

PROGRAMAS	
NITRITOS	60
CLORO LIBRE	9
COBRE	20
HIERRO	33
OXÍGENO DISUELTO	70
COLOR APARENTE	19

parámetro y el icono ZERO.



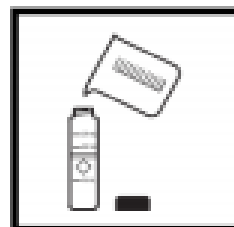
1.-

En el equipo, oprima la tecla 7 PRGM para seleccionar el programa.



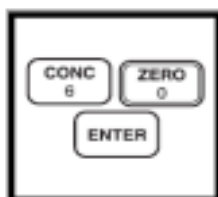
3.-

Colocar en uno de los tubos 10 ml de muestra.



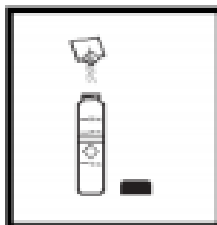
5.-

Colocar en otro tubo 10 ml de muestra para usar como blanco.



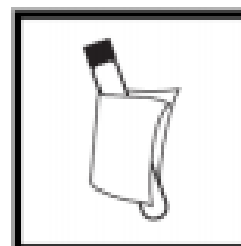
2.-

Presione el número de programa para seleccionar el parámetro a ser analizado y en la pantalla aparecerá las unidades para cada



4.-

Añadir el contenido de una almohadilla de HACH en polvo para disolver y agite.



6.-

Limpiar el exterior del tubo para eliminar

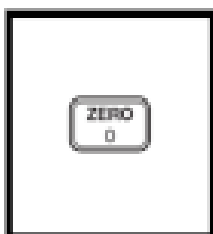


manchas y huellas  
digitales.



7.-

Coloque el tubo blanco  
en la celda del equipo  
y tape con la cubierta  
del mismo.



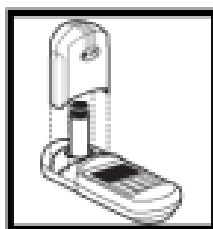
8.-

Presione la tecla  
ZERO para encerrar el  
equipo y luego  
observe en la pantalla  
0,000.



9.-

Limpiar el exterior del  
tubo con la muestra  
para eliminar manchas  
y huellas digitales.



10.-

Coloque el tubo con la  
muestra en la celda  
del equipo y tape con  
la cubierta del mismo.



12.-

Presione READ y en la  
pantalla aparecerá la  
cantidad de  
“parámetro analizado”  
en las (unidades  
correspondientes) de  
muestra



