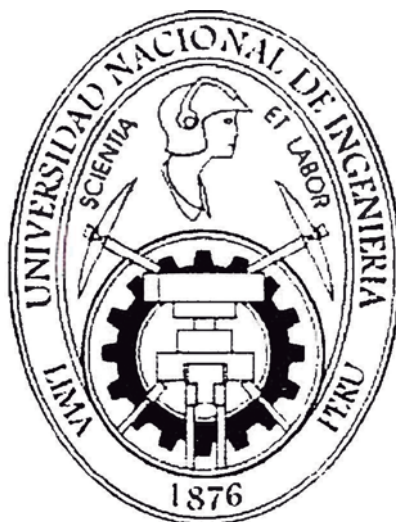


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**“INVESTIGACION DEL SISTEMA DE CLORACION POR GOTEOS  
EN ZONAS RURALES Y PEQUEÑAS CIUDADES”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO**

**PRESENTADO POR:**

**ISAIAS LUIS HINOSTROZA BALDEON**

**LIMA, PERU**

**2008**

## **DEDICATORIA**

Con todo mi amor, aprecio y respeto, a mis padres, hermanos y a la fuente de mi inspiración: mi hija Maria Victoria.

**AGRADECIMIENTO.**

Por su inmenso y constante apoyo, agradezco infinitamente a mis padres Santiago y Victoria, a mis hermanos David y Eva.

Por ser fuente de mi inspiración a mi hija María Victoria quien es el tesoro de mi vida.

Por ser ejemplo de amor y cariño a mi mamita María, quien desde el cielo vela por mis pasos.

Por su paciencia, constante apoyo y orientación para la realización del presente trabajo al Ing. Otto Rosasco Gerkes.

Por su apoyo incondicional a los Ings. Santos Anyosa, Carmen Vásquez, David Guillermo, Teodoro Duran, Manuel Espíritu y Rocío Mellado.

Asimismo agradezco a todas las personas que de alguna forma estuvieron a mi lado en la concreción del presente trabajo, en especial a mis amigos Ricardo Jara y Luis Alejos.

**RESUMEN.-**

La Investigación del Sistema de Cloración por Goteo en Zonas Rurales y Pequeñas Ciudades, servirá como punto de partida para el correcto uso y aplicación general del cloro en sus diferentes estados, concentraciones y volúmenes en los Sistemas de Cloración por Goteo, dándole un fundamento teórico a lo que hasta hoy se viene aplicando en forma empírica, proponiendo rangos de uso de acuerdo a la población servida y tipo de agua, asimismo, se propone el mejoramiento del sistema de aplicación que permitirá evitar pérdidas y por ende gastos innecesarios plasmándose en un Manual de Operación y Mantenimiento que servirá como guía para el correcto uso y fácil manejo del sistema alternativo planteado, con lo que se obtendrá un aporte importante en la calidad de vida de los pobladores de las zonas rurales y pequeñas ciudades disminuyendo la contaminación y enfermedades de origen hídrico.

# **INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO EN ZONAS RURALES Y PEQUEÑAS CIUDADES**

## **CAPÍTULO I**

### **I INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Generalidades**

#### **1.2 Área de influencia**

##### **1.2.1 Características generales**

###### **1.2.1.1 Hidrología**

###### **1.2.1.2 Clima**

###### **1.2.1.3 Vías de comunicación**

##### **1.2.2 Información socio-económica**

###### **1.2.2.1 Niveles de educación**

###### **1.2.2.2 Niveles de salud**

###### **1.2.2.3 Niveles de vivienda**

###### **1.2.2.4 Niveles de ingreso**

###### **1.2.2.5 Actividades económicas**

##### **1.2.3 Estudio de población**

###### **1.2.3.1 Datos estadísticos**

###### **1.2.3.2 Crecimiento poblacional**

###### **1.2.3.3 Desarrollo urbano**

## **CAPÍTULO II**

### **II OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1 Objetivos Generales**

#### **2.2 Objetivos Específicos**

## **CAPÍTULO III**

### **III MARCO TEÓRICO Y PRINCIPIOS PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CLORACIÓN**

- 3.1 Formas de desinfección
  - 3.1.1 Formas físicas
  - 3.1.2 Formas químicas
- 3.2 El cloro como desinfectante
  - 3.2.1 El cloro y sus derivados
  - 3.2.2 Efectos del cloro en los microorganismos patógenos
  - 3.2.3 Factores que inhiben la efectividad del cloro como Desinfectante
  - 3.2.4 Factores que coadyuvan la efectividad del cloro como desinfectante
- 3.3 Calidad del agua
  - 3.3.1 Pruebas físicas
  - 3.3.2 Pruebas microbiológicas
- 3.4 Efectos tóxicos del cloro
  - 3.4.1 Los trihalometanos
  - 3.4.2 Otros derivados del cloro
- 3.5 Cloro residual

## **CAPÍTULO IV**

### **IV APLICACIÓN DEL CLORO EN EL CAMPO**

- 4.1 Procedimiento seguido
  - 4.1.1 Caracterización del agua en puntos críticos
    - 4.1.1.1 Resultados
  - 4.1.2 Materiales, herramientas e insumos
  - 4.1.3 Construcción del dosificador
  - 4.1.4 Procedimiento de aplicación
    - 4.1.4.1 Preparación

4.1.4.2 Aplicación

**CAPÍTULO V**

**V EVALUACIÓN DE LOS MONITOREOS DE LA CALIDAD DEL AGUA**

- 5.1 Parámetros de monitoreo
- 5.2 Selección de los puntos de monitoreo
- 5.3 Evaluación de los parámetros en el monitoreo
- 5.4 Comentario e interpretación de los trabajos de campo

**CAPÍTULO VI**

**VI PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN POR GOTEO EXISTENTE**

- 6.1 Descripción de la propuesta de mejoramiento

**CAPÍTULO VII**

**VII MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO**

**CAPÍTULO VIII**

**VIII CONCLUSIONES**

- 8.1 Conclusiones
- 8.2 Recomendaciones
  - 8.2.1 Recomendaciones operacionales

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades.-

El saneamiento Básico es uno de los temas importantes que se debe considerar a todo nivel, esto es, a nivel nacional, regional y local; dentro de ello poner especial énfasis en la potabilización del agua, es en ese marco que se consideró desarrollar el presente trabajo de investigación, que ya fue visto de diferentes ángulos y tratados de varias maneras pues entendemos que el agua es el elemento vital, y consumiendo agua potable se puede mejorar el sistema de vida y reducir los problemas gastrointestinales.

El agua como recurso fundamental para todo ser vivo, requiere de un proceso que le proporcione las características necesarias para que al ser consumida por el hombre no le origine enfermedades o la muerte.

El agua es uno de los elementos básicos de nuestra vida, constituye el principal componente de nuestro cuerpo y es indispensable para el desarrollo del ser humano, llegando a considerarse como una necesidad básica el poseer agua potable para el consumo humano, para muchos esta necesidad no está satisfecha, sobretodo en los países en vías de desarrollo y especialmente en las áreas rurales de los mismos; la situación del agua potable es precaria por cuanto que más de la tercera parte de la población rural no tiene acceso a agua suficiente y limpia, lo que genera que las enfermedades diarreicas causen la muerte de millones de personas.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 80 % de las enfermedades infecciosas se transmiten mediante el agua, más de 3 millones de niños de menos de 5 años mueren cada año por causa de enteritis imputables a la no desinfección del agua (dato de: Organización de Usuarios y Trabajadores de la Química del Cloro, 2003).

Un agua para ser potable tiene que ser desinfectado, por lo tanto podemos decir que un desinfectante ideal es aquel agente químico o físico que asegure una



completa destrucción de los microorganismos, afectando lo menos posible el agua, los seres vivos que la consuman, los equipos que estarán en contacto con ella, el ambiente y además que su costo sea razonable.

Existen varios sistemas de desinfección de agua como la luz ultravioleta, el cloro, el ozono, entre otros. A pesar de que todos producen el mismo efecto final, el cloro se constituye en el desinfectante ideal ya que cumple con ser económico, efectivo, fácil de dosificar y deja un efecto residual que garantiza que el agua conservará las propiedades necesarias para ser consumible.

El cloro y sus derivados tienen una importante aplicación en el área de la desinfección. El uso del hipoclorito (blanqueador doméstico) garantiza una total protección contra virus, se utiliza habitualmente en la desinfección de material quirúrgico e instalaciones sanitarias y hospitalarias. En 1991 la supresión del uso del cloro en la potabilización del agua provocó una epidemia de cólera en Perú que produjo más de 3000 muertes (más de 19000 personas murieron por dicha causa en todo el mundo). Las epidemias surgidas en Ruanda como consecuencia de la guerra civil han sido controladas gracias al cloro y sus derivados. La epidemia de peste neumónica aparecida en la India en 1994 ha sido controlada mediante el antibiótico tetraciclina, en cuya obtención interviene el cloro. Sin embargo, el cloro es un producto corrosivo que atenta contra la salud, por lo que su manipulación requiere de una instrucción especial.

El agua de lagos, ríos y manantiales, es decir, en estado natural, se denomina agua cruda. Esta se caracteriza por ser turbia, tener color, olor, mal sabor, y presentar una multiplicidad de bacterias. Cuando no es naturalmente potable es necesario efectuar un tratamiento que puede ser físico, químico o microbiológico con el fin de ser apta para el consumo humano.

El proceso de potabilización de agua consta de varios subprocesos que son en su orden: oxidación química y adsorción, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

De los anteriores subprocesos el principal es el de la desinfección, el cual consiste en la eliminación de microorganismos no deseados en el agua. Los

microorganismos más comunes son: bacterias, virus, hongos y algas. Estos microorganismos son capaces de sobrevivir en el agua por semanas, dependiendo de factores ambientales, morfológicos y fisiológicos como: temperatura, pH, oxígeno disuelto, nutrientes existentes, competiciones con otros organismos, resistencia a influencias tóxicas y capacidad de formar esporas, entre otros.

Los desinfectantes más utilizados son el ozono, la luz ultravioleta y el cloro. Éste último con un porcentaje de utilización superior a los otros gracias a aspectos como su efectividad y sus costos.

El cloro es un gas amarillo verdoso de olor penetrante e irritante, denso y venenoso que puede licuarse fácilmente a la presión de 6,8 atmósferas y a 20°C. Es extremadamente oxidante y forma cloruros con la mayoría de los elementos.

El cloro fue descubierto en su estado gaseoso por el químico sueco Carl Wilhelm Scheeldeen en 1774, sin embargo, en 1910 se le identificó como un elemento químico por Sir Humphrey Davy y recibió la denominación de cloro. La palabra cloro proviene del nombre griego "*Chloros*" (verde pálido) a causa de su característico color.

## **1.2 Área de influencia.-**

El distrito de San Marcos se encuentra ubicado en la sierra norte en el flanco oriental de la Cordillera Blanca, bajo la jurisdicción de la Provincia de Huari, ubicándose en la parte sur de la provincia, pertenece al departamento de Ancash, tiene una extensión urbana de 33,4 hectáreas.

Se encuentra entre los 9° 30'00" Latitud Sur (Línea Ecuatorial) y 77°10'00" Longitud Oeste (Meridiano de Greenwich) y ubicada en la cota de 2964 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) La zona urbana o ciudad capital del distrito se encuentra delimitada por los ríos Mosna y Carash.

La investigación del sistema de cloración por goteo en zonas rurales y pequeñas ciudades se desarrollará en la ciudad de San Marcos y los poblados de:

Carash	Challhuayaco	Huancha
Carhuayoc	Chuyo	Huaripampa Bajo
Lucma	Pichiu San Pedro	Runtu
Manyampampa	Pujun	Salvia
Millhuish	Quishu	Tupec
Opayaco	Rancas	
Pacash	Rucuhuerta	



**Fig. 1.1 Mapa de la Provincia de Huari con referencia al Distrito de San Marcos**

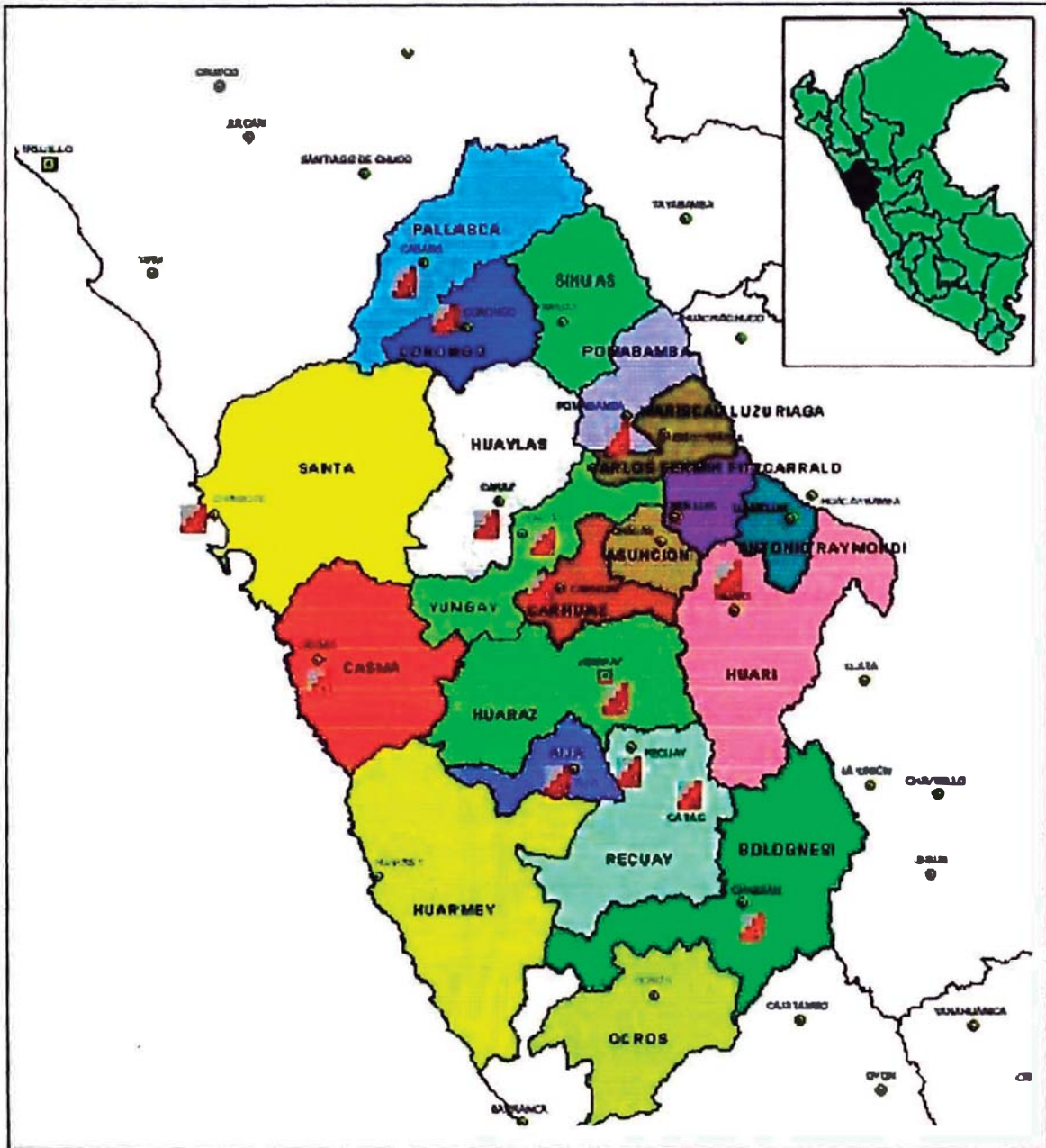


Fig. 1.2 Mapa del Departamento de Ancash



Fuente: SUM CANADA

Fig. 1.3 Área de Influencia del Estudio

## **1.2.1 Características generales**

### **1.2.1.1 Hidrología**

El Distrito de San Marcos pertenece a la cuenca del río Carash, se encuentra en el fondo de una profunda quebrada, flanqueado por la Cordillera Blanca por el Oeste y por montañas cuyas cumbres alcanzan los 4,800msnm por el Este. Las aguas que vienen desde ellas forman el riachuelo de Carash que llega hasta San Marcos donde se une al río Mosna.

**El río Mosna** se origina en la confluencia de las Quebradas Tallas, Pachachaca y Caracho a una altura aproximada de 3,800 m.s.n.m.

Discurre a lo largo del callejón de Conchucos pasando por los distritos de Chavin de Huantar y San Marcos para luego tomar el nombre de Puchca a partir de la unión de los ríos Mosna y Huari, esto ocurre a la altura de la zona llamada Pomachaca.

Luego de discurrir en dirección Nor-Oeste cambia a la dirección Nor-Este a la altura de la localidad Machac.

Por su ubicación con respecto al distrito de San Marcos no es apropiado para el uso de la agricultura de esta zona.

**El río Carash** es un tributario del río Mosna, se forma de la confluencia de las vertientes de las lagunas Pajoshccocho, Anta Mina, Condorcocho, Llagorrococho a la altura de la localidad de Carhuayoc y altitud de 3,200 m.s.n.m.

Discurre en la dirección Nor-Oeste hasta unirse con el río Mosna a la altura de la zona donde acaba la ciudad, pasando por las localidades de Carhuayoc, Carash y Huanchá. Por su ubicación (cota superior al distrito de San Marcos) es utilizada para la agricultura.

San Marcos se encuentra entre los 9° 30'00" Latitud Sur (Línea Ecuatorial) y 77°10'00" Longitud Oeste (Meridiano de Greenwich) y ubicada en la cota de 2964 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

Los ríos Carash y Mosna son los que están delimitando a la zona urbana.

La precipitación pluvial en la época crítica que es el invierno que se desarrolla en los meses Enero, Febrero, Marzo y Abril tiene un promedio de 600 mm

Existen manantiales cuyas aguas que afloran son filtraciones de las aguas que discurren por las quebradas, que provienen de las lagunas de las zonas más altas de la cordillera.

Los manantiales utilizados con fines de abastecimiento se denominan Lucmapampa que se encuentra ubicada dentro de la zona urbana y los manantiales Carash que se encuentran a 2,00 km de distancia en la margen izquierda del río del mismo nombre.

#### **1.2.1.2 Clima y Topografía**

El clima de la Provincia de San Marcos es seco y semi cálido, llegando a su temperatura máxima de 25 °C y a un mínimo de 12 °C, llegando a una temperatura promedio anual de 18 °C en la época calurosa y , en la estación de invierno se promedia hasta en 12 °C.

La topografía de la zona urbana de San Marcos es con pendiente moderada el cuál varía entre 3 -4 % en sentido Sur – Norte, en la misma pendiente de los ríos que transitan al margen de ella. La pendiente en sentido Este – Oeste es de 1 % terminando en un barranco de 20 mt. de profundidad que termina en el río Mosna. En cambio la topografía en las otras localidades donde se está realizando el trabajo de investigación es bastante accidentada sobretodo en los caminos de acceso.

#### **1.2.1.3 Vías de Comunicación**

Podemos acceder a la Ciudad de San Marcos por vía terrestre desde la Capital del Perú – Lima - a través de la ruta Lima – Pativilca – Cátac – Túnel de Cahuish (que se encuentra a una altitud de 4,450 msnm) - Chavín de Huantar (ubicado a una altitud de 3,140 msnm) – San Marcos, en un tiempo de aproximadamente 8 horas. Otra ruta para acceder a la ciudad de San Marcos es a través de la vía Huaraz, Lima – Huaraz – Cátac – Túnel de Cahuish – Chavín de Huantar - San Marcos, en un tiempo Lima – Huaraz, 7 horas y Huaraz – San Marcos, 3 horas, ruta de carretera asfaltada.

## 1.2.2 Información Socio-económica

### 1.2.2.1 Niveles de Educación

La ciudad de San Marcos cuenta con los siguientes servicios educativos:

**Cuadro 1.1 Servicios Educativos de San Marcos**

Institución Educativa Inicial	Nº de Docentes	Nº de Alumnos
IEI Nº 381	1	30
IEI Nº 231	3	54

Institución Educativa Primaria	Nº de Docentes	Nº de Alumnos
IEP Nº 36380	24	592

Institución Educativa Secundaria	Nº de Docentes	Nº de Alumnos
IES Pachacutec	32	839
IES República de Canadá	12	170

En el nivel Superior San Marcos cuenta con:

Instituto Superior Tecnológico San Marcos

### 1.2.2.2 Niveles de Salud

La ciudad de San Marcos cuenta con un Centro de Salud en el cual se atiende la población urbana del distrito, además también se atienden algunos pobladores de la zona rural que no cuenta con servicio de salud dentro de su comunidad

**Cuadro 1.2 Centro de Salud de San Marcos**

Área	Número de encargados
Consultorio	3 Médicos
Niños	2 Licenciados en enfermería
Mujer	2 Obstetras
Saneamiento Ambiental	1 Técnico
Admisión	2 Técnicos en Enfermería
Hospitalización	3 Técnicos en Enfermería
Farmacia	1 Técnico



### **1.2.2.3 Niveles de Vivienda**

En lo que respecta a los niveles de vivienda, el distrito de San Marcos en su zona urbana cuenta con un total de 787 viviendas según censo del año 1,993 del INEI de la Información del Censo de Población y Vivienda.

Las viviendas antiguas son de material adobe y tapial, lo mismo que las viviendas de los alrededores, también existen algunas viviendas más modernas construidas con ladrillo y cemento como es el caso de la Iglesia “Virgen Peregrina”, algunos de los centros de mayor importancia construidas en la provincia de San Marcos son:

Sector Salud:

Centro de Salud (CLAS-SAN MARCOS)

Sector Educación:

Centro Educativo Inicial

Centro Educativo Primaria N° 36380

Colegio Nacional Mixto Pachacutec

Instituto Superior Tecnológico San Marcos

Sector Comunicación:

Telefónica del Perú

Estación de Radio Municipal

Retransmisora de Televisión

Otros :

Puesto de la Policía Nacional del Perú

Banco de La Nación

Parroquia “Virgen Peregrina”

Palacio Municipal

Comedor Municipal

Hoteles y Restaurantes

Aldea Infantil Nuestra Señora del Perpetuo Socorro

### **1.2.2.3 Niveles de ingreso**

Los niveles de ingreso en la provincia de San Marcos a nivel de la población urbana son bastante diferenciados por cuanto es un grueso sector que solo vive de la crianza y venta de sus animales, un porcentaje mínimo es la que tiene labores específicos como es el caso de aquellos que laboran en la Compañía Minera Antamina.

El ingreso mínimo en promedio es de S/. 400.00

El ingreso máximo en promedio es de S/. 1000.00

Según Censo del Año 1993 de las CARÁCTERÍSTICAS Socio-Demográficas y de Vivienda del Departamento de Ancash, Provincia de Huari, Distrito de San Marcos, se tiene la siguiente distribución ocupacional:

1. PEA DE 6 A 14 AÑOS	12
2. PEA DE 15 Y MAS AÑOS DE EDAD	457
- Ocupados	444
- Desocupados	13
3. OCUPACION PRINCIPAL	
Agricultores y trab. calif. agrícolas	51
Obreros de manuf., minas, construc. y otros	62
Comerciantes al por menor	44
Vendedores ambulantes	27
Trab. no calif. de Serv. (exc. vend. amb.)	63
Otros	176
4. CATEGORIA OCUPACIONAL	
Asalariado	207
Independiente	156
Patrono	2
Trab. Fam. no Remunerado	49
Trab. del Hogar	22
5. ACTIVIDAD ECONOMICA	
Extractiva	85
Transformación	36
Servicios	

FUENTE: INEI - IX CENSO DE POBLACION Y IV DE VIVIENDA 1993

#### **1.2.2.5 Actividades Económicas**

Las actividades productivas predominantes en la zona son la agricultura, ganadería y la minería.

Agricultura.- Es una de las actividades importantes en el distrito, como el cultivo de la papa, trigo, cebada maíz y otros cereales, se desarrollan en riego como en

secano (Octubre a Febrero es la siembra y en los meses de Abril a Julio es la cosecha).

Ganadería.- Es una actividad que se desarrolla en la zona rural, como la crianza de vacunos, ovinos, porcino en algunos casos y otros animales menores que sirve como subsistencia en algunos casos y como complemento en otros.

Minería.- La actividad minera esta concentrado en la explotación de minerales como el zinc, cobre, plata y otros, por la Compañía Minera Antamina (CMA), también existen otras mineras pequeñas en donde laboran algunos pobladores.

### 1.2.3 Estudio de Población

#### 1.2.3.1 Datos estadísticos

El distrito de San Marcos concentra en su territorio, según datos estadísticos actualizados del INEI realizadas para el año 2005, a 12,737 habitantes, que representa el 18,03% de la población total de la provincia y el1.1% de la población total del departamento. En el siguiente cuadro se puede apreciar la evolución de la población del distrito según los censos desarrollados desde los años 1961 a 1993.

**Cuadro 1.3 EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE SAN MARCOS**

<b>CENSO</b>	<b>DISTRITO DE SAN MARCOS</b>	<b>ZONA RURAL</b>	<b>ZONA URBANA</b>
<b>1961</b>	<b>7,909</b>	<b>7,128</b>	<b>781</b>
<b>1972</b>	<b>9,686</b>	<b>8,717</b>	<b>969</b>
<b>1981</b>	<b>10,260</b>	<b>9,130</b>	<b>1,130</b>
<b>1993</b>	<b>11,660</b>	<b>8,876</b>	<b>2,784</b>

Fuente:INEI (Censos)

En los cuadros que a continuación se presenta, podemos apreciar y comparar la evolución del crecimiento poblacional del distrito de San Marcos respecto a la provincia de Huari y al departamento de Ancash, según los datos establecidos y actualizados del INEI.

**Cuadro 1.4 Evolución del crecimiento poblacional del distrito de San Marcos**

<b>AÑO</b>	<b>DEPARTAMENTO ANCASH</b>	<b>PROVINCIA HUARI</b>	<b>DISTRITO SAN MARCOS</b>
1990	972571	67859	11965
1991	981760	67469	11978
1992	989719	67079	11992
1993	997329	66690	12005
1994	1007424	66300	12019
1995	1015037	65910	12032
1996	1026140	66142	12084
1997	1038195	66374	12137
1998	1051018	66607	12188
1999	1064426	66839	12241
2000	1078235	67071	12293
2001	1092662	67633	12370
2002	1107828	68332	12459
2003	1123410	69107	12562
2004	1139083	69901	12647
2005	1154523	70654	12737

Fuente: INEI (Proyecciones) versión actualizada

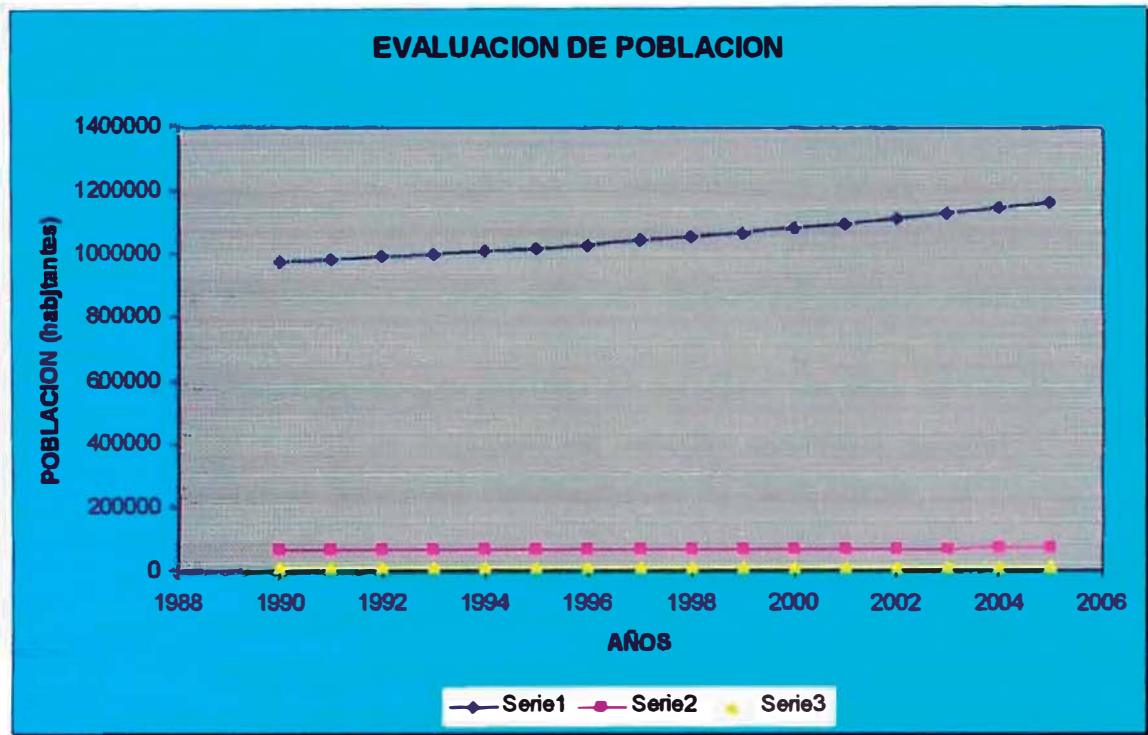


Fig 1.4 Evaluación Poblacional

### Densidad

La zona urbana del distrito de San Marcos ocupa 33,4 Ha. Área delimitada de Este a Oeste por los ríos Carash y Mosna y de Sur a Norte por la entrada a la zona urbana y la unión de los ríos mencionados.

En el cuadro se muestran la densidad urbana correspondiente al año 2001 y proyecciones.

Cuadro 1.5 Densidad Urbana 2001 en el distrito de San Marcos

Año	Area Urbana (Ha)	Población (hab)	Densidad (hab/Ha)
2001	33,4	3.007	90,03
2005	33,4	3.118	93,35
2010	33,4	3.257	97,51
2025	33,4	3.675	110,02

## Crecimiento poblacional

### Cálculo poblacional

El cálculo poblacional está basado en la determinación de la curva más representativa que nos permita calcular las proyecciones de la población para la ciudad de San Marcos-zona urbana, dato que nos servirá cuando deseamos hacer diseños a futuro.

Con la información proporcionada por INEI de los datos censales de los años 1961, 1972, 1981 y 1993 se evaluaron los métodos; aritmético, geométrico y parabólico obteniéndose las curvas representativas de cada método las que se muestran a continuación:

Método Aritmético:  $P_f = P_o (1 + 0,027248 t)$

Método Geométrico:  $P_f = P_i (1 + 0,05154043)^t$

Método Parabólico:  $P_f = 2784 + 160.51 t + 3.11 t^2$

La tasa de crecimiento calculado mediante los métodos aritmético y geométrico es de 2,7% y 5,1% respectivamente, las cuales no coinciden con las publicadas por el INEI en el Banco de Información distrital donde indica que la tasa de crecimiento intercensal entre los años 1981 – 1993 es de 1,00%.

La curva que más se acerca a lo dado por el INEI es el del método Parabólico

## CRECIMIENTO POBLACIONAL LOCALIDAD DE SAN MARCOS

### 1.0 METODO ARITMETICO

CENSO (Año)	POBLACION (Habitantes)
1,961	781
1,972	969
1,981	1,130
1,993	2,784

Ecuación :  $P_f = P_o ( 1 + r t )$

## Combinaciones con dos censos :

1,961	1,972	==== >	a =	2.19 %
1,961	1,981	==== >	a =	2.23 %
1,961	1,993	==== >	a =	8.01 %
1,972	1,981	==== >	a =	1.85 %
1,972	1,993	==== >	a =	8.92 %
1,981	1,993	==== >	a =	12.20 %

## Combinaciones con tres censos :

1,961	1,972	1,981	==== >	r1 =	2.03 %
1,961	1,972	1,993	==== >	r2 =	6.61 %
1,961	1,981	1,993	==== >	r3 =	5.97 %
1,972	1,981	1,993	==== >	r4 =	7.76 %

## Combinación con cuatro censos :

1,961	1,972	1,981	1,993	==== >	r5 =	5.85 %
-------	-------	-------	-------	--------	------	--------

Mínimos cuadrados :  $P_f = P_o + P_o i t$ 

t	Pf	t Pf	t <sup>2</sup>
0	2,784	0	0
-12	1,130	(13,560)	144
-21	969	(20,349)	441
-32	781	(24,992)	1,024
-65	5,664	(58,901)	1,609

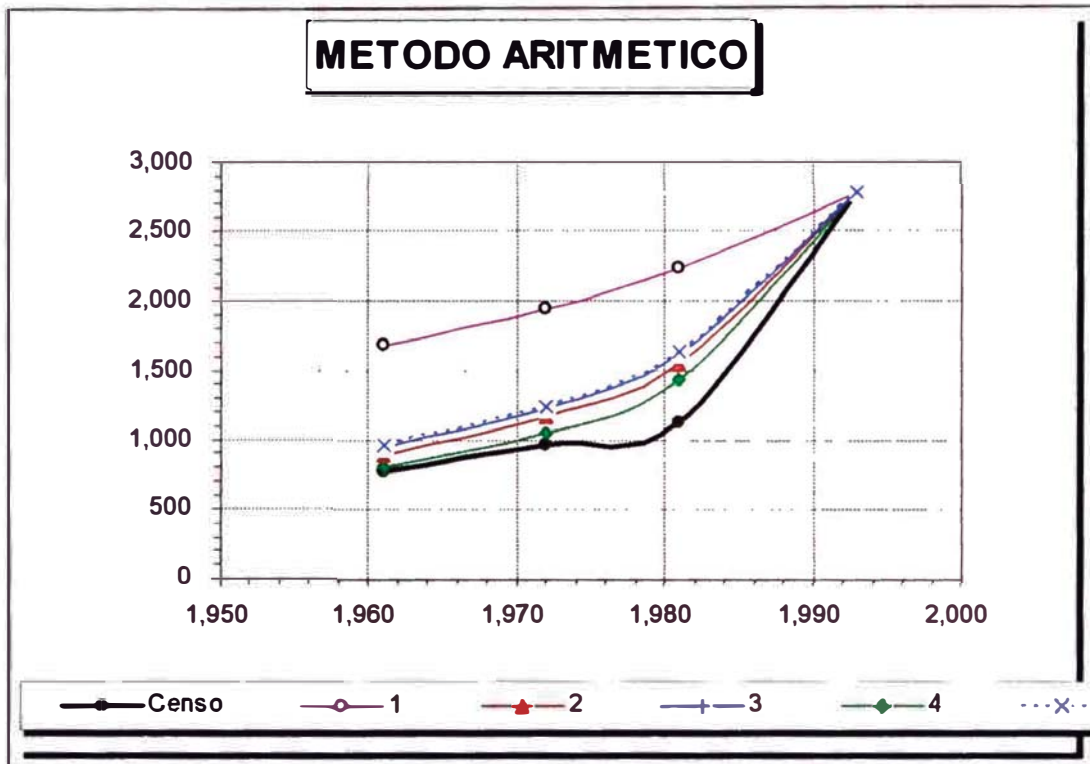
$$r = 2.72 \%$$

## Comportamiento histórico de las ecuaciones :

Curva	Tasa	1,961	1,972	1,981	1,993	Sumatoria	Diferencia
Censo		781	969	1,130	2,784	5,664	---
1	2.03%	1,686	1,950	2,237	2,784	8,657	2,993
2	6.61%	894	1,166	1,552	2,784	6,396	732
3	5.97%	956	1,235	1,621	2,784	6,596	932
4	7.76%	799	1,058	1,441	2,784	6,082	418
5	5.85%	969	1,249	1,636	2,784	6,638	974

Curva seleccionada:

$P_o = 2,784$ habitantes $r = 2.72 \%$
---



## 2.0. METODO GEOMETRICO

CENSO (Año)	POBLACION (Habitantes)
1,961	781
1,972	969
1,981	1,130
1,993	2,784

Ecuación :  $P_f = P_o ( 1 + r ) ^ t$

Combinaciones con dos censos :

1,961	1,972	=== >	a =	1.98%
1,961	1,981	=== >	a =	1.86%
1,961	1,993	=== >	a =	4.05%
1,972	1,981	=== >	a =	1.72%
1,972	1,993	=== >	a =	5.15%
1,981	1,993	=== >	a =	7.80%

Combinaciones con tres censos :

1,961	1,972	1,981	=== >	r1 =	1.86%
1,961	1,972	1,993	=== >	r2 =	3.71%
1,961	1,981	1,993	=== >	r3 =	3.19%
1,972	1,981	1,993	=== >	r4 =	4.08%



Combinación con cuatro censos :

1,961      1,972      1,981   1,993   ==>   r5 =      3.18%

Mínimos cuadrados :  $\log Pf = \log Po + t \log ( 1 + r )$

Mínimos cuadrados :  $\log Pf = \log Po + t \log ( 1 + r )$

-12	3.053	-36.637	144
-21	2.986	-62.713	441
-32	2.893	-92.565	1,024
-65	8.9320533	-191.91457	1609

$\log(1+r) = 0.01988$

Comportamiento histórico de las ecuaciones :

Curva	Tasa de Crecimiento	1,961	1,972	1,981	1,993	Sumatoria	Diferencia
Censo	-----	781	969	1,130	2,784	5,664	---
1	1.86%	1,543	1,891	2,232	2,784	8,450	2,786
2	3.71%	867	1,296	1,798	2,784	6,745	1,081
3	3.19%	1,019	1,440	1,910	2,784	7,153	1,489
4	4.08%	773	1,201	1,722	2,784	6,480	816
5	3.18%	1,021	1,441	1,911	2,784	7,157	1,493

Curva seleccionada:

Po = 2,784 habitantes  
r = 5.15 %

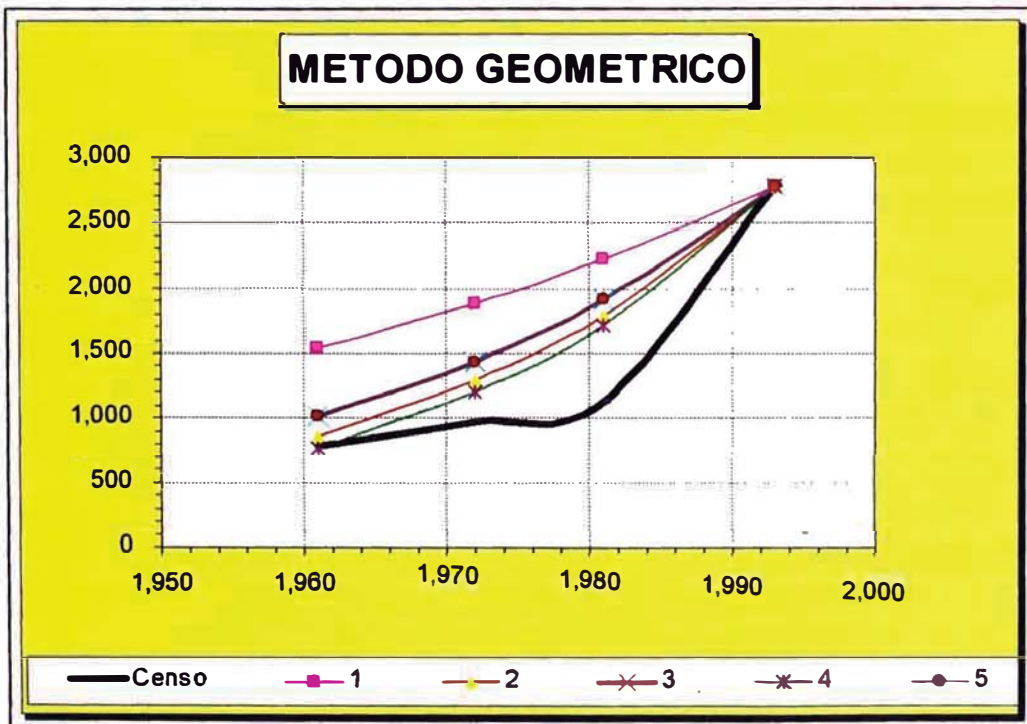


Fig 1.6 Método Geométrico

### 3.0. METODO PARABOLICO

CENSO (Año)	POBLACION (Habitantes)
1961	781
1972	969
1981	1130
1993	2784

Ecuación :  $Pf = A + B t + C t^2$

Combinaciones con tres censos :

1961	1972	1981	=== >	A1 =	2,784.00
				B1 =	19.21
				C1 =	0.04
1961	1972	1993	=== >	A2 =	2,784.00
				B2 =	131.93
				C2 =	2.17
1961	1981	1993	=== >	A3 =	2,784.00
				B3 =	182.98
				C3 =	3.76
1972	1981	1993	=== >	A4 =	2,784.00
				B4 =	206.37
				C4 =	5.71

Mínimos cuadrados :

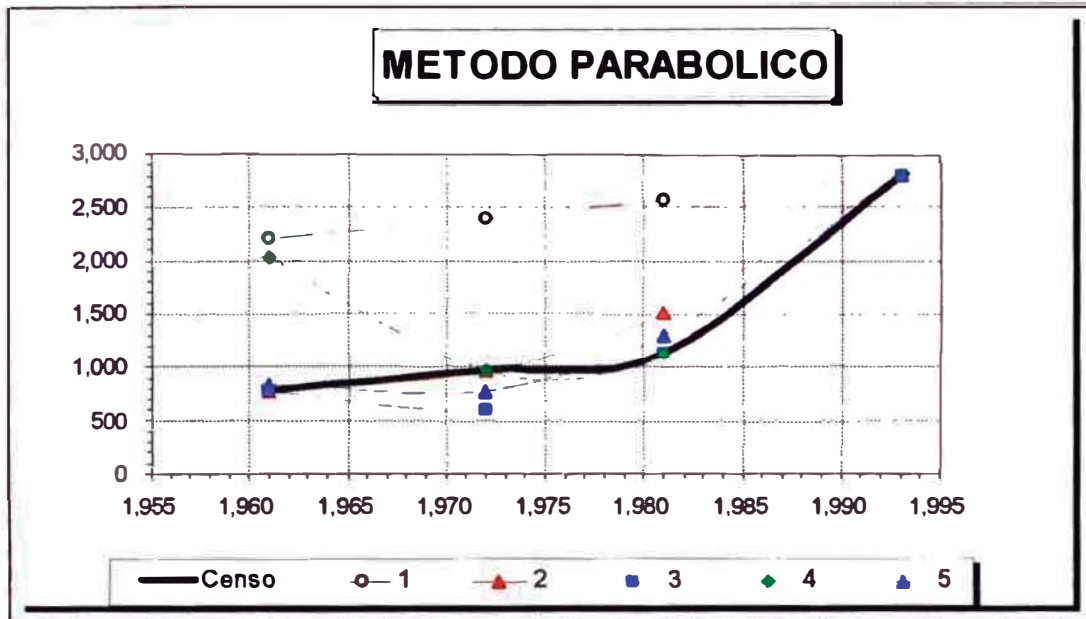
1961	1972	1981	1993	=== >	A5 =	2,784.00
					B5 =	160.51
					C5 =	3.11

Comportamiento histórico de las ecuaciones :

Curva	1,961	1,972	1,981	1,993	Sumator.	Diferenc.
Censo	781	969	1,130	2,784	5,664	---
1	2,210	2,398	2,559	2,784	9,951	4,287
2	781	969	1,512	2,784	6,046	382
3	781	600	1,130	2,784	5,295	369
4	2,028	969	1,130	2,784	6,911	1,247
5	835	786	1,306	2,784	5,711	47

Curva seleccionada:

A =	2,784.00
B =	160.51
C =	3.11



## 5.0 SELECCION DEL MODELO DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

Cálculo de la población futura tomando como referencia el crecimiento vegetativo del País:

Tasa de crecimiento del País = 0.00 %

Año	Censo	Arimético	Geométrico	Parabólico	Curva Elegida
1,993	2,784	2,784	2,784	2,784	2,784
1,997	2,784	3,087	3,403	3,476	3,476
1,998	2,784	3,163	3,579	3,664	3,664
1,999	2,784	3,238	3,763	3,859	3,859
2,000	2,784	3,314	3,957	4,060	4,060
2,001	2,784	3,390	4,160	4,267	4,267
2,002	2,784	3,466	4,375	4,481	4,481
2,003	2,784	3,541	4,600	4,700	4,700
2,004	2,784	3,617	4,837	4,926	4,926
2,005	2,784	3,693	5,086	5,158	5,158
2,006	2,784	3,768	5,348	5,397	5,397
2,007	2,784	3,844	5,623	5,641	5,641
2,008	2,784	3,920	5,913	5,892	5,892
2,009	2,784	3,996	6,218	6,149	6,149
2,010	2,784	4,071	6,538	6,412	6,412
2,011	2,784	4,147	6,874	6,682	6,682
2,012	2,784	4,223	7,228	6,957	6,957
2,013	2,784	4,298	7,601	7,239	7,239
2,014	2,784	4,374	7,992	7,527	7,527
2,015	2,784	4,450	8,404	7,822	7,822
2,016	2,784	4,526	8,837	8,122	8,122

Año	Censo	Arimético	Geométrico	Parabólico	Curva Elegida
2,017	2,784	4,601	9,292	8,429	8,429
2,018	2,784	4,677	9,770	8,742	8,742
2,019	2,784	4,753	10,273	9,061	9,061
2,020	2,784	4,829	10,802	9,387	9,387
2,021	2,784	4,904	11,359	9,718	9,718
2,022	2,784	4,980	11,944	10,056	10,056
2,023	2,784	5,056	12,559	10,400	10,400
2,024	2,784	5,131	13,206	10,751	10,751
2,025	2,784	5,207	13,886	11,107	11,107
2,026	2,784	5,283	14,601	11,470	11,470
2,027	2,784	5,359	15,353	11,839	11,839
2,028	2,784	5,434	16,143	12,215	12,215

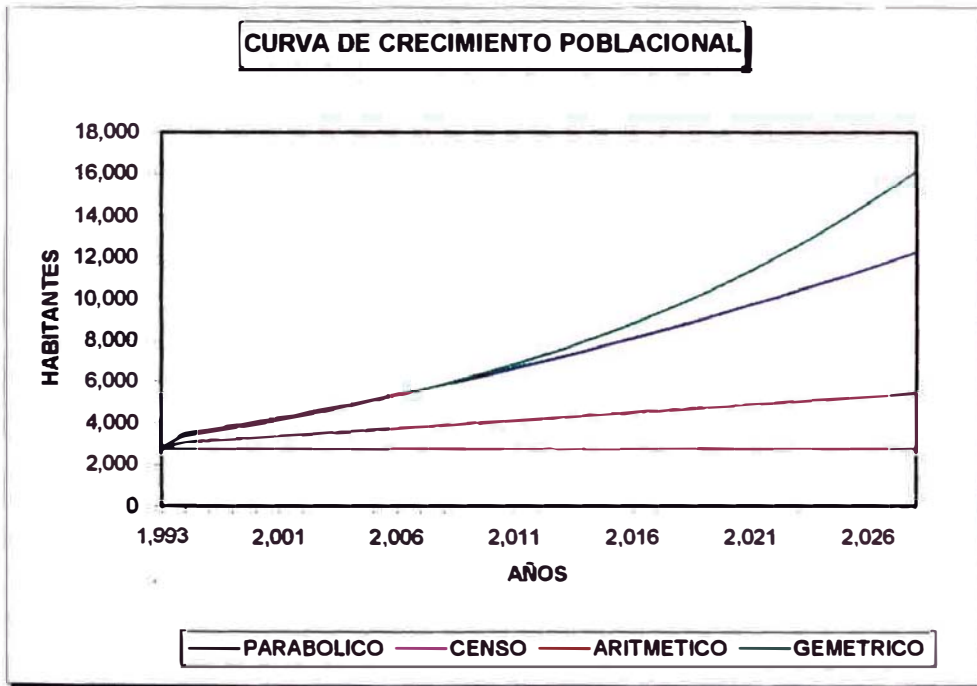


Fig 1.8 Curva de Crecimiento Poblacional

## **CAPITULO II .- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1 Objetivos Generales**

- Validar y mejorar lo que hasta el momento se viene aplicando en muchos casos en forma empírica, dándole un fundamento y marco teórico.
- Analizar y Evaluar el comportamiento del cloro en la dosificación por goteo, en cuanto a cantidad y calidad.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar, Analizar y Evaluar los Sistemas de Cloración por Goteo, proponiendo medidas que puedan mejorar su funcionamiento y disminuir sus costos.
- Estandarizar el uso del Cloro en sus diferentes presentaciones para su aplicación a un Sistema de Cloración por goteo.
- Concretar la investigación en la proposición de un Manual de Operación y Mantenimiento que sirva para el fácil y correcto uso del Sistema de Cloración.

### **CAPITULO III.- MARCO TEORICO Y PRINCIPIOS PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CLORACIÓN**

#### **3.1 Formas de desinfección.-**

La desinfección se ha utilizado durante muchos siglos. Sin embargo los mecanismos de desinfección no han sido conocidos sino hasta hace unos pocos cientos de años.

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos.

La desinfección se logra mediante desinfectantes químicos y/o físicos. Estos agentes también extraen contaminantes orgánicos del agua, que son nutrientes o cobijo para los microorganismos. Los desinfectantes no solo deben matar a los microorganismos sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la recontaminación del agua.

El funcionamiento de la desinfección consiste en la inactivación química de los contaminantes microbiológicos en agua natural o no tratada, es normalmente uno de los pasos finales de la purificación para la reducción de microorganismos patógenos en el agua. La combinación de diferentes pasos para la purificación del agua se utiliza para la producción de agua potable y segura para la salud.

La desinfección normalmente provoca la corrosión de la pared celular de los microorganismos, o cambios en la permeabilidad de la célula, cambios en la actividad de protoplasma celular o actividad enzimática (debido al cambio estructural de las enzimas). Estos problemas en la célula evitan la multiplicación de los microorganismos. Los desinfectantes también provocan la oxidación y

destrucción de la materia orgánica que son generalmente nutrientes y fuente de alimentación de los microorganismos.

### **3.1.1 Formas Físicas**

#### **3.1.1.1 Desinfección por Sedimentación Natural.-**

La sedimentación natural consiste en dejar el agua en reposo, para que los sólidos que posee se separen y se dirijan al fondo. La mayor parte de las técnicas de sedimentación se fundamentan en la acción de la gravedad.

La sedimentación puede ser simple o secundaria. La sedimentación simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de otro tratamiento especial; mientras mayor sea el tiempo de reposo mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbidez será menor, haciendo el agua más transparente.

El reposo natural prolongado también ayuda a mejorar la calidad del agua, pues provee oportunidad de la acción directa del aire y los rayos solares, lo cual mejora el sabor y elimina algunas sustancias nocivas del agua.

La sedimentación secundaria ocurre cuando se aplica un coagulante para producir el asentamiento del material sólido en el agua.

La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua, debido a la remoción por efecto de la gravedad de las partículas en suspensión presentes en el agua a causa de su mayor peso específico dando como resultado final un fluido clarificado.

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios.

La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua

o que han sido resuspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

### **3.1.1.2 Desinfección Mediante El Calor.-**

La desinfección de las aguas se ha utilizado durante mucho tiempo. Dos reglas básicas se pueden ya encontrar en el año 2000 a.C. que decía que las aguas debían ser expuestas a la luz del sol y filtrada con carbón. El agua impura se debía de hervir e introducir un trozo de cobre siete veces, antes de filtrar el agua.

Hervido, es una práctica segura y tradicional que destruye microorganismos patógenos tales como virus, bacterias, cercaria, quistes y huevos. Si bien es efectivo como tratamiento casero, no es un método factible para abastecimientos públicos de agua por que generaría un elevado costo. Sin embargo, en situaciones de emergencia se puede usar el hervido del agua como medida temporal en casos puntuales.

### **3.1.1.3 Desinfección Mediante La Luz y los Rayos Ultravioleta.-**

Esta tecnología simple y segura es recomendable para caudales bajos de sistemas residenciales, como para caudales comerciales de proyectos industriales.

La desinfección de agua por radiación ultravioleta es un proceso físico que no altera su composición química, su olor, ni su sabor. La seguridad de la desinfección UV está probada científicamente y constituye una alternativa segura, eficaz, sin el uso de agentes químicos. La radiación UV constituye una de las franjas del espectro electromagnético y posee mayor energía que la luz visible. La irradiación de los gérmenes presentes en el agua con rayos UV provoca una serie de daños en su molécula de ADN que impiden la división celular y causan la muerte. El mecanismo de la desinfección UV donde los



microorganismos son inactivados por la luz UV como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos es la **Dimerización del ADN**.

La luz ultravioleta es una región de energía del espectro electromagnético que cae entre la región de los rayos-X y la región visible. Como los niveles de energía aumentan al incrementar la longitud de onda, los rayos-X tienen más energía que los rayos ultravioleta y la luz UV tiene más energía que el espectro de luz visible.

Se han definido cuatro regiones del espectro UV- vacío UV entre 100 y 200nm, UVC entre 200 y 280nm, UVB entre 280 y 315nm, y UVA entre 315 y 400nm (Meulemans, 1986). La aplicación práctica de la desinfección UV se basa en la capacidad germicida de UVC y UVB.

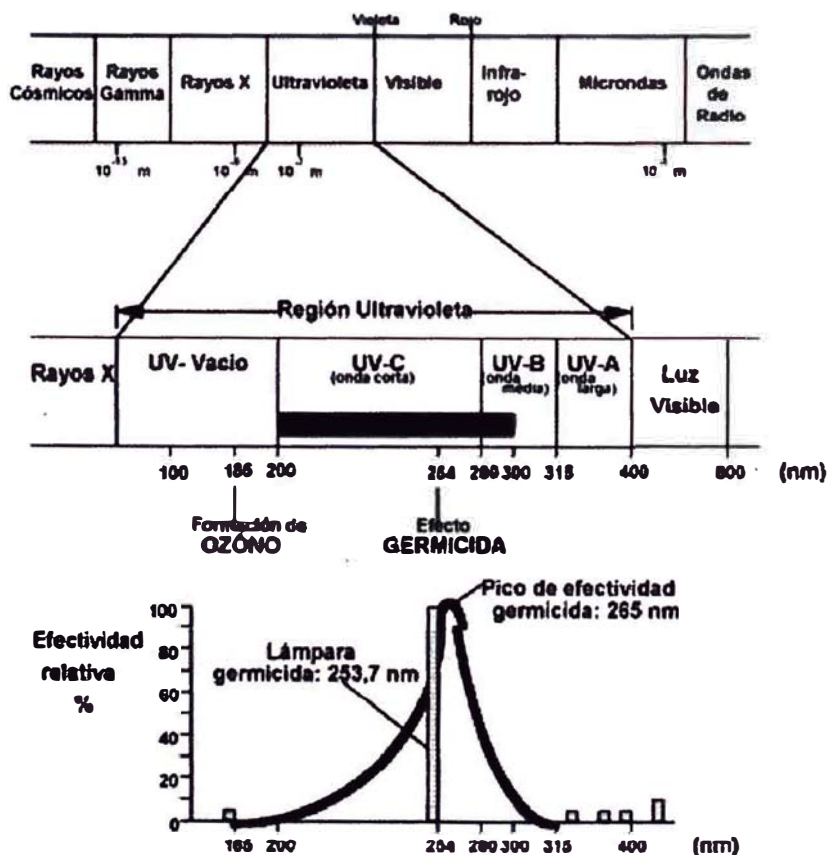


Fig. N° 3.1 La acción germicida óptima de la UV a los 254 nm.

Cuadro N° 3.1

## Destrucción e Inactivación de Organismos Mediante Energía UV

ORGANISMO	Porcentaje de Inactivación	Energía UV requerida para destrucción del organismo mw.seg/cm <sup>2</sup>
<b>Bacterias:</b>		
<i>Bacillus anthracis</i>	99,9964	8,7
<i>Clostridium tetani</i>	97,8456	22,0
<i>Corynebacterium diphtheria</i>	99,9999	6,5
<i>Escherichia coli</i>	99,9999	6,6
<i>Legionella pneumophila</i>	99,9999	—
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	99,9536	10,0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	99,9769	10,5
<i>Salmonella paratyphi</i>	99,9999	4,1
<i>Shigella dysenteriae</i>	99,9999	4,2
<i>Streptococcus faecalis</i>	99,9972	8,8
<i>Vibrio cholera</i>	99,9162	6,5
<b>Esporos de hongos:</b>		
<i>Aspergillus flafus</i>	---	99,0
<i>Mucor racemosus</i>	---	32,5
<b>Protozoarios:</b>		
<i>Chlorella vulgaris</i> (alga)	---	22,0
Huevos de nematoide	---	92,0
<i>Paramecium</i>	---	200,0
<b>Virus:</b>		
<i>Influenza virus</i>	99,9997	6,6
Poliovirus	99,7846	6,0
Virus de Hepatitis A infecciosa	---	8,0
<i>Rotovirus (Reovirus)</i>	98,3014	---
<b>Levaduras:</b>		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99,8179	6,6-8,8
<i>Saccharomyces salvajes</i>	---	13,2

## **APLICACIONES**

La siguiente lista muestra algunas áreas donde la UV se usa actualmente.

Aguas superficiales, Laboratorios, Embotelladoras, Pozos, Farmacéuticas, Cisterna, Granjas, Hidroponía, Electrónica, Hospitales, Restaurantes, Acuarios Cosméticos, Imprentas, Alimentos, Petroquímica, Panaderías, Destilerías, Fotografía, Escuelas.

## **OTRAS CONSIDERACIONES**

Como la UV es un proceso físico y no tiene ningún valor residual, es importante que todos los puntos de distribución del sistema después del esterilizador estén químicamente sellados para asegurar que el sistema esta libre de contaminación microbiana.

### **3.1.1.4 Desinfección Mediante La Radiación Solar.-**

Otro de los métodos de desinfección más simples para suministrar agua de calidad aceptable para el consumo humano es la radiación solar, que algunos técnicos han dado en llamar SODIS (del inglés "solar disinfection"). Este método es ideal cuando las condiciones económicas y socioculturales de la comunidad ponen en riesgo la sostenibilidad de otras alternativas de tratamiento y desinfección, como la filtración o el uso de cloro, aún cuando éstas también sean reconocidas como simples y económicas.

#### **a) Propiedades de la desinfección solar y descripción del método**

El proceso de desinfección solar es un proceso térmico que consiste en elevar la temperatura del agua por un espacio suficiente de tiempo en contenedores acondicionados para lograr la absorción del calor proveniente de la radiación solar. Estos contenedores pueden ser de diversos materiales conductores del calor; en todos los casos se busca que sean de color negro porque absorben mejor el calor en oposición a los colores claros, que por sus propiedades reflectoras acopian menos calor. El color oscuro permite un aumento acelerado de la temperatura del agua y la conservación del calor por más tiempo.

A pesar de lo interesante del método y de sus escasos requerimientos, la SODIS no ha alcanzado popularidad extendida. La razón es que hay demasiadas

variables que condicionan su eficiencia y la eventual seguridad del agua tratada. La latitud y la altitud geográfica, la estación, el número de horas de exposición, la hora, las nubes, la temperatura; el tipo, el volumen y el material de los envases que contienen el agua; la turbiedad de agua y el color; son, entre otros, los parámetros que podrían interferir en una desinfección perfecta.

La Organización Mundial de la Salud considera a la SODIS una opción válida, pero solo como un "método menor y experimental". Aun así, en áreas donde no hay otro medio disponible para desinfectar el agua, puede mejorar sustancialmente la calidad bacteriológica de la misma y representa un ejemplo más de que en ocasiones, si no se puede lograr la perfección, un paso hacia el "mejoramiento" es mejor que nada. Debe hacerse notar que en las comunidades en las que se ha promocionado este método de desinfección, se han obtenido mejores resultados cuando la medida fue promovida y vigilada por funcionarios de salud o por personal capacitado y dedicado (por ejemplo, voluntarios de alguna ONG ubicada en la comunidad).

La tecnología de la SODIS usa equipos como el calentador solar (de producción continua) y los sistemas en tanda, entre los que figuran la cocina solar, el concentrador solar y una gama de destiladores. También se hará referencia a la propuesta suiza del Instituto Federal Suizo para la Ciencia y tecnología Ambiental (EAWAG) ha promocionado el uso de botellas y recipientes pintados de negro para un ámbito familiar donde se desinfectan pequeños volúmenes de agua.

Todos esos equipos son sencillos, económicos y fáciles de operar. La aceptación que han tenido en varias regiones del mundo ha confirmado que representan una solución atractiva y apropiada.

### Procedimiento para la Exposición



Fuente: Manual SODIS

### Fig. N°3. 2 Método SODIS en botellas

#### b) Mecanismos de la desinfección solar

Existe un par de trabajos que postulan que buena parte del poder de desinfección de la SODIS se debe a la acción fotoquímica. Tal como se vió, la radiación ultravioleta tiene el poder de aniquilar microorganismos y por ello se ha argumentado que la porción ultravioleta que acompaña a la porción visible cuando se expone agua a la luz del sol sería la responsable de la acción bactericida. Pero lo cierto es que la porción realmente bactericida del componente ultravioleta, que corresponde al rango del UV-C (200-280 nm), es la que menos está presente en la radiación solar y aun suponiendo que fuera suficiente para tener algún poder de desinfección, se ha comprobado científicamente que la mayoría de los materiales, incluso los transparentes a la luz solar, como el vidrio y el plástico, son casi totalmente opacos a la radiación ultravioleta.

Para hacer válida su teoría los defensores de la SODIS plantean que la luz UV-A tiene un efecto letal en los patógenos presentes en el agua a pesar que como ya se ha visto en el tema anterior de la desinfección por los rayos Ultravioleta que el

rango germicida varía desde los 200 hasta los 280 nm, siendo el mayor efecto a los 254 nm, es obvio mencionar que los rayos UV en el rango mencionado son absorbidos por la capa de ozono y que es la razón por la cual es necesario que se tenga una máquina que emita estos rayos UV .

Esta es la razón por la cual, tal como se vió, los tubos ultravioletas que se utilizan para la desinfección están encerrados en camisas protectoras de cuarzo, único material que es verdaderamente transparente a ese tipo de radiación (el teflón, que se utiliza en algunos equipos es el único plástico parcialmente transparente). El resultado de este simple análisis es que si se expone agua a una radiación escasa y además se interpone un filtro prácticamente opaco a la misma, entonces la capacidad desinfectante de esa radiación es necesariamente nula o, en el mejor de los casos, despreciable. Decididamente, la SODIS no opera bajo el pretendido mecanismo de la fotoquímica. **El funcionamiento de la SODIS se basa entonces en la pasteurización, que es un proceso térmico.**

En contraposición, la pasteurización se define como la exposición de una sustancia (normalmente alimenticia, incluida el agua), "durante el tiempo suficiente a una considerable temperatura para destruir los microorganismos que puedan producir enfermedad o dañar las condiciones del alimento".

Las altas temperaturas tienen un marcado efecto sobre todos los microorganismos; las células vegetativas mueren debido a la desnaturalización de las proteínas y la hidrólisis de otros componentes. En el agua, si bien hay algunas bacterias con capacidad de esporular, lo que las hace particularmente resistentes al calor, en general puede afirmarse que la mayoría de las bacterias mueren entre los 40 y los 100° C, mientras que las algas, protozoarios y hongos lo hacen entre los 40 y los 60° C.

**Cuadro N° 3.2**  
**RESISTENCIA TERMICA DE LOS MICROORGANISMOS**

Microorganismos	Temperatura para una desinfección al 100%		
	1 minuto	6 minutos	60 minutos
Enterovirus			62 °C
Rotavirus		63 °C	por 30 minutos
Coliformes Fecales	A 80 °C	desinfección completa	
Salmonella		62 °C	58 °C
Shigella		61 °C	54 °C
Vibrio Cholerae			45 °C
Quistes de Entamoeba Histolytica	57 °C	54 °C	50 °C
Quistes de Giardia	57 °C	54 °C	50 °C
Huevos y larvas de gusano ganchudo		62 °C	51 °C
Huevos de Ascaris	68 °C	62 °C	57 °C
Huevos de Esquistosoma	60 °C	55 °C	50 °C
Huevos de Tenia	65 °C	57 °C	51 °C

Fuente: Guía de Aplicación , Manual SODIS

### 3.1.2 Formas Químicas.-

#### 3.1.2.1 DESINFECCIÓN MEDIANTE EL CLORO.-

En 1881, el bacteriólogo alemán Robert Koch demostró, bajo condiciones controladas de laboratorio, que el hipoclorito (lejía) podía destruir cultivos puros de bacterias. El grueso de la investigación sobre desinfección con cloro realizada desde los años cuarenta a los setenta, con énfasis en las bacterias, proporcionó observaciones sobre la manera en que el cloro mata a estos microorganismos. Las observaciones que las células bacterianas dosificadas con cloro liberan

ácidos nucleicos, proteínas y potasio y las funciones de la membrana, tales como la respiración y el transporte activo, resultan más afectadas por el cloro que los procesos citoplasmáticos, dirigieron la atención de los investigadores a la superficie de la célula bacteriana. La hipótesis fue que, bajo una presión ambiental, la pared de la célula bacteriana podía interactuar con el cloro. La exposición al cloro parece causar alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de la célula.

De esa manera destruye la barrera protectora de la célula, con lo que concluyen las funciones vitales y se produce la muerte del microorganismo, lo que significa que ya no es capaz de crecer ni causar enfermedad alguna.

Los productos químicos basados en cloro han sido los desinfectantes preferidos para tratar el agua potable durante casi un siglo. De hecho, en los Estados Unidos, 98% de todos los sistemas de abastecimiento que tratan el agua emplean desinfectantes basados en cloro. Estas instalaciones usan cloro porque ha resultado sumamente bueno, es seguro de usar cuando se maneja adecuadamente y es muy eficaz en función de costos.

Los atributos más importantes del cloro son su potencia germicida de amplio espectro y su persistencia en los sistemas de distribución de agua, también su capacidad para abordar eficaz y económicamente muchas otras preocupaciones relacionadas con el tratamiento del agua ha contribuido a su amplio uso. Los compuestos basados en cloro son los únicos desinfectantes importantes que presentan propiedades residuales duraderas. La protección residual impide un nuevo crecimiento microbiano y previene la contaminación del agua durante su recorrido desde la planta de tratamiento hasta la distribución a nivel doméstico.

#### **Factores por el cual el cloro es escogido como desinfectante**

Un estudio realizado por J. Carrell Morris, de la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard, identificó muchos de los beneficios del cloro en el tratamiento del agua (Morris, 1985).



- Germicida potente. Se ha demostrado que el uso del cloro reduce el nivel de los microorganismos patógenos en el agua potable hasta niveles casi imposibles de medir.
- Cualidades residuales. El cloro produce una acción desinfectante residual sostenida que es "única entre los desinfectantes de agua en gran escala disponibles". La superioridad del cloro como desinfectante residual sigue siendo válida hasta hoy. La presencia de un residuo sostenido mantiene la higiene del agua potable final desde la planta de tratamiento hasta el grifo del consumidor.
- Control del gusto y olores. La cloración del agua potable reduce los gustos y olores. El cloro oxida muchas sustancias que se presentan naturalmente, tales como las secreciones de algas malolientes y los olores de la vegetación en descomposición, lo que da como resultado agua potable inodora y con mejor sabor.
- Control del crecimiento biológico. La potente acción germicida del cloro elimina las bacterias, mohos y algas. El cloro controla estos organismos molestos que por lo general crecen en los reservorios, en las paredes de las troncales de transmisión de agua y en los tanques de almacenamiento.
- Control químico. El cloro en el tratamiento del agua destruye el sulfuro de hidrógeno y elimina el amoníaco y otros compuestos nitrogenados que tienen sabores desagradables y obstaculizan la desinfección.

### **El cloro en la salud pública**

El beneficio principal del agua potable clorada es la protección de la salud pública a través del control de las enfermedades transmitidas por el agua. La cloración desempeña una función primordial en el control de los agentes patógenos presentes en el agua, tal como lo demuestra la virtual ausencia de enfermedades transmitidas por el agua, como la tifoidea y el cólera, en los países desarrollados.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable sin tratar, o con un tratamiento inadecuado, siguen siendo la mayor amenaza para la salud pública, especialmente en los países en desarrollo, donde casi la mitad de la población consume agua contaminada. En estos países, enfermedades como el cólera, la

tifoidea y la disentería crónica son endémicas y matan a niños y a adultos. En 1990, más de tres millones de niños menores de cinco años murieron por enfermedades diarreicas.

Lamentablemente, en muchas áreas prácticamente no existen sistemas de abastecimiento de agua potable debido a la pobreza, la poca comprensión de los peligros de la contaminación de agua y la falta de infraestructura para el tratamiento y la distribución del agua. Los organismos de cooperación internacional, incluida la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), llevan a cabo desde hace mucho tiempo programas de asistencia técnica y educación destinados a mejorar las prácticas de abastecimiento de agua y saneamiento. Se estima que tales mejoras (incluida la desinfección con cloro) pueden prevenir 25% de los brotes diarreicos y reducir la mortalidad infantil en niveles similares (Craun, 1996).

Las estadísticas refuerzan firmemente el concepto de que la desinfección del agua debe ser una herramienta esencial para la protección de la salud pública en todo el mundo. Según destaca la academia de Microbiología de los Estados Unidos: "El requisito más importante que se debe recalcar es que no se debe mediatizar la desinfección de un abastecimiento público de agua" (Ford y Colwell, 1996).

### **3.1.2.2 DESINFECCIÓN MEDIANTE EL YODO**

A casi 2 siglos de su descubrimiento el elemento yodo todavía no deja de dar sorpresas; este elemento fue descubierto por el año de 1811 por el francés Bernard Courtois en las algas marinas conocidas como "kelp". Su primera aplicación fue en la forma de tinturas de yodo con objetivos antisépticos, se reporta su uso por cirujanos franceses en el año de 1839 y también fue utilizado para curar heridas durante la guerra civil de los Estados Unidos. Es hasta fines del siglo XIX que se observa ó sospecha su relación con el problema de bocio en humanos. No es hasta las dos primeras décadas del siglo XX que se establece

su participación en definitiva en el metabolismo humano y se establece como esencial para la nutrición animal. Los estudios sobre la posible participación del yodo en plantas se realizan por un lapso de tiempo cercano a tres décadas, esto es durante los años 20s y 30s del siglo XX, y lo ubican como no esencial para plantas e inclusive con riesgos de ser fitotóxico en aquellos casos de manejo de dosis relativamente altas.

El yodo es un desinfectante excelente para el agua. Es eficaz contra las bacterias, los virus y otros microorganismos de enfermedades transmitidas por el agua. Sin embargo, su disponibilidad y uso han sido limitados. Su costo es de 6 a 10 veces mayor que el cloro. El empleo de una solución de 2 por ciento de tintura de yodo es un medio práctico para desinfectar agua en pequeñas cantidades.

Una dosificación de dos gotas por litro puede ser suficiente para el agua clara. Al igual que en el caso del cloro, la turbiedad puede interferir y, si hay partículas presente, éstas pueden proteger a los microorganismos. La filtración como tratamiento preliminar aumenta la efectividad.

Después de la aplicación del yodo, el agua debe mezclarse y dejarse reposar durante 15 a 20 minutos. El agua tratada con yodo es apropiada para el lavado de las hortalizas. Normalmente se recomienda que se laven y se dejen reposar en una solución durante unos 10 minutos.

Como se puede apreciar el conocimiento y usos del yodo ha cambiado mucho en los últimos 20 años, esto contrasta mucho que lo aprendido de los años 70s para atrás.

El yodo es un halógeno de mayor peso atómico y por su bajo poder de oxidación es más estable, es la razón por la que su residual se conserva por mucho mayor tiempo si lo comparamos con el cloro.

Cuadro N° 3.3

COMPARACION DE LOS HALOGENOS

HALOGENO	Peso Atómico	Peso Molecular	Potencial Oxidación	Solubilidad en agua-mol/lit
FLOUR	19.0	38	- 2.85 volt.	
COLORO	35.5	70.9	- 1.36 volt	0.0900
BROMO	79.9	159.8	- 1.06 volt	0.2100
YODO	126.9	253.8	- 0.54 volt	0.0013

De acuerdo a la tabla el yodo es poco soluble en el agua y la reacción que puede tener es como molécula (I<sub>2</sub>) o ión (I); se considera eficaz cuando la molécula se encuentra asociada con alguna molécula orgánica.

El yodo al mezclarse con el agua se disocia para formar un ácido hipoyodoso.



## Características del yodo

- No forma yodaminas en presencia del amoníaco
- No reacciona con los fenoles, pero produce un sabor medicinal a concentraciones mayores que 1 mg/lit.
- A una concentración menor que 0.5 mg/lit puede ser aceptable.
- Al aplicar una dosis de 0.5 mg/lit se produce la destrucción del 99.99% de E. Coli en un tiempo de 1 minuto

### 3.1.2.3 DESINFECCIÓN MEDIANTE EL BROMO

Fue descubierto en 1826 por el químico francés Balard en las aguas madres de las salinas del Mediterráneo; existe en forma de bromuros de potasio y de sodio (KBr y NaBr) en el agua de mar. Su nombre proviene del griego bromos, que significa hedor.

Es un líquido de color rojo oscuro, volátil, de olor fuerte y sofocante que provoca tos y hemoptisis. Produce quemaduras peligrosas que tardan en cicatrizar. Su densidad a 0 grados es de 3.19. Se solidifica a  $-7^{\circ}$  y hierve a  $59^{\circ}$ ; se disuelve en agua en una proporción aproximada de 3% (agua de bromo). Sus propiedades químicas recuerdan las del cloro, aunque menos energéticas.

Sus aplicaciones son como las del cloro, es decolorante y antiséptico.

El bromo, al igual que los otros halógenos tiene propiedades desinfectantes, reacciona con el amoníaco para formar brominas y presenta un fenómeno de punto de quiebre a una relación teórica Br:N de 17:1.

El bromo y sus compuestos se usan como agentes desinfectantes en albercas y agua potable. Algunos de sus compuestos son más seguros que los análogos de cloro, por la persistencia residual de los últimos.

Aunque el bromo es un antimicrobiano más activo que el cloro, hasta la fecha se han conseguido pocos productos liberadores de bromo en el mercado de desinfectantes. La bromoclorodimetilhydantoina ha sido utilizada en el tratamiento del agua y el bromuro sodico se añade comunmente en polvo a las formulaciones sanitarias que contienen productos de cloro activo.

Al hidrolizarse en el agua forma ácido hipobromoso



La dosis mínima residual que debe aplicarse es de 0.4 gr/m<sup>3</sup>. En esta dosis y cualquiera que sea el pH, no provoca olor en el agua ni tampoco produce irritaciones a los ojos.

Si bien la eficacia del bromo es comparable a la del cloro y el yodo en la destrucción de microorganismos, su costo es más alto que el de dichos compuestos y su manejo (en especial el del bromo líquido) crea problemas. Es por eso que se ha limitado su uso a la desinfección de piscinas pues produce menor irritación de los ojos que el cloro.

#### **3.1.2.4 DESINFECCIÓN MEDIANTE LA PLATA IONIZADA**

Desde el tiempo de los Fenicios ya se conocían los efectos de desinfección con la plata, éstos introducían monedas de plata en las ánforas de cerámica y cobre para la conservación del agua.

En 1.945, WILLIAM J. RYAN ingeniero americano, define: "El proceso de esterilización con plata iónica está basado en el fenómeno conocido de que el agua adquiere propiedades bactericidas después de un tiempo en contacto con metales. El procedimiento consiste en la introducción de una cantidad minúscula de plata en el agua en forma de solución iónica, haciendo pasar el agua a través de electrodos de plata entre los que circula una corriente eléctrica".

"Una ventaja de este agua tratada es que está libre de sabor, olor, y efecto irritante sobre los ojos, piel, etc., efecto que suele presentarse con los otros agentes esterilizadores".

La finalidad del proceso de Ionización es la eliminación de bacterias en los líquidos, debido a su manifiesta acción germicida a muy bajas concentraciones.

La ionización se utiliza como tratamiento secundario para la eliminación de bacterias y virus, lográndose así, mantener el agua libre de nuevas contaminaciones por varios meses. Con dosificaciones pequeñas y con tiempos de contacto no demasiado largos se logran buenos resultados dada su generación fácil y económica.

### Principio de funcionamiento

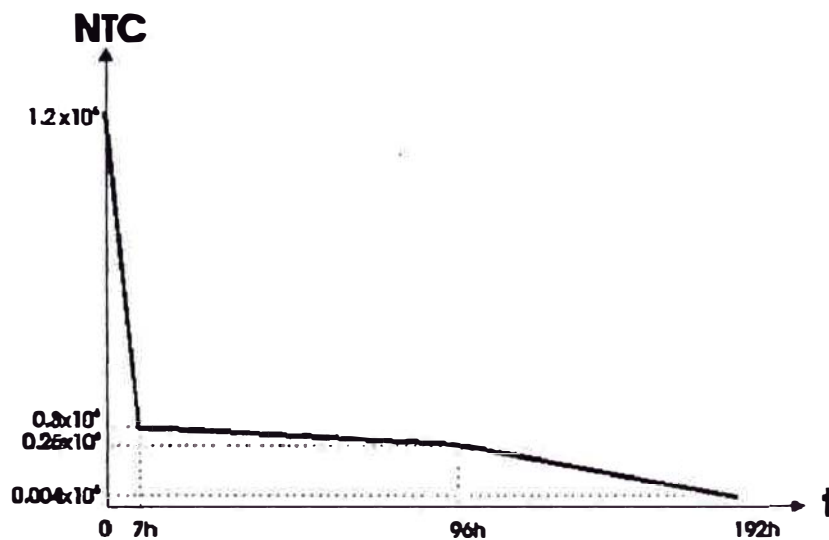
La generación de plata en los equipos ionizadores, se realiza a partir de agua filtrada, que atraviesa un conjunto de placas que se hallan polarizadas alternativamente y controladas en su secuencia por un sistema electrónico que es regulado según necesidad para aportar al agua la dosificación correcta, logrando así la mayor economía con seguridad total.

De esta manera, se produce una oxidación de la plata metálica que se transforma en plata ionizada en el electrodo activo, y una reducción en el electrodo pasivo. Para que el desgaste sea parejo, periódicamente se invierte el sentido de circulación de corriente.

### Toxicidad

El agua tratada con iones plata, no tendrá ningún efecto nocivo sobre el organismo humano, si se mantienen concentraciones adecuadas. Para lograr una acción aceptable en un tiempo razonable, las concentraciones deben ser próximas a los 0,05 mg/L, y no superar este valor. Tampoco afecta el sabor ni el olor del agua, lo cual es especialmente ventajoso para su uso en aguas envasadas.

Fig. N°3.3 Acción bactericida de la plata en función del tiempo



En la misma puede observarse la reducción del número de colonias en un 75% en las primeras horas de contacto con los iones plata.

#### Propiedades químicas

El contenido sano y natural de sales minerales como también las propiedades químicas del agua no sufren ningún cambio por el tratamiento.

El poder bactericida de los iones plata aumenta en presencia de un valor de ph y temperatura más alta (Lo contrario a lo que ocurre con el cloro). En aguas de temperaturas más bajas, el efecto germicida sobre las bacterias y virus tiene tendencia a ser más lento. A una misma temperatura y dosis de iones plata, al aumentar el ph aumenta el efecto bactericida pero al mismo tiempo la solubilidad de la plata es menor.

#### Algunas aplicaciones

De acuerdo con lo descrito anteriormente, utilizando este método se pueden abordar dos problemas del agua: la desinfección, como tratamiento secundario, y la conservación por su efecto residual. En la desinfección se aniquilan los gérmenes presentes, y al mismo tiempo, se protegen de reinfecciones posteriores una vez almacenada.

Esta tecnología tiene además posibilidades de uso en las fábricas de conservas, en la industria pesquera, en la producción de hielo en escamas, en piletas y en instalaciones de aire acondicionado.

#### **3.1.2.5 DESINFECCIÓN MEDIANTE EL OZONO**

El ozono es en la actualidad, tanto por su costo como por su eficacia como desinfectante el más serio competidor del cloro.

El ozono es una molécula de carácter oxidante formada por tres átomos de oxígeno. Su uso se ha ido generalizando con el paso del tiempo en la desinfección de aguas, área donde muestra gran eficacia. Sus principales ventajas son que no deja residuos químicos y no confiere aromas u olores



particulares al producto final, como ocurre con otros desinfectantes como el hipoclorito.

El ozono es un gas de olor característico y de color ligeramente azul que se puede sentir después de las tempestades. El olor es generalmente perceptible por la nariz humana en concentraciones entre 0,02 y 0,05 ppm, lo que es aproximadamente  $1/100^{\text{avo}}$  del nivel de exposición recomendado en 15 minutos.

El equipo necesario para producirlo es bastante costoso y de difícil mantenimiento. Se ha usado preferentemente en plantas de tratamiento de aguas potables en Europa y en desinfección en los Estados Unidos, por cuanto no deja efecto residual y por consiguiente no interfiere con el ecosistema de los ríos y embalses donde dichos líquidos cloacales son descargados, Es apto para descomponer detergentes, pesticidas, trihalometanos y otras muchas sustancias orgánicas presentes en el agua. Además, neutraliza cianuro, amoniaco, nitritos y urea.

El ozono se produce haciendo pasar aire seco entre los electrodos de un generador, fue introducida por un ingeniero electricista de nacionalidad alemana llamado Werner Von Siemens. Entre dichos electrodos hay un material aislante que transporta la electricidad por inducción tal como vidrio.

El ozono se desintegra rápidamente en el agua de forma que los residuales solo permanecen por corto tiempo. La velocidad con que esto ocurre se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\text{Log } C_0 / C = x (t - t_0)$$

En donde:

$C_0$  = concentración de ozono aplicado

$C$  = concentración después del tiempo  $t$

$t$  = tiempo

$t_0$  = tiempo inicial

$x$  = coeficiente de destrucción, el cual varía entre 0,1 y 0,3.

La dosis de ozono necesaria para desinfectar el agua cambian según la calidad de éstas, así:

- Aguas subterráneas de buena calidad con baja turbiedad y contenido mineral 0,25 a 0,5 mg/l.
- Aguas superficiales de buena calidad bacteriológica y el ozono aplicado después de la filtración 2 a 3 mg/l.
- Aguas superficiales contaminadas y con el ozono aplicado después de la filtración 2,5 a 5 mg/l.

Debido a la rapidez con que el ozono mata a los microorganismos los pequeños tiempos de contacto no crean mayor problema.

Por su gran poder de oxidación, el ozono puede ser usado no solo para desinfección, sino para otros procesos tales como oxidación de hierro y manganeso, decoloración y remoción de sabor y olor.

La eficacia del ozono depende del tiempo, la concentración empleada, la presencia de materia orgánica y la existencia de otros contaminantes

### **ACCION MICROBICIDA DEL OZONO**

La capacidad desinfectante del ozono se basa en su potencial oxidante, produciendo una intoxicación intracelular que conduce a la muerte de los microorganismos. Consecuentemente, cuanto más sucia esté el agua, menos efectivo será el ozono.

El **OZONO**, debido a sus propiedades oxidantes, puede ser considerado como uno de los agentes microbicidas más rápido y eficaz que se conoce. Su acción posee un amplio espectro que engloba la eliminación de:

- a) Bacterias (efecto bactericida)
- b) Virus (efecto viricida)

- e) Hongos (efecto fungicida)
- d) Esporas (efecto esporicida)

### **ACCION DESODORANTE**

Es una de las propiedades mejor comprobadas, debido a su gran utilidad en todo tipo de locales de uso público y en el tratamiento de ciertos olores de origen industrial.

El OZONO posee la propiedad de destruir los malos olores atacando directamente sobre la causa que los provoca, y sin añadir ningún otro olor. Para lograr esto último resulta extremadamente necesario no exceder la concentración del OZONO requerida para un determinado local, ya que si ésta se encuentra muy elevada, quedaría un residual fuerte de OZONO presente en el aire y se percibiría un cierto olor.

### **VENTAJAS**

- Oxida al hierro, manganeso y sulfuros
- Es más efectivo que el dióxido de cloro y cloraminas en la inactivación de virus, Cryptosporidium y Giardia
- Elimina y controla los problemas de olor, sabor y color
- No forma subproductos halogenados, a no ser que haya presencia de bromuros
- Requiere una concentración y tiempo de contacto menor para su labor de desinfección
- Su efectividad no está influida por el Ph

### **Desventajas**

- Puede producir subproductos, como bromatos, aldehídos y ácidos.

- Requiere gran cantidad de energía en su generación, así como equipos más costosos.
- Es muy corrosivo y tóxico (puede formar óxido nítrico y ácido nítrico que causaran corrosiones en los equipos.
- No proporciona residual en la red.
- Desaparece con rapidez del agua, especialmente a altos pH y temperatura.
- Tiene que ser generado in situ

### **3.2 EL CLORO COMO DESINFECTANTE**

#### **DEFINICIONES DE LA SUNASS**

##### **Cloración**

Aplicación de cloro (gas licuado) o compuestos de cloro (hipocloritos) al agua cruda con propósito de desinfectarla.

##### **Cloro**

Sustancia química disponible en forma de gas licuado de color amarillo verdoso más pesado que el aire y empleado en la desinfección.

##### **Cloro Residual Combinado**

Cantidad de cloro remanente en el agua después de reaccionar con el amoníaco o compuestos nitrogenados orgánicos.

##### **Cloro Residual Libre**

Cantidad de cloro remanente en el agua bajo la forma de ácido hipocloroso o ion hipoclorito.

##### **Cloro Residual Total**

Cloro residual libre más cloro residual combinado.

## EL CLORO COMO DESINFECTANTE

En 1774 el químico sueco Carl Whilheml Scheeldeen descubrió el cloro en su estado gaseoso, calentó una piedra de color marrón (dióxido de manganeso;  $\text{MnO}_2$ ) con ácido hidroclicóric (HCl). Al calentar estas sustancias, las uniones se rompen obteniendo como resultado por un lado Manganeso de cloro ( $\text{MnCl}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y gas cloro ( $\text{Cl}_2$ ).

Reacción:



En 1810 Sir Humphrey Davy, químico inglés, lo identificó como un elemento químico y recibió la denominación de cloro. La palabra cloro proviene del nombre griego "Chloros" (verde pálido) a causa de su característico color.

Durante largo tiempo el cloro permaneció como una curiosidad de laboratorio, por que su fabricación resultaba sumamente difícil y, por otra parte, su transporte y su manipulación eran prácticamente imposibles.

Algunas décadas después se descubrió su efecto desinfectante. Las primeras referencias al uso del cloro en la desinfección del agua datan de hace más de un siglo. Se utilizó durante un corto período de tiempo en Inglaterra, en el año 1854, combatiendo la epidemia del cólera, y fue utilizado de forma regular en Bélgica a partir de 1902.

Paralelamente, en 1792 se descubrió el hipoclorito cálcico en la localidad de Javel, por lo que se le denominó "Eau de Javel" (Agua de Javel). Este producto fue el origen del hipoclorito sódico, que tenía las mismas propiedades antisépticas que su predecesor. Como antiséptico, el hipoclorito sódico fue utilizado por primera vez a gran escala en Inglaterra en 1897 para la desinfección de residuos tras una epidemia de fiebre tifoidea. A finales de siglo se empezó a utilizar también para desinfectar las manos de los médicos antes de las intervenciones quirúrgicas.

El cloro ha sido el desinfectante más eficaz del agua a través del tiempo ya sea directamente o en forma de sus compuestos

Hoy en día, la utilización del cloro gaseoso es la forma más habitual, aunque requiere el empleo de materiales y equipos apropiados.

El cloro es un gas amarillo verdoso de olor penetrante e irritante, denso y venenoso, se licúa con facilidad a la presión de 6,8 atmósferas y a 20°C. Es extremadamente oxidante tal es así que puede disolver al oro y al platino y forma cloruros con la mayoría de los elementos.

El cloro es uno de los desinfectantes mas utilizados. Es muy práctico y efectivo para la desinfección de microorganismos patógenos. Cloro se puede utilizar fácilmente, medir y controlar. Es persistente en su justa medida y relativamente barato.

El cloro, utilizado solo o en forma de hipoclorito sódico, actúa como un potente desinfectante. Añadido al agua destruye rápidamente las bacterias y otros microbios que ésta pueda contener, lo que garantiza su potabilidad y ayuda a eliminar sabores y olores.

### Propiedades físicas y químicas

tabla N°3.4 Propiedades físicas y químicas del cloro

	<b>Atómico</b>	<b>Molecular</b>
<b>Símbolo</b>	Cl	Cl <sub>2</sub>
<b>Peso</b>	35,457	70,914
	<b>Gas</b>	<b>Líquido</b>
<b>Densidad</b>	2,49 (aire=1)	1,47(agua=1)
<b>Peso específico</b>	3,214 g/l (0° C, 1 at.)	1,4685 Kg/l (0° C, 1 at.)
<b>Volumen específico</b>	0,311, l/Kg (° C, 1 at)	0,6809 l/Kg. (°C, 1 at)
<b>Calor específico</b>	0,124 Kcal/Kg, °C	0,226 Kcal/Kg., °C
<b>Temperatura de licuación</b>	-34,1° C	(a -100° C)
<b>Temperatura de solidificación</b>		-120,0° C
<b>Calor latente de vaporización</b>		64,6 Kca/Kg.
<b>Temperatura crítica</b>	114° C	
<b>Presión crítica</b>	78,6 Kg/cm <sup>2</sup>	(a -30° C)

Fuente: Colegio de Pertos e Ingenieros Técnicos Industriales de Alicante, 2003

### **Riesgos en su manejo**

El cloro puede generar diferentes alteraciones en el organismo dependiendo del estado en el que se encuentre.

- Estado gaseoso: En caso de ser inhalado produce irritación en los ojos, la nariz, la garganta y las vías respiratorias. En concentraciones y tiempos de exposición más altos puede desarrollarse un edema pulmonar o una neumonía química.
- Estado líquido. Ocasiona quemaduras en la ropa o en la piel.

### **¿Cual es la concentración de cloro residual?**

Según los estándares asumidos por la Norma Técnica Peruana 214.003.87 (INDECOPI) y los lineamientos de la Superintendencia Nacional de Saneamiento Ambiental (SUNASS), indica que el cloro Residual Libre expresado en miligramos por litro (mg/lit) el 80% de las muestras debe contener  $>0.5$  mg/lit y, el 20% de las muestras puede contener  $>0.3 < 0.5$  mg/lit, esto referido a la directiva sobre desinfección del agua R.S. N° 190-97-SUNASS

### **3.2.1 EL CLORO Y SUS DERIVADOS**

El cloro y sus derivados tienen una importante aplicación en el área de la desinfección. El uso del hipoclorito (blanqueador doméstico) garantiza una total protección contra virus, se utiliza habitualmente en la desinfección de material quirúrgico e instalaciones sanitarias y hospitalarias. En 1991 la supresión del uso del cloro en la potabilización del agua provocó una epidemia de cólera en Perú que produjo más de 3000 muertes (más de 19000 personas murieron por dicha causa en todo el mundo). Las epidemias surgidas en Ruanda como consecuencia de la guerra civil han sido controladas gracias al cloro y sus derivados. La epidemia de peste neumónica aparecida en la India en 1994 ha sido controlada mediante el antibiótico tetraciclina, en cuya obtención interviene el cloro. Sin embargo, el cloro es un producto corrosivo que atenta contra la salud, por lo que su manipulación requiere de una instrucción especial (Organización de Usuarios y Trabajadores de la Química del Cloro, 2003).

El cloro puede utilizarse para aguas de consumo en forma de cloro gas, hipoclorito sódico, hipoclorito cálcico, hipoclorito magnésico, clorito sódico, cloraminas y dióxido de cloro.

### 3.2.1.1 Cal Clorada

Cal clorada, también conocida como polvo blanqueador o desmanche, cloruro de cal e hipoclorito de cal.

Antes del descubrimiento del cloro líquido, se lograba la cloración mayormente mediante el uso de cal clorada.

La cal clorada es una combinación suelta de cal apagada y gas de cloro, fue descubierta por Thomas Henry y patentada por Charles Tennat en 1779 en la ciudad de Glasgow, Escocia.

El oxiclорuro de calcio ( $\text{CaOCl}_2$ ) es el componente básico del cloruro de cal seco que al disolverse en el agua se descompone en hipoclorito de calcio y cloruro de calcio:



El hipoclorito de calcio,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ , es el que actúa como compuesto activo en el proceso de la desinfección del agua.

Cuando está fresca, la cal clorada tiene un contenido de cloro de 33 a 37 por ciento. La cal clorada es inestable; al exponerla al aire, la luz y la humedad, estos agentes hacen que el contenido de cloro descienda en forma rápida. Se debe almacenar el compuesto en lugar oscuro, fresco y seco, en contenedores cerrados y resistentes a la corrosión, con todas esas precauciones la pérdida del cloro activo no sobrepasa a 1% al mes y, si no se guardan las respectivas precauciones su degradación será mucho más rápido, por ello siempre se recomienda que se tapen bien los envases luego de haber sido abiertos de manera que el producto no absorba humedad que le vuelva pastoso y que pierda rápidamente el cloro.



La cal clorada se vende en forma de polvo de color blanco, es seco tiene un olor característico a cloro o ácido hipocloroso, se envasa en tambores de acero de 50 a 480 libras de peso.

### **3.2.1.2 Hipoclorito de Calcio**

El **hipoclorito de calcio** se fabrica a partir de una cal hidratada especial. El proceso tiene como etapa principal la reacción química del cloro gas con la cal, lo que da como resultado un sólido en polvo, el cual es envasado bajo criterios de hermeticidad y seguridad.

En el hipoclorito de calcio el cloruro de calcio ya ha sido eliminado en su mayor parte, por esta razón el hipoclorito de calcio puede prepararse para contener concentraciones altas de cloro disponible.

Hipoclorito de calcio es un producto químico sólido, en forma granular o tabletas, utilizado como blanqueador en polvo y desinfectante. El principio activo tiene la fórmula química:  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , que representa un contenido mínimo de cloro disponible del 65 % en masa.

Las disoluciones del producto son alcalinas, reacciona con ácidos y sales ácidas formando sus correspondientes cloruros. Al entrar en contacto con compuestos orgánicos produce fuego y explosiones. Estas reacciones de oxidación liberan calor y humedad.

Es altamente corrosivo a la mayoría de los metales.

Si lo almacenamos adecuadamente, conserva su poder inicial hasta por más de un año, disolviéndose fácilmente en el agua y dejando poco sedimento.

Su uso para su aplicación ya sea en seco o en soluciones acuosas es mediante dosificadores de patente o dosificadores de fabricación sencilla

El hipoclorito de calcio se comercializa en estado sólido (polvo) en concentraciones de 30 - 33 % como cloro activo, se vende en sacos de polipropileno amarillo y polietileno blanco (saco interior) de 30 kg.

Sus propiedades son:

Es un polvo de color blanco y seco.

Tiene un olor típico del cloro o del hipoclorito de sodio.

Es soluble en el agua.

Tiene una densidad aparente de 0.8 - 0.9 g/cc.

Es inestable cuando se le expone a la luz solar y a fuentes térmicas cuya temperatura sea mayor que los 50 °C.

Es un buen desinfectante, bactericida, algicida, fungicida y blanqueador.

Es higroscópico, altera su composición química cuando es almacenado en lugares húmedos.

El hipoclorito de calcio es usado en:

El tratamiento de aguas: para desinfección, esterilización, detoxificación, decoloración y deodorización de aguas industriales, potables y de piscinas.

Como blanqueadores: En proceso de lavado (celulosa, pulpa de papel y Textiles).

En actividades sanitarias: Procesos de desinfección tanto en el ambiente doméstico como en Plantas de conservas de pescado, mariscos, etc.

### **3.2.1.3 Hipoclorito de Sodio**

Hipoclorito de sodio (NaOCl) es un compuesto que es también que usa a gran escala para la purificación de superficies, blanqueamiento, eliminación de olores y desinfección del agua.

Fue descubierto por el francés Berthollet alrededor del año 1785 quién desarrollo líquidos blanqueantes utilizando hipoclorito de sodio. En Francia el hipoclorito de sodio todavía es conocido como el 'eau de Javel' (el agua de Javel).

El hipoclorito de sodio es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico. Tiene una densidad relativa de 1,1 (5,5% solución acuosa). Como agente blanqueante de uso domestico normalmente contiene 5% de hipoclorito de sodio (con un PH de alrededor de 11, es irritante). Si esta a mayor concentración, contiene un 10 a 15% de hipoclorito de sodio (con un PH alrededor de 13, se quema y es corrosivo).

Hipoclorito de sodio es inestable. El cloro se evapora a razón de 0,75 gramos de cloro activo por día desde la solución. Después calentado el hipoclorito de sodio

se desintegra. Esto también ocurre cuando hipoclorito de sodio contacta con ácidos, luz del día, ciertos metales y venenos así como gases corrosivos, incluyendo el gas de cloro. Es un oxidante fuerte y reacciona con compuestos combustibles y reductores.

Cuando el hipoclorito de sodio se disuelve en agua, se generan dos sustancias, que juegan el papel de oxidantes y desinfectantes, éstos son el ácido hipocloroso (HOCl) y el ion de hipoclorito el cual es menos activo (OCl<sup>-</sup>).

### Aplicaciones

El hipoclorito de sodio es utilizado a gran escala, aparte de ser usado en el tratamiento de aguas donde es utilizado como desinfectante del agua, también en las casas, el hipoclorito se usa frecuentemente para la purificación y desinfección de la casa, además, se usa en la agricultura, industrias químicas, pinturas, industrias de alimentación, industrias del cristal, papeleras y farmacéuticas, industrias sintéticas e industrias de disposición de residuos.

En la industria textil se utiliza el hipoclorito de sodio como blanqueante. También se puede añadir a aguas residuales industriales. Esto se hace para la eliminación de olores. El hipoclorito neutraliza el gas de sulfuro de hidrógeno (SH) y amonio (NH<sub>3</sub>). El hipoclorito se puede utilizar para la prevención de la formación de las algas crecimiento biológico en torres de enfriamiento

Existe una tecnología de los generadores de hipoclorito de sodio in-situ es muy sencilla y confiable por que parte del principio de la electrólisis del agua salada o el paso de electricidad entre el ánodo y el cátodo a través del agua salda el cual hace que el H<sub>2</sub>O y el ClNa reaccionen y formen el ClONa liberando hidrógeno en su reacción en la parte catódica.

Esta tecnología es prácticamente la misma para la obtención del cloro elemental.

Explicándolo de otra forma, tenemos las reacciones que se producen en la celda

El cloro se genera en el ánodo mientras el cátodo produce hidrógeno así:



Estando aun en la celda, el cloro reacciona inmediatamente y forma ácido hipocloroso de acuerdo a esta reacción:



Considerando que comenzamos con sal (NaCl), todas las reacciones llevan a lo siguiente:



En la misma celda, todo el ácido hipocloroso se disocia y forma el ión hipoclorito el cual se considera como Cloro Libre Disponible o FAC de acuerdo a la siguiente reacción de equilibrio:



Si las concentraciones de HOCl y OCl<sup>-</sup> son las mismas, la reacción total en la celda es como sigue:



Las ventajas de los sistemas de electrolisis es que no se requiere el transporte o almacenamiento del hipoclorito de sodio. Cuando el hipoclorito de sodio se almacena por mucho tiempo, se vuelve inactivo. Otra de las ventajas de la producción en el momento es que el cloro baja los niveles de Ph y no se requiere otro acido para disminuir el Ph. El gas hidrogeno producido es explosivo y por lo tanto se debe ventilar para evitar explosiones.

Este sistema es lento por lo que es recomendable utilizar un buffer extra de acido hipocloroso. El mantenimiento y la compra de los sistemas de electrolisis son más caros que el hipoclorito de sodio.

Ventajas y desventajas en su uso:

Ventajas:

Puede ser fácilmente transportado y almacenado cuando se produce en el sitio.

El almacenamiento y transporte del hipoclorito de sodio es seguro.

El hipoclorito de sodio es tan efectivo como el gas cloro para la desinfección.

El hipoclorito de sodio produce desinfección residual.

Desventajas

Hipoclorito de sodio es una sustancia peligrosa y corrosiva.

Cuando se trabaja con hipoclorito de sodio, se deben tomar medidas de seguridad para proteger a los trabajadores y al medio ambiente.

El hipoclorito de sodio no debería entrar en contacto con el aire, porque provoca su desintegración.

Tanto el hipoclorito de sodio como el cloro no provocan la desactivación de *Giardia Lambia* o *Cryptosporidium*.

#### 3.2.1.4 Dioxido de Cloro

El dióxido de cloro es un gas muy oxidante y un potente desinfectante de color amarillo a amarillo rojizo con un peso molecular de 67,46. Es estable y sumamente soluble en soluciones acuosas de hasta 20 g/l. Además de ser biocida, el dióxido de cloro mejora la calidad del agua potable, es decir, neutraliza olores, remueve el color y oxida al hierro y al manganeso, no es una sustancia metabólica tóxica, así pues, destruye los microorganismos mediante la interrupción del transporte de alimentos a través de las paredes de las células y no mediante la interrupción del proceso metabólico.

Una de las propiedades más interesantes del dióxido de cloro es su eficacia biocida en un amplio rango de pH (4 a 10). El dióxido de cloro es sensible a la luz ultravioleta (Junli y otros, 1997) y su capacidad de oxidación se incrementa con la acidez.



Debido a que el dióxido de cloro es un muy gas inestable, el producto no puede comprimirse ni distribuirse en cilindros como el cloro gaseoso. El dióxido de cloro debe producirse *in situ* mediante el uso de un generador mecánico.

Comúnmente se genera mediante la reacción de clorito de sodio con cloro gaseoso:



O mediante la reacción de clorito de sodio con hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico:



Efectos fisicoquímicos del dióxido de cloro sobre los constituyentes que generalmente se encuentran en el agua

**Cuadro N°3.5**

<b>Sustancia</b>	<b>Reacción</b>
Sustancias orgánicas naturales y sintéticas seleccionadas	Pueden reaccionar y formar clorito
Hierro y manganeso	Oxidación
Color	Remoción
THMFP	Reducción
Sustancias orgánicas	Oxidación
Fenoles	Oxidación a quinonas

### Uso en el tratamiento del agua

Desde los años 50, el dióxido de cloro se ha ido convirtiendo en un elemento cada vez más útil para el tratamiento de agua potable en la desinfección y es

una buena alternativa dado que el dióxido de cloro solo reacciona mediante la oxidación. También sabemos que el cloro libre también es un desinfectante muy eficaz, reacciona con las sustancias presentes en el agua, como el ácido húmico, los aceites de baño, los aditivos de limpieza, las algas y los compuestos ricos en nitrógeno (ej. la orina, el amoníaco, etc.). Como resultado se forman subproductos de cloración de carácter nocivo, en especial las cloraminas (cloro combinado) -responsables del olor tan desagradable típico de las piscinas y de la irritación de la piel y las mucosas- y los trihalometanos (THM), a los que se les atribuye carácter cancerígeno. Como resultado de ello, el uso de dióxido de cloro evita la formación de haloformas para que así los trihalometanos ni siquiera lleguen a aparecer o al menos puede disminuir la formación de THM en el agua tratada.

El dióxido de cloro produce subproductos en forma de cloritos y cloratos. Los cloritos y cloratos oxidan la hemoglobina y el clorito es un agente hemolítico (Anderson y otros, 1982). El máximo nivel propuesto de contaminante (MNPC) en los Estados Unidos para el clorito es 1,0 mg/l, mientras que el ion clorato no está reglamentado actualmente. Los datos de las plantas de tratamiento de agua de Alemania indican que la concentración promedio de clorito está por debajo de 200 µg/l en Alemania (Haberer, 1994).

### **Eficacia microbiciada**

El dióxido de cloro es un desinfectante más potente que el cloro y la cloramina. El ozono tiene mayores efectos microbicidas, pero una capacidad de desinfección residual limitada. La investigación reciente en los Estados Unidos y Canadá demuestra que el dióxido de cloro destruye enterovirus, E. coli y amebas y es efectivo contra los quistes de *Cryptosporidium* (Finch y otros, 1997).

El dióxido de cloro existe en el agua como  $\text{ClO}_2$  (poca o ninguna disociación) y, por lo tanto, puede pasar a través de las membranas celulares de las bacterias y destruirlas (Junli y otros, 1997b). El efecto que tiene sobre los virus incluye su adsorción y penetración en la capa proteica de la cápside viral y su reacción con el RNA del virus. Como resultado, se daña la capacidad genética del virus

(Junli y otros, 1997a). En comparación con el cloro, el dióxido de cloro puede ser más efectivo como desinfectante debido a que en el agua existe cloro en forma de HOCl u OCl<sup>-</sup> y, en consecuencia, las paredes de las células bacterianas se cargan negativamente y repelen estos compuestos, lo que genera una menor penetración y absorción del desinfectante a través de las membranas.

El cuadro muestra la eficacia biocida, la estabilidad y el efecto del pH para los cuatro desinfectantes más comunes.

**Cuadro N°3.6**

<b>Desinfectante</b>	<b>Eficacia biocida</b>	<b>Estabilidad</b>	<b>Efecto del pH en la eficacia (pH=6-9)</b>
Ozono	1	4	Poca influencia
Dióxido de cloro	2	2	Se incrementa ligeramente al aumentar el pH
Cloro	3	3	Disminuye considerablemente al aumentar el pH
Cloraminas	4	1	Poca influencia

#### Problemas con el dióxido de cloro

La mayoría de los problemas asociados con el dióxido de cloro se centran alrededor de dos áreas:

##### 1.- El equipo de generación de dióxido de cloro.

El dióxido de cloro se ha de generar en el momento y lugar de aplicación

No existe ningún estándar industrial para el rendimiento de los generadores de dióxido de cloro. La eficiencia del generador se define no sólo en función de la conversión de clorito de sodio en dióxido de cloro, sino también en función de la generación de subproductos tales como ion clorato, cloro libre y clorito sobrante. Cuando el generador no funciona adecuadamente, estos subproductos pueden salir del generador de dióxido de cloro en cantidades excesivas y disminuir los resultados esperados ya que las funciones del generador son controladas por



una unidad de control y regulación integrada en el sistema. Además, el rendimiento deficiente de los generadores dará como resultado costos de operación superiores a los deseados. Los generadores modernos de dióxido de cloro son capaces de funcionar sistemáticamente en los niveles deseados cuando se les opera adecuadamente.

## 2.- Análisis adecuado del dióxido de cloro y sus subproductos.

Dado que las reacciones del dióxido de cloro incluyen la formación de ion clorito como subproducto, un equipo de pruebas sencillo no puede proporcionar los datos analíticos requeridos. Se requiere el análisis del producto del generador de dióxido de cloro y del agua tratada para cuantificar con precisión la dosificación y los subproductos. Es necesario diferenciar específicamente el dióxido de cloro, el ion clorito y el cloro libre en el generador para determinar su rendimiento y eficiencia. El método recomendado para determinar el rendimiento y eficiencia del generador es la titulación amperométrica en cuatro pasos. Existen equipos de prueba para concentraciones de menos de 5 mg/l en el agua tratada, pero tienen limitaciones e interferencias.

### **Aplicaciones:**

- **Torres de Refrigeración:** La formación de depósitos bacterianos (biopelícula) en sistemas de refrigeración, intercambiadores de agua y tuberías en general, representa un grave problema de mantenimiento y salubridad. La aplicación de Dióxido de Cloro previene y quita ésta película biológica gracias a su gran poder desinfectante y biocida.
- **Prevención y control de la Legionella:** La película biológica formada en sistemas de circulación de agua protege a la Legionella contra la mayoría de los desinfectantes. La aplicación de Dióxido de Cloro previene y quita ésta película biológica gracias a su gran poder desinfectante y biocida.
- **Industria Alimentaria:** El Dióxido de Cloro se utiliza con éxito en numerosas aplicaciones, en particular para las siguientes actividades:
  - Lavado y transporte de frutas y vegetales
  - Procesado de pescados y carnes
  - Desinfección de aguas de refrigeración

- Lavado de recipientes para alimentos y bebidas
- Producción de alimentos congelados
- Producción de cerveza.
- Suministro de agua dirigida a consumo humano: En caso de que la captación de agua se haga de un pozo.
- Industria textil: Como agente blanqueante.

#### Ventajas y desventajas del dióxido de cloro

##### Ventajas

Efectivo contra muchos microorganismos y más potente que el cloro en un tiempo de contacto corto.

Mayor poder de oxidación, lo que contribuye a la remoción de olor, color y mal sabor.

Menos corrosivo que el cloro para el acero inoxidable;

No forma trihalometanos; No forma cloraminas; No forma compuestos organobromados; No produce ácidos

Es mejor oxidante del hierro y el manganeso, lo que permite una mayor retirada de éstos.

Efecto bactericida constante a un amplio nivel de pH (4-10)

##### Desventajas

Es más caro que el cloro

Se forman subproductos de clorito y clorato

Debe producirse y usarse en el lugar de su aplicación

#### 3.2.1.5 Halazona

La halazona es un compuesto orgánico cuya fórmula es:



Es un agente activo del producto, tiene las propiedades del cloro en solución acuosa y se utiliza para desinfectar el agua para beber en casos de emergencia, cuando solo se dispone de agua no tratada de la cual no puede asegurarse que sea potable como: los ríos fuentes, etc.

La halazona es un producto que se fabrica con el único fin de atender a situaciones de emergencia y para ser usados en una campaña de contaminación bacteriológica del agua

Las tabletas de Halazona son el compuesto de cloro mas conocido.

Los comprimidos de halazona se incorporan únicamente al agua de bebida que no se tenga certeza de potabilidad.

La adición de un comprimido por cada litro de agua aproximadamente, ejerce una acción bactericida que potabiliza el agua al cabo de una media hora. La dosis mínima eficaz es de 4 mg. Por litro de agua, se ha comprobado que dosis menores que 1 mg. Por litro de agua no tiene propiedades bactericidas.

La halazona es una cloramina que contiene un sustituyente de N-cloro. Es inestable en agua, y en solución acuosa libera cloro lentamente, en forma de hipoclorito, por lo cual sus propiedades son las propias del cloro. Este es un potente germicida, virucida y amebicida, y su uso como desinfectante del agua esta generalizado.

Existe Halazona con mayor grado de potencia (160 mg) en tabletas de mayor tamaño. Estas tabletas pueden usarse para desinfectar 40 litros de agua cristalina ó 20 litros de agua turbia o de color intenso.

Se tendrá cuidado de evitar usar tabletas de Halazona de 160 mg en la misma proporción tableta/agua que con la Halazona de 4 mg. El personal de distribución deberá ser alertado acerca de la diferencia para que, a su vez, pueda comunicar esta información a los usuarios.

Su inocuidad y seguridad están totalmente probadas, ya que su agente activo es el cloro, que se empezó a usar mucho en la esterilización de la provisión de agua en la primera década del siglo pasado. En la Primera Guerra Mundial los compuestos que tenían cloro se emplearon ampliamente, y, actualmente, en Estados Unidos, la halazona es la única cloramina utilizada en la esterilización de emergencia del agua potable con fines de saneamiento.

El margen de seguridad es amplio, ya que la dosis letal mínima oral (LD<sub>50</sub>) en ratas es de 3.5 gr./kg.

### **3.2.2 Efectos del cloro en los microorganismos patógenos**

Según Robert Koch el hipoclorito, bajo condiciones controladas en un laboratorio, podía destruir cultivos puros de bacterias (1881). La mayor parte de las investigaciones sobre desinfección con cloro realizada desde los años cuarenta hasta los setenta, proporcionó información acerca de la muerte de las bacterias con esta sustancia.

Se observó que las células bacterianas que fueron dosificadas con cloro liberaban ácidos nucleicos, proteínas y potasio, asimismo, las funciones de la membrana, tales como la respiración y el transporte activo, resultaban más afectadas por el cloro que los procesos citoplasmáticos, todas estas observaciones, dirigieron la atención de los investigadores hacia la superficie de la célula bacteriana.

Se planteó la hipótesis de que, bajo una presión ambiental, la pared de la célula bacteriana podía interactuar con el cloro. Al exponer a la célula al cloro, ésta puede sufrir alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en su pared, destruyendo la barrera protectora de la célula terminándose las funciones vitales y como consecuencia produciéndose la muerte del microorganismo.

El mecanismo secuencial de los sucesos durante la cloración podría ser:

- 1.- La eliminación de la barrera suministrada por la pared de la célula mediante reacciones del cloro con determinados sitios en la superficie de la célula.
- 2.- La liberación de elementos constitutivos celulares vitales.
- 3.- La terminación de las funciones asociadas con la membrana.
- 4.- La terminación de las funciones celulares.

Durante el transcurso de esta secuencia de eventos, el microorganismo muere, lo que significa que ya no es capaz de crecer ni causar enfermedad alguna.

### **Criterio de muerte de un microorganismo:**

Conceptualmente podemos decir que es la pérdida irreversible de la capacidad de reproducción en un medio adecuado. Para poder determinar la eficacia antimicrobiana (la muerte de los microorganismos) se utilizan técnicas que descubran a los sobrevivientes es decir, a los capaces de reproducirse; ya que los incapaces de reproducirse están muertos.

Cuando una población microbiana se expone a un agente letal, la cinética de la muerte es casi siempre exponencial ya que el número de supervivientes disminuye de forma geométrica con el tiempo. Si representamos gráficamente el logaritmo del número de supervivientes frente al tiempo se obtiene una línea recta cuya pendiente negativa define la tasa de mortalidad

### **Eliminación de microorganismos**

La mayoría de los microorganismos patógenos contenidos en el agua son eliminados en las primeras etapas del tratamiento para la purificación del agua.

No obstante, la desinfección del agua es necesaria como uno de los pasos últimos para prevenir que el agua potable sea dañina para nuestra salud.

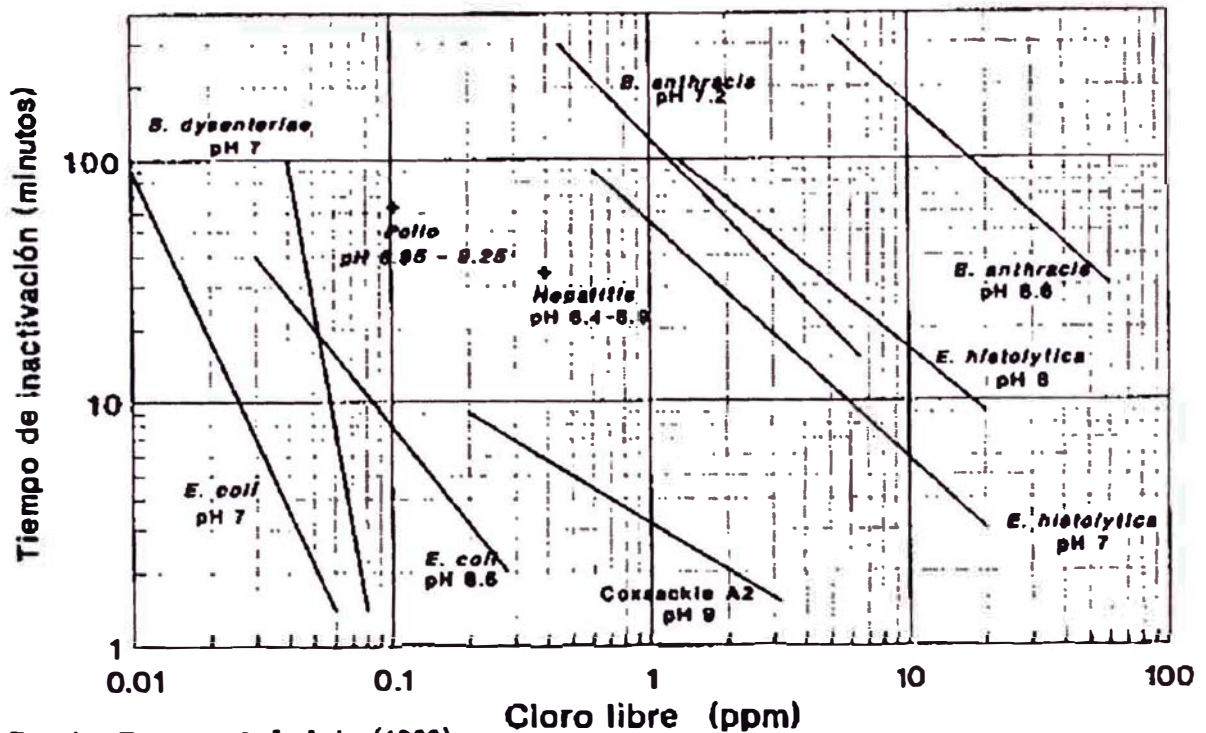
Microorganismos patógenos en el agua tienen unas características que los diferencia de los contaminantes químicos, por ejemplo, son organismos vivos que no se disuelven en el agua sino que coagulan o se añejan a sustancias coloidales o sólidos en suspensión que están presentes en el agua

Para que sea idóneo, un desinfectante de agua para consumo humano, debe satisfacer ciertos criterios generales entre los cuales se encuentran los siguientes:

1. Debe poder destruir o inactivar, dentro de un tiempo dado, las clases y números de microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua que se va a desinfectar.

2. El análisis para determinar la concentración de desinfectante en el agua debe ser exacto, sencillo, rápido y apropiado para hacerlo tanto en el terreno como en el laboratorio.
3. El desinfectante debe ser fiable para usarse dentro del rango de condiciones que podrían encontrarse en el abastecimiento de agua.
4. Debe poder mantener una concentración residual adecuada en el sistema de distribución de agua para evitar la recontaminación o que los microorganismos se reproduzcan.
5. De ser posible no debe introducir ni producir sustancias tóxicas, o en caso contrario este deben mantenerse bajo los valores guía, o las normas, ni cambiar en ninguna otra forma las características del agua de modo que esta no sea apta para el consumo humano, o sea estéticamente inaceptable para el consumidor.
6. El desinfectante debe ser razonablemente seguro y conveniente de manejar y aplicar en las situaciones en que se preve su uso.
7. El costo del equipo, su instalación, operación, mantenimiento y reparación, así como la adquisición y el manejo de los materiales requeridos para sustentar permanentemente una dosificación eficaz, debe ser razonable.

La Figura muestra la inactivación de diversos microorganismos por cloro libre en función de diferentes valores de pH. En las diversas pendientes de las líneas se reflejan diferentes valores de  $n$  para distintos microorganismos.



Fuente: Bauman & Ludwig (1962)

Fig. N°3.4 Tiempo requerido para inactivar diferentes tipos de microorganismos con cloro libre a 20°C – 29°C

#### Tipos de microorganismos patógenos

Los microorganismos patógenos en el agua se pueden dividir en tres categorías: bacteria, virus y protozoos parásitos. Las bacterias y virus se pueden encontrar tanto en las aguas subterráneas como en las aguas superficiales, mientras los protozoos son comunes de las aguas superficiales.

#### a) Bacterias

Bacterias son organismos de una sola célula. Su forma puede ser esférica, espiral, etc. Pueden existir como organismos individuales, formando cadenas, grupos o pares. Las bacterias son las formas de vida más abundantes en la tierra. Tienen una longitud entre 0,4 y 14  $\mu\text{m}$  y sobre 0,2 a 12  $\mu\text{m}$  de ancho. Consecuentemente solo se pueden ver mediante microscopio. Las bacterias se reproducen mediante la replicación del ADN, y división en dos células

independientes. En circunstancias normales este proceso dura entre 15 y 30 minutos.

Algunas bacterias pueden formar esporas. Estas esporas se caracterizan por presentar una capa protectora resistente al calor y que protege la bacteria de la falta de humedad y comida.

Las bacterias tienen un papel funcional ecológico específico. Por ejemplo, algunas se encargan de la degradación de la materia orgánica, otras bacterias forman parte del metabolismo del hombre.

Más del 80% de las bacterias descritas en el Manual de Bergey pueden aislarse del agua. Teniendo en cuenta la respuesta a la tinción de Gram, a continuación se mencionan y describen algunas de las más importantes.

#### Bacterias Gram negativas

Entre las especies que se han aislado de aguas, podemos mencionar a las pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Gallionella*, *Enterobacteriaceae*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Bordetella*, *Neisseria*, *Moraxella* y *Acinetobacter*.

En la siguiente tabla puede ver varias bacterias que se pueden encontrar en aguas superficiales, y las enfermedades que causan cuando son ingeridas en grandes cantidades, junto con los síntomas.

**Cuadro N°3.7**

<b>Bacteria</b>	<b>Enfermedad/infección</b>	<b>Síntomas</b>
<i>Aeromonas</i>	Enteritis	Diarrea muy líquida, con sangre y moco
<i>Campylobacter jejuni</i>	Campilobacteriosis	Gripe, diarres, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas



<i>Escherichia coli</i>	Infecciones del tracto urinario, meningitis neonatal, enfermedades intestinales	Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia homilética, daños hepáticos
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Plesiomonas-infección	Náuseas, dolores de estómago y diarrea acuosa, a veces fiebre, dolores de cabeza y vómitos
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea	Fiebre
<i>Salmonella sp.</i>	Salmonelosis	Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y a veces fiebre leve
<i>Streptococcus</i>	Enfermedad (gastro) intestinal	Dolores de estómago, diarrea y fiebre, a veces vómitos
<i>Vibrio El Tor (agua dulce)</i>	Cólera (forma leve)	Fuerte diarrea

### Bacterias Indicadoras de Contaminación

Las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. La norma bacteriológica de calidad establece que el agua debe estar exenta de patógenos de origen entérico y parasitario intestinal que son los responsables de transmitir enfermedades como salmonelosis, shigelosis, amebiasis, etc.

Los microorganismos indicadores de contaminación deben cumplir los siguientes requisitos: fáciles de aislar y crecer en el laboratorio; ser relativamente inocuos para el hombre y animales; y presencia en agua relacionada, cuali y cuantitativamente con la de otros microorganismos patógenos de aislamiento más difícil. Tres tipos de bacterias califican a tal fin:

- Coliformes fecales: indican contaminación fecal.
  - Aerobias mesófilas: determinan efectividad del tratamiento de aguas.
  - Pseudomonas: señalan deterioro en la calidad del agua o una recontaminación.
- Desde el punto de vista bacteriológico, para definir la potabilidad del agua, es preciso investigar bacterias aerobias mesófilas y, coliformes totales y fecales. La gran sensibilidad de las bacterias aerobias mesófilas a los agentes de los agentes de cloración, las ubica como indicadoras de la eficacia del tratamiento de potabilización del agua.

Las bacterias coliformes habitan el tracto intestinal de mamíferos y aves, y se caracterizan por su capacidad de fermentar lactosa a 35°C. Los géneros que componen este grupo son *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter* y *Edwardsiella*.

*Escherichia coli*, habitante normal del intestino humano, es utilizada como indicador de contaminación fecal de aguas. Las cepas patógenas de *E. coli* causan infecciones del tracto intestinal (generalmente agudas y no presentan mayores complicaciones, excepto en niños y adultos con deficiencias nutricionales). Otros ejemplos de patógenos humanos de este grupo son *Shigella*, *Salmonella* y *Klebsiella*.

El grupo *Vibrio* está integrado por bacilos curvados, anaerobios facultativos, poseen flagelos polares aunque algunos son peritricos. Se diferencian de las *Pseudomonas* en su metabolismo no fermentativo. Están presentes en aguas dulces o marinas. *Vibrio cholerae*, especie más representativa de este género, es patógeno para humanos y responsable del cólera. Su transmisión es casi exclusivamente por vía hídrica.

## **b) Virus**

Los virus se caracterizan por presentar una capa protectora. Su forma puede ser espiral, esférica o como células pequeñas, de tamaño entre 0.02 y 0.009  $\mu\text{m}$ . Al

tener un tamaño menor que las bacterias, pueden pasar filtros que permiten la retención de bacterias.

Al contrario que las bacterias y protozoos parásitos, los virus contienen un solo tipo de ácido nucleico (ARN o ADN). No se pueden reproducir por sí solas, sino que necesitan el metabolismo de la célula huésped para asegurar que el ADN se copia en la célula huésped, para su reproducción.

Al contrario que las bacterias, los virus no están presentes en el ser humano de manera natural. Cuando las personas quedan afectadas por un virus, estos generalmente se eliminan del cuerpo humano mediante secreciones.

El 87% de las enfermedades virales transmitidas por el agua son causadas por el virus de la hepatitis (adenovirus y rotavirus).

### **c) Parásitos protozoos**

Parásitos protozoos son organismos unicelulares. Estos se caracterizan por presentar un metabolismo complejo. Se alimentan a base de nutrientes sólidos, algas y bacterias presentes en organismos multicelulares, como los humanos y animales. Se encuentran frecuentemente en forma de quistes o huevos. Por ejemplo, los huevos de *Cryptosporidium* y quistes de *Giardia* son comunes en aguas afectadas por contaminación fecal. En forma de quistes los patógenos son resistentes a la desinfección por cloro. Los parásitos protozoos se eliminan mediante la filtración y aplicación de dióxido de cloro

Frecuentemente en el agua contaminada con heces se encuentran dos protozoarios parásitos con incidencia en salud humana, responsables de epidemias:

*Giardia lamblia*: es flagelado con un tamaño de 15  $\mu\text{m}$  y se transmite al hombre a través de agua contaminada con materia fecal. Las células del protozoario producen un estado de reposo denominado *quiste*. Los quistes al ser ingeridos germinan y causan giardiasis, enfermedad caracterizada por diarreas, calambres intestinales, flatulencia, náuseas, síntomas que pueden ser agudos o crónicos.

La giardiasis es una de las enfermedades parasitarias de origen hídrico más comunes.

*Cryptosporidium parvum*: es un parásito del hombre y animales de tamaño muy pequeño (2-5 µm), redondeado que crece en el interior de las células del epitelio mucoso de intestino y estómago. Los quistes infecciosos producidos por este protozoo poseen una pared muy gruesa. Los quistes de *Cryptosporidium* son mucho más resistentes a la cloración que los de *Giardia*. La criptosporidiosis es una infección que se caracteriza por dolores estomacales, náuseas, diarrea y deshidratación.

**Cuadro N° 3.8** Diversos protozoos que se pueden encontrar en aguas superficiales, y las enfermedades que causan cuando son ingeridos en grandes cantidades, junto con los síntomas.

<b>Microorganismo</b>	<b>Enfermedad</b>	<b>Síntomas</b>
<i>Amoeba</i>	Disenteria ameboides	Fuerte diarrea, dolor de cabeza, dolor abdominal, escalofríos, fiebre; si no se trata puede causar abscesos en el hígado, perforación intestinal y muerte
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Criptosporidiosis	Sensación de mareo, diarrea acuosa, vómitos, falta de apetito
<i>Giardia</i>	Giardiasis	Diarrea, calambres abdominales, flatulencia, eructos, fatiga
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmosis	Gripe, inflamación de las glándulas linfáticas En mujeres embarazadas aborto e infecciones cerebrales

### 3.2.3 Factores que inhiben la efectividad del cloro como Desinfectante

La eficiencia de la cloración puede quedar total o parcialmente interferida por diversos factores físicos y químicos. Los principales son:

- **Turbiedad.** Hace más lenta la acción del cloro, ya que ciertos microorganismos como el *E. coli* tienden a crecer en colonias y encapsularse en los microfragmentos de materias fecales o depositarse dentro de partículas orgánicas y minerales, haciendo más lenta la acción del cloro, que tendría que difundirse hasta el interior de la masa de esas partículas antes de poder llegar hasta ellos. Esto haría necesario aumentar el tiempo de contacto o la concentración para obtener resultados satisfactorios.
- **Nemátodos.** El cloro, aún en altas dosis, no destruye los nemátodos (que son un tipo de gusanos delgados como por ejemplo las lombrices), que pueden contener en su tracto intestinal bacterias y virus patógenos.
- **Temperatura.** Las bajas temperaturas interfieren en la cloración. Los valores de Ct aumentan significativamente al bajar la temperatura.
- **Calcio.** Concentraciones pequeñas, del orden de 1 mg/lit pueden perjudicar la eficiencia de la desinfección.
- **pH.** Los altos pH del agua (>9) desaceleran las reacciones químicas entre el cloro y el amoníaco e inducen la formación de compuestos clorados de baja efectividad.
- **Nitrogeno Orgánico.** Contenidos de nitrógeno orgánico, mayores que 0.5 mg/lit en el agua, resultan ser una de las mayores interferencias a la cloración. Dan origen a la formación de tricloruro de nitrógeno y otros compuestos volátiles que crean mal sabor en el agua.
- **Fenol.** Es la interferencia más detectable, ya que el fenol reacciona con el cloro formando compuestos que producen un sabor a yodoformo que se puede detectar en concentraciones tan pequeñas, del orden de 0.002 mg/lit. Es decir, 2 g podrían darle mal gusto a un tanque de almacenamiento de 1,000 m<sup>3</sup>. Estos olores se remueven con el filtro de carbón activado.

### 3.2.4 Factores que coadyuvan la efectividad del cloro como Desinfectante

Teniendo en cuenta que la cloración es una reacción, existen factores que intervienen en su aspecto germicida y determinan su efectividad, y éstos los podemos analizar desde:

- a) Compuestos de cloro que se forman en el agua
- b) Relación concentración-tiempo de contacto del cloro en el agua
- c) Características del agua que influyen en el proceso de la desinfección (temperatura, pH)
- d) Microorganismos de interés

#### A) Compuestos de cloro que se forman en el agua

##### Formas de cloro libre

Al contacto con el agua el cloro libre se hidroliza y produce en dos etapas HOCl (ácido hipocloroso), OCl<sup>-</sup> (ion hipoclorito) ó Cl<sub>2(aq)</sub>. Estas etapas son:

- a) Hidrólisis, que se efectúa en fracciones de segundo:



- b) Ionización, en que el HOCl, inestable parcialmente (ya que es un ácido relativamente débil), se ioniza así:



Entonces una parte del cloro residual queda en el agua como HOCl y otra parte como OCl<sup>-</sup>, que resulta de la ionización del HOCl. La proporción en que existe cada especie depende directamente del pH y tiene mucha importancia porque el HOCl es un germicida poderoso y estable, mientras que el OCl<sup>-</sup> es muy pobre. En la práctica se considera que de las tres formas de cloro libre (HOCl, OCl, Cl<sub>2</sub>) el HOCl es la única que actúa en la desinfección.

## Especies de cloro combinado

Como el cloro es un fuerte oxidante se combina, a través de una reacción de oxidación-reducción, con muchas de las sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua. La reacción más importante del cloro es la que hace con los compuestos nitrogenados, especialmente con el amoníaco, produciendo cloraminas y demanda.

## Cloraminas

Son compuestos de cloro y nitrógeno amoniacal. En este caso el cloro pierde electrones. Su poder de oxidación es más débil que el del cloro libre pero suficiente como para combinarse con indicadores de cloro (tales como la ortotolidina) y producir con ellos una coloración que permita conocer la concentración de cloro remanente en el agua. Como germicida viral y parasitario son dudosos. Presentan niveles menores de formación de THMs. Sin embargo, si producen SPD. Su efecto dura mucho tiempo en el agua ya que son compuestos muy estables. Son tóxicos para los peces y son perjudiciales para los pacientes de diálisis. Dependiendo de varios factores, se pueden producir  $\text{NH}_2\text{Cl}$  (monocloraminas),  $\text{NHCl}_2$  (dicloraminas) ó  $\text{NCl}_3$  (tricloraminas o tricloruros de nitrógeno). Este último compuesto es explosivo y tiene un mal olor, por lo que debe evitarse que aparezca.

La formación de las cloraminas se puede ver como un proceso gradual así:



Estas reacciones están términos de HOCl, pero se puede usar indistintamente  $\text{Cl}_2$  o OCI

Entre más baje el pH y más suba la concentración de cloro, más  $\text{NCl}_3$  se produce.

### **Cloro combinado no utilizable o demanda.**

Son los compuestos que forma el cloro con el amoníaco, aminoácidos, materiales proteínicos y orgánicos y ciertas sustancias químicas ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), produciendo cloruros, ácido clorhídrico, óxidos de nitrógeno, nitritos, nitratos, etc., que constituyen la demanda. En este caso el cloro gana electrones y por eso el producto formado no tiene propiedades desinfectantes y no reacciona con los indicadores de cloro. Esta parte del cloro que se aparentemente consume se denomina demanda.

La demanda es resultado de varias reacciones en las que el cloro es consumido por los constituyentes del agua (especialmente el nitrógeno amoniacal) y se puede calcular así: Demanda = Cloro dosificado – Cloro residual después de un tiempo de contacto.

### **B) Relación concentración-tiempo de contacto del cloro en el agua**

#### **Ley de Chick-Watson**

Chick y Watson propusieron que el proceso de desinfección del agua se puede representar así:

$$\frac{dN}{dt} = -kCN$$

donde: N = número de microorganismos vivos en el instante t

t = tiempo de contacto

k = constante de inactivación (es función del desinfectante, temperatura, pH)

C = concentración de desinfectante (mg/L), que para la desinfección con cloro se asume constante.

Integrando llegamos a:



$$\ln \frac{N}{N_0} = -kCt$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kCt}$$

donde  $N_0$  es el número de microorganismos vivos en  $t = 0$

Esta fórmula nos dice que la relación de microorganismos vivos decrece al aumentar  $Ct$ , ya que  $k$  es constante. Según este modelo el tiempo para matar un determinado tipo de microorganismo con un desinfectante es directamente proporcional al logaritmo de la relación de organismos remanentes (vivos) sobre organismos iniciales.

En la práctica el proceso de destrucción de los microorganismos presenta desviaciones a la Ley de Chick (matemáticamente no siempre se comporta como una reacción de primer orden), como lo muestra la figura anterior. La tasa de destrucción ( $\text{Log } N/N_0$ ) puede aumentar o disminuir con el tiempo debido a:

- Presencia de sustancias interferentes que impiden mantener un residual adecuado del desinfectante.
- Errores experimentales
- Diferente susceptibilidad de los organismos
- Mezcla inapropiada del desinfectante con el agua
- Existencia de colonias de bacterias de tamaños variados que establecen una concentración no uniforme de los organismos en el agua.

Debido a esto, la Ley de Chick se usa más para evaluar el comportamiento de un proceso de desinfección, dado  $N/N_0$ , en que se quiere calcular  $K$ .

### **El parámetro $Ct$**

$Ct$  es el parámetro de diseño y por lo tanto la variable más importante en el proceso de desinfección. Es el producto de la concentración del desinfectante (mg/L) por el tiempo en que se debe exponer el agua al residuo desinfectante (min.). Por lo tanto se mide en mg.min/L o mg/L/min. Se deriva de la ley de

Chick. Al aumentar ya sea la concentración o el tiempo de contacto, y manteniendo la otra variable constante, la efectividad en el proceso de inactivación de los microorganismos es mayor.

$$Ct = \int_{t_0}^t C dt$$

Se puede notar que al graficar C contra t, resulta que Ct sería el área bajo la curva C desde  $t_0$  hasta t.

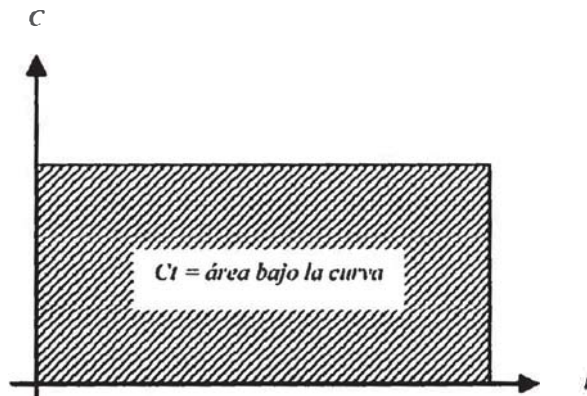


Fig. N° 3.5 Representación gráfica de C contra t

### C) Características del agua que influyen en el proceso de la desinfección

#### Temperatura

La temperatura es un parámetro que afecta la desinfección de muchas maneras:

- Las bacterias no existen a cualquier temperatura. Normalmente pueden vivir entre 5°C y 80°C
- La temperatura influye en la rapidez de las reacciones. En general, a mayor temperatura, mayor rapidez de las reacciones. Por eso, entre mayor sea la temperatura del agua, la desinfección es más rápida y eficiente, y la constante K aumenta. Se ha encontrado la siguiente expresión para relacionar la constante K con la temperatura:

$$K = K_{20} (1+\theta)^{T-20}$$

donde: K = constante de desinfección a la temperatura considerada (°C)

$K_{20}$  = constante a 20°C

T = temperatura (°C)

$\theta$  = factor que varía entre 0.06 y 0.08

- La densidad, viscosidad y solubilidad del cloro líquido disminuye a medida que aumenta la temperatura.

### **pH (Potencial hidrógeno)**

Las bacterias son muy susceptibles al pH. No sobreviven a potenciales muy altos o muy bajos. El pH óptimo de los microorganismos es alrededor de 7.

Además, la eficiencia del cloro libre disminuye al aumentar el pH. Esto se debe a que a diferentes pH varía la proporción de HOCl y de OCl<sup>-</sup>.

### **D) Microorganismos de interés**

Los microorganismos patógenos que se pueden encontrar en agua contaminada pueden agruparse en bacterias, virus y protozoos. El número de microorganismos, si es muy elevado, o si estos están agregados o adheridos a partículas que los protegen, puede afectar a los resultados.

Cada tipo de microorganismo tiene una sensibilidad notablemente distinta a la desinfección.

Los quistes de protozoarios soportan pH de 1 a 13. Son muchísimo más resistentes que las bacterias y que los virus. Sin embargo son susceptibles al calor. Temperaturas mayores de 50°C los destruyen en 2 minutos.

Los virus resisten más que las bacterias, aunque éstas resisten muy poco a la cloración, por lo que los organismos coniformes mueren muy rápidamente. Las esporas bacterianas son más resistentes debido al estado de deshidratación parcial de su protoplasma.

A modo de ejemplo se presenta la tabla en que se nos muestra el tiempo de desinfección para distintos tipos de microorganismos patógenos utilizando agua clorada, con concentraciones de cloro de 1 mg/L (1 ppm) con un pH = 7,5 y T = 25 °C

**Cuadr N° 3.9**

<b>Tiempo de desinfección de contaminantes fecales tratados con agua clorada</b>	
<i>E. coli</i> 0157 H7 bacterium	< 1 minuto
<i>Hepatitis A virus</i>	sobre 16 minutos
<i>Giardia parasite</i>	sobre 45 minutos

### 3.3 Calidad del agua

El agua es esencial para la vida y, sin embargo, es escasa para millones de personas en todo el mundo. Muchos millones de niños mueren a diario por enfermedades transmitidas por el agua y la sequía azota periódicamente algunos de los países más pobres del planeta.

Debemos dar una importancia prioritaria al saneamiento, aspecto en el que el progreso va más a la zaga. Además, hemos de demostrar que los recursos hídricos no deben ser fuente de conflicto, sino un elemento catalizador para la cooperación.

La calidad del agua es fundamental para el alimento, la energía y la productividad. El manejo juicioso de este recurso es central para la estrategia del desarrollo sustentable, entendido éste como una gestión integral que busque el equilibrio entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental a través de un mecanismo regulador que es la participación social efectiva.

El agua como recurso fundamental para todo ser vivo, requiere de un proceso que le proporcione las características necesarias para que al ser consumida por el hombre no le origine enfermedades o la muerte.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 80 % de las enfermedades infecciosas se transmiten mediante el agua, más de 3 millones de niños de

menos de 5 años mueren cada año por causa de enteritis imputables a la no desinfección del agua (Organización de Usuarios y Trabajadores de la Química del Cloro, 2003).

Un desinfectante ideal es aquel agente químico o físico que asegure una completa destrucción de los microorganismos, afectando lo menos posible el agua, los seres vivos que la consuman, los equipos que estarán en contacto con ella, el ambiente y además que su costo sea razonable.

Existen varios sistemas de desinfección de agua como el cloro, la luz ultravioleta, el ozono, entre otros. A pesar de que todos producen el mismo efecto final, el cloro se constituye en el desinfectante ideal ya que cumple con ser económico, efectivo, fácil de dosificar y deja un efecto residual que garantiza que el agua conservará las propiedades necesarias para ser consumible.

El agua de lagos, ríos y manantiales, es decir, en estado natural, se denomina agua cruda. Esta se caracteriza por ser turbia, tener color, olor, mal sabor, y presentar una multiplicidad de bacterias. Cuando no es naturalmente potable es necesario efectuar un tratamiento que puede ser físico, químico o microbiológico con el fin de ser apta para el consumo humano.

El proceso de potabilización de agua consta de varios subprocesos pudiendo ser: oxidación química y adsorción, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

De estos subprocesos el principal es el de la desinfección, el cual consiste en la eliminación de microorganismos no deseados en el agua. Los microorganismos más comunes son: bacterias, virus, hongos y algas. Estos microorganismos son capaces de sobrevivir en el agua por semanas, dependiendo de factores ambientales, morfológicos y fisiológicos como: temperatura, pH, oxígeno disuelto, nutrientes existentes, competiciones con otros organismos, resistencia a influencias tóxicas y capacidad de formar esporas, entre otros.

### 3.3.1 Pruebas físicas y químicas

#### **Análisis físico - químico del agua.**

La contaminación del agua está relacionada con la alteración de su calidad, mejor dicho de sus características físicas, químicas, bacteriológicas bien sea por causas naturales o por acciones derivadas del hombre y del animal que conllevan de forma parcial o total a que no sean adecuadas ya sea para uso doméstico o industrial

- **Temperatura**

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en la proliferación y supervivencia de los microorganismos a medida que aumenta las reacciones enzimáticas y tasas de reproducción.

Para cada organismo existe una Temperatura Máxima por encima de la cual no es posible el crecimiento, una mínima por debajo de la cual no tiene lugar la proliferación y una óptima en la cual se produce el crecimiento de forma más optima.

- **pH**

El ph del agua representa su acidez o su alcalinidad cuyo factor más importante es habitualmente la concentración de anhídrido carbónico debido a la mineralización total. La mayoría de los ecosistemas acuáticos tienen un pH que oscila entre 5.0 y 9.0, muy pocas especies pueden crecer a pH inferior a 2.0 o superiores a 10.

- **Conductividad eléctrica.**

La conductividad eléctrica permite evaluar rápida pero muy aproximadamente la mineralización global de agua. Las modificaciones importantes de la

conductividad pueden interferir rápidamente en el transcurso del día a causa de vertimientos industriales.

#### • Oxígeno disuelto

Es uno de los indicadores más importantes de la calidad de agua. Los valores varían entre 7.0 y 8.0 mg/L. La fuente principal es el aire el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y los viento en los lagos. Todos los organismos vivos dependen del oxígeno para sobrevivir y poder producir la energía necesaria para su desarrollo y su reproducción. El oxígeno que encontramos en las aguas de abastecimientos especialmente superficiales es el proveniente del aire que penetra en el agua por absorción.

Las variaciones del contenido de oxígeno son importantes ya que tiene tendencia a disminuir con la profundidad y los problemas anaerobios pueden desarrollarse en el fondo. Cuando la temperatura se eleva el contenido de oxígeno disminuye a razón de una pequeña solubilidad; estas modificaciones pueden formar gustos y olores desagradables.

#### •Turbiedad

Define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada suspendida. La turbiedad originada en el agua por parte de materiales externos se denomina alóctona y la producida dentro del mismo cuerpo de agua se denomina autóctona.

La forma mas frecuente como el hombre aumenta la turbiedad del agua es por la construcción de obras de ingeniería que dejan el terreno expuesto a la erosión, en especial en el trópico donde las precipitaciones son frecuentes y altas, este se convierte en uno de los factores mas perturbadores de los ecosistemas acuáticos.

Así mismo la deforestación y la agricultura intensiva se convierten en fuente de sedimentos, que al depositarse en el fondo de los ríos y lagos destruyen los hábitats de numerosas especies.

- **Alcalinidad**

El agua pura químicamente es una sustancia neutra que no manifiesta carácter alcalinos ni cualidades ácidas, pero las aguas naturales, aún las que tiene un alto grado de pureza contiene soluciones suspendidas de gases atmosféricos y de minerales del suelo y son estos productos encargados de suministrar a las aguas características ácidas o alcalinas. La alcalinidad es producida por sustancias de contacto con el agua, es decir por hidrólisis producen iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ), así por ejemplo la cal, carbonatos y bicarbonatos son productos que comunican alcalinidad al agua. Así con la capacidad de neutralizar ácidos del agua posee propiedades de buffer.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.Q.)**

Se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. Es una prueba que permite conocer la materia orgánica presente en un cuerpo de agua a través de una serie de mediciones de oxígeno.

Por ello es una determinación de uso común en laboratorios de plantas de purificación de agua es un bioindicador importante para determinar la calidad del agua así como un grado de contaminación orgánica.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Corresponde al contenido del conjunto de materias orgánicas que tienen un carácter biodegradable o no. Se expresa por la cantidad de oxígeno necesario para oxidar toda la materia orgánica e inorgánica presente en cuerpo de. La D.Q.O. Su determinación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores; el aumento de la D.Q.O. contribuye a la disminución de la capacidad de depuración de las fuentes hídricas, disminución del  $\text{O}_2$  disuelto, salinización de los suelos, pérdida de la biodiversidad acuática y calidad del uso.

**Sólidos:**



BURBANO, Francisco y SNEL, Hernán definen a los sólidos totales como los residuos secos de los productos disueltos y suspendidos que las aguas poseen en el momento de tomarse la muestra para el análisis. Es decir, todo lo que el agua contenga excepto el agua misma se puede considerar materia válida.

Principales sólidos según la naturaleza:

Orgánica: Carbohidratos, proteínas, restos de plantas y animales

Organismos: Algas, hongos, protozoos y bacterias, etc.

- **Dureza Total**

Corresponde a la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, evaluada como carbonato de calcio; y además es la capacidad para precipitar el jabón. Si la dureza es menor a la alcalinidad corresponde a su totalidad de carbonatos.

- **Fósforos y Fosfatos**

El fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplacnton.

El fósforo en forma de ortofosfato el nutriente de organismos fotosintetizadores y por tanto, es un componente limitante para el desarrollo de la comunidades. Su determinación es necesaria en estudio de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas.

- **Nitrógeno, Nitritos y Nitratos**

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo por ende los niveles de oxígeno. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir los organismos.

Las descargas de aguas residuales ricas en nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y de nitrificación con la consecuente concentración de nitratos.

A continuación se mencionan en forma general cada uno de los parámetros físicos y químicos que se miden en el laboratorio y que sirven para análisis de aguas para consumo según sea el tipo de su procedencia:

- Olor
- Acidez Total
- Alcalinidad Total
- Alcalinidad a la Fenolftaleína
- Alcalinidad al Indicador mixto
- Alcalinidad al Carbonato
- Alcalinidad al Bicarbonato
- Alcalinidad al Hidróxido
- Ácidos Grasos Volátiles
- Demanda de Cloro
- Dureza Total
- Dureza Carbonática
- Dureza no Carbonática
- Dureza Cálcica
- Dureza Magnésica
- Conductividad
- Color
- Cloro residual
- Temperatura
- Ortofosfatos
- Fósforo Soluble
- Fósforo Particulado
- Fósforo Total
- Hierro Soluble
- Hierro Total
- Manganeso
- Calcio
- Nitrito
- Nitrato
- Cloruros
- CO<sub>2</sub>
- Sulfatos
- Oxígeno Disuelto
- Sólidos Totales
- Sólidos Disueltos
- Sólidos Suspendidos
- Sólidos Fijos
- Sólidos Volátiles
- Sólidos Sedimentables
- Zinc
- Turbiedad
- pH

### 3.3.2 PRUEBAS BACTERIOLÓGICAS

Las pruebas bacteriológicas en el agua son indicadores de contaminación es por ello su especial importancia

#### Pruebas Bacteriológicas de Contaminación

Se presupone que el objetivo de los análisis rutinarios son para determinar la existencia de microorganismos patógenos en el agua. Sin embargo, esto no es verdad, por las siguientes razones:

1. Los organismos patógenos llegan al agua en forma esporádica y no sobreviven mucho tiempo, por lo tanto, pueden no estar en una muestra que se envíe al laboratorio.
2. Si se encuentran en pequeñas cantidades, pueden pasar desapercibidos a los procedimientos empleados.
3. Se necesitan 24 horas o mas para obtener resultados de los exámenes y si se encuentran microorganismos patógenos, muchas personas pueden haber tomado agua antes de que se conozcan los resultados, y así haberse expuestos a la infección.

Puestos que los exámenes de laboratorio para encontrar microorganismos patógenos en el agua tienen las desventajas enumeradas, se han desarrollado técnicas para detectarlas en las excretas, particularmente las del grupo coliforme.

Este propósito ha probado ser satisfactorio en la práctica y tiene las siguientes ventajas:

1. Los microorganismos coliformes, sobre todo E. Coli, habitan constantemente en el intestino humano en grandes cantidades.
2. Estos microorganismos viven más tiempo en el agua que los patógenos.
3. Obviamente, una persona sana en general, no elimina microorganismos patógenos, pero puede desarrollársele una infección intestinal y esos microorganismos aparecerán en las materias fecales.

Las especies clásicas de este grupo son *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*. La relación de estos microorganismos con otros del grupo entérico – *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Pseudomonas* y alcaligenes, todos los cuales son bacilos gramnegativos no esporulados.

Como estas especies tienen gran semejanza en su aspecto morfológico y características de cultivo, es necesario recurrir a pruebas bioquímicas para diferenciarlas. Reacciones que tengan las siguientes cuatro características son muy importantes para lograr este propósito:

1. Capacidad para producir Indol. *E. Coli* lo produce, y *Ent. Aerogenes* no.
2. Cantidad de ácido producida en un medio especial de caldo glucosado, adicionado del indicador rojo de metilo. Los dos microorganismos producen ácido de la glucosa. Sin embargo, *E. Coli* produce pH mas bajo, lo que hace que vire al rojo de metilo mientras que *Ent. Aerogenes* no cambia el color.
3. Capacidad para producir acetilmetilcarbinol en un medio de peptona glucosado. Este compuesto químico se detecta por medio de la reacción de Voges – Proskauer. *E. Coli* no produce acetilmetilcarbinol mientras que *Ent. Aerogenes* sí lo hace.
4. Utilización de citrato de sodio. *Ent. Aerogenes* es capaz de utilizar el citrato de sodio como su única fuente de carbono, esto es, se desarrollará en un medio de cultivo químicamente definido en el cual el citrato de sodio es el único compuesto de carbono. *E. Coli* no se desarrolla en estas circunstancias.

Por conveniencia, a estas pruebas se las ha designado en forma colectiva reacciones IMViC (I = Indol, M = rojo de metilo, Vi = reacción Voges – Proskauer y C = citrato).

Es necesario cuidar los siguientes detalles cuando se sometan muestras de agua a análisis bacteriológicos:

1. La muestra se tomará en frasco estéril.
2. La muestra ha de ser representativa de la fuente original.

3. Se evitará la contaminación de la muestra durante y después de obtenerla.
4. La muestra se analizará lo más pronto posible.
5. Si no es posible examinar la muestra enseguida, deberá guardarse en refrigeración entre 0 y 10 °C.

Los procedimientos bacteriológicos de rutina son:

- a. Cuenta en placas para determinar el número de bacterias.
- b. Pruebas que revelen la presencia de bacterias coniformes

### **3.4 Efectos tóxicos del cloro**

Desde 1974, los científicos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) determinaron que el cloro reacciona con ciertos materiales orgánicos durante la desinfección de agua para crear trihalometanos (THM), en particular el cloroformo y otros THM en cantidades menores. Los estudios toxicológicos emprendidos realizados sobre el cloroformo sugirieron que era cancerígeno para animales de laboratorio, aunque en niveles mucho mayores que los encontrados en el agua potable. Los temores de que los THM pudieran ser potencialmente cancerígenos para los humanos, llevaron a la EPA a fijar límites reglamentarios para estos subproductos de la desinfección (SPD); este límite es de 100 partes por mil millones (ppmm) en el caso de sistemas que atienden a más de 10.000 personas.

Ya en 1994, la EPA propuso la etapa I de una regla para subproductos de desinfectantes/desinfección. Esta regla reduciría el nivel máximo de contaminantes (NMC) para los subproductos de desinfección y ampliaría la cobertura para incluir a los sistemas pequeños. En noviembre de 1997, la EPA recomendó revisiones para esta regla propuesta para reducir los niveles de los subproductos de desinfección SPD en el agua potable sin comprometer la protección microbiana.

La propuesta también fija los nuevos NMC para THM totales en 80 ppmm, para ácidos haloacéticos en 60 ppmm y para bromato en 10 ppmm.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 80 % de las enfermedades infecciosas se transmiten mediante el agua. Según dicho organismo más de 3 millones de niños, de menos de 5 años, mueren cada año por causa de enteritis imputables a la no desinfección del agua, es por ello que se considera a la cloración del agua como el único sistema que garantiza que ésta llegue a nuestros hogares con las debidas condiciones sanitarias.

No existen evidencias concluyentes para admitir que la cloración del agua deje en su seno cantidades de compuestos potencialmente dañinos para la salud como son los trihalometanos

En opinión del Dr. H. Galal-Gorchev (OMS): "Los riesgos asociados a los subproductos de la cloración del agua potable son extremadamente bajos comparados con el riesgo asociado a una insuficiente desinfección".

Hay que tener en cuenta además que el cloro es una materia prima básica para la fabricación de numerosos medicamentos (el 85% de los mismos dependen directa o indirectamente del cloro). Así, por ejemplo, el cloro forma parte de la molécula de antibióticos (cloromicetina, clorotetraciclina, vancomicina, aureomicina, cloramfenicol, etc), depresores sanguíneos (clonidina), antimaláricos (cloroquina, pirimetamina), antimicóticos (clotrimazol), diuréticos, sedantes, preparados a base de alcaloides que contienen cloro en su fórmula, y su utilización en forma de clorhidratos, para hacer asimilables al organismo los principios activos

#### **3.4.1 Los trihalometanos**

Son compuestos orgánicos que aparecen en el agua potable tras ser sometida a cloración en presencia de sustancias húmicas y fulvicas, los Trihalometanos (THM) se consideran por su nomenclatura como derivados del metano  $\text{CH}_4$ , en cuya molécula, tres átomos de hidrógeno han sido sustituidos por igual número de halógenos: cloro, bromo, yodo o fluor

Cuando en el agua existen los precursores adecuados, la cloración da lugar a la aparición de compuestos orgánicos clorados, muchos de los cuales tienen poder

tóxico y mutagénico, aunque a altas dosis y a largo plazo. Es el caso de los trihalometanos (THM), como el cloroformo.

En estos últimos tiempos han surgido nuevas controversias con respecto a la cloración en el agua potable, y la formación de Trihalometanos (THM).

### **PRESENCIA DE TRIHALOMETANOS EN EL AGUA CLORADA**

El aumento de la contaminación de los manantiales principalmente por los compuestos orgánicos, provoca una gran preocupación en verificar los efectos causados por la presencia de estas sustancias en el agua destinada para el abastecimiento público.

La EPA publicó en el año 1977 luego de una investigación efectuada en 113 sistemas de abastecimiento, procurando detectar la concentración de 27 compuestos orgánicos de causar problemas en la salud de la población, dentro de estos compuestos se pudo verificar la presencia de cuatro tipos de trihalometanos los que fueron detectados en todas las aguas que eran desinfectadas con cloro.

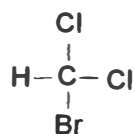
Los trihalometanos constituyen un grupo de compuestos derivados del metano ( $\text{CH}_4$ ) en cuya molécula tres de sus cuatro átomos de hidrógeno fueron sustituidos por igual número de átomos de elementos halógenos (cloro, bromo, yodo). Estos tres átomos de hidrógeno pueden ser sustituidos por una sola clase de halógenos como es el caso del cloroformo o triclorometano, o por dos elementos diferentes formando el bromodiclorometano o por cada uno de los tres como se puede apreciar en el yodobromoclorometano, algunos de este grupo poseen nombres especiales como el cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ ), bromoformo ( $\text{CHBr}_3$ ), y yodoformo ( $\text{CHI}_3$ ).

Estas sustancias son derivadas de la descomposición de la materia orgánica vegetal, siendo constituidas de mezcla de polímeros con estructuras aromáticas heterocíclicas, grupos carboxilo y nitrógeno. Son denominadas "precursores de los trihalometanos" son de importancia sanitaria debido a la formación de trihalometanos.

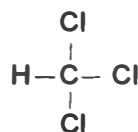
Datos de laboratorio demostraron también que las algas verdes y algas verde-azuladas reaccionan también con cloro produciendo trihalometanos.

### Estructura química de los trihalometanos

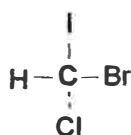
Bromodichlorometano



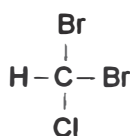
Triclorometano o Cloroformo



Yodobromoclorometano

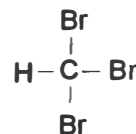


Dibromoclorometano



Tribromometano o

Bromoformo



### Características Físicas y Químicas de los Trihalometanos

Los trihalometanos son en estado puro, sustancias líquidas (cloroformo, bromoformo) o sólidas (yodoformo) a temperatura ambiente (10°C a 30 °C); de olor característico, poco solubles en el agua y poco solubles en diluyentes orgánicos.

Relativamente el comportamiento químico de los trihalometanos, se puede decir que son compuestos estables, no se oxidan fácilmente y no combustión directamente y no son inflamables.

Se están haciendo estudios por método de análisis por reacción colorimétrica que presenten suficiente sensibilidad para detectarlos y medirlos.



Las propiedades señaladas de los trihalometanos nos indican que su eliminación del agua por aireación solo es eficaz en los casos de los más volátiles y que, una vez formados durante la cloración su descomposición es fidicil, presentando una defensa a la oxidación a los agentes como el ozono.

### **Mecanismo de formación en la cloración de las aguas**

La formación de los trihalometanos durante la desinfección del agua con cloro libre obedece a un complicado mecanismo, por lo cual las especies químicas que el halógeno (cloro, bromo y yodo) forma con el agua, reaccionan con los derivados del hùmus que este medio normalmente contiene.

Tambièn se ha trabajado mucho para intentar establecer las complejidades de las características de las sustancias hùmicas y fùlvicas y asimismo encontrar los detalles de su combinación con el cloro.

Debido a la complejidad de los precursores orgánicos y a las diversas maneras posibles de reacción, la química de la aparición de los trihalometanos en las aguas no está bien establecida.

Lo que se puede asegurar es que para la formación de los trihalometanos en las aguas, se requiere, por lo menos, la presencia del cloro libre y de los precursores orgánicos. Cuando uno de estos factores no existe, la reacción no ocurre. La ecuación química general que representa su producción sería la siguiente:

Cloro libre + Precursores = Trihalometanos + Otros productos (humus)

### **Principales factores que influyen en su aparición en las aguas**

Los factores más importantes que afectan la cinética de la reacción pueden ser:

#### **Factor tiempo**

La formación de los trihalometanos en condiciones normales no es instantánea. En algunos casos su formación puede completarse en menos de una hora, en

otras situaciones es posible de que existan varios días hasta que ocurra la máxima producción de trihalometanos.

La reacción se hace menos lenta cuando aumenta la temperatura y en presencia de bromatos. Una gran parte de los trihalometanos que llega al consumidor son producidos en el sistema de distribución en donde el contacto del cloro libre con los precursores ocurre por un largo periodo de tiempo.

### **Factor temperatura**

Existe dependencia de la temperatura que, a cada 10 °C de incremento, se eleva al doble la tasa de formación de los trihalometanos. Las variaciones en lo que se refiere a la producción de trihalometanos, observadas en las plantas de tratamiento que utilizan la misma fuente de agua, son en gran parte efectos de la temperatura.

### **Factor pH**

Fue comprobado que la tasa de formación de trihalometanos depende del pH. En general la formación se eleva con el incremento del valor del pH para las reacciones entre el cloro libre y la mayoría de los precursores a pesar de haberse observado algunas excepciones.

Los resultados de varias investigaciones han demostrado una fuerte dependencia del pH, por cada unidad de aumento del pH existe un incremento triple. Esta elevación en la tasa de producción de los trihalometanos era de esperar ya que una de las maneras de explicar la aparición de los mismos, la reacción clásica de los haloformos es añadida por bases.

### **Factor de los bromatos**

Se ha comprobado que los bromatos tienen una acción acentuada en la formación de los trihalometanos, se dice que el bromato afecta tanto a la tasa de reacción así como a la cantidad total de trihalometanos.

El efecto del bromato en la cinética de reacción de los trihalometanos no está bien esclarecido. El mecanismo estimado por el cual el bromato participa de la reacción incluida la oxidación del bromato a bromo y ácido hipobromoso, los cuales por su parte reaccionan con los precursores orgánicos. El bromo competiría más efectivamente que el cloro por las posiciones activas de las moléculas húmicas precursoras.

Pero de lo observado se concluye que el bromo supera al cloro en la formación de trihalometanos.

### **Factor dosaje y tipo de cloro**

Se ha sustentado que los trihalometanos se originan mediante la conocida reacción de haloformo que tiene lugar entre el cloro libre y los precursores de los trihalometanos. Este punto de vista hoy es mucho más controvertido. Se ha demostrado que la reacción puede ocurrir por mecanismos distintos a los de la reacción por haloformo.

Se puede tener en cuenta que cualquier oxidante usado en la desinfección del agua actuará recíprocamente con los productos químicos ya presentes en el agua cruda para formar otros productos indeseables que pueden aparecer en el agua tratada. Por consiguiente, algo fundamental en la potabilización de las aguas es eliminar al máximo los precursores antes de la adición del oxidante para reducir al mínimo la demanda de desinfectante y la posible formación de subproductos nocivos.

### **Control de los trihalometanos en las aguas de los sistemas de abastecimiento**

Con relación a los controles de concentración de los precursores en agua cruda, se ha investigado técnicas de coagulación, sedimentación y uso de polvos absorbentes como carbón activado granular. Para la remoción del cloroformo después de formado, las investigaciones se dirigen principalmente para el empleo de carbón activado granular, polvo absorbente y aireación.

El empleo de carbon activado granular es la mejor técnica entre todas las que existen para controlar eficazmente tanto la remocion de sustancias organicas como trihalometanos.

Compete a los reponsables del servicio de agua a evaluar la capacidad operacional del proceso de tratamiento de averiguar cuales son las medidas a tomar para la coagulación /decantación y obtener mejores resultados en la remocion de los trihalometanos. Esto puede incluir la necesidad de perfeccionar la coagulación/floculación ejecutando con mayor frecuencia el ensayo de jar-test y así variar la dosis o el tipo de coagulante para una determinada calidad de agua, modificando aún el punto de aplicación del cloro para locales con bajo contenido de materia orgánica. Las experiencias demuestran que la adopción de esta práctica disminuye considerablemente la concentración de los trihalometanos en el agua de consumo humano. Por lo tanto, el responsable por la unidad de tratamiento de agua debe evaluar la posibilidad de alterar el punto de aplicación de cloro, pero sin perjuicio de la seguridad bacteriológica del agua a ser consumida.

### **Formas de análisis de los Trihalometanos**

Actualmente se dispone de varias técnicas para la identificación y medición de los trihalometanos dentro de los límites bajos de microgramos por litro.

La más popular de las técnicas de cuantificación es la de la purga y secuestro, que fue perfeccionada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Otra técnica es la extracción por disolvente. La última es considerablemente más simple y fácilmente adaptable al muestreo automático. Debido justamente a su bajo coste, la técnica de extracción por disolvente es la escogida para análisis de rutina de trihalometanos. Fue demostrado que las dos técnicas son de exactitud comparables.

Ambas técnicas requieren la cromatografía a gas como etapa final del análisis, la técnica de purga y secuestro incluye la remoción de los trihalometanos de la muestra de agua mediante el uso de gas inerte como el helio y la absorción de los mismos en una resina. Esta es calentada y el gas hace fluir dentro del

cromatógrafo para la separación y cuantificación de los trihalometanos. La extracción con disolvente incluye simplemente el tratamiento de la muestra con un disolvente de bajo punto de ebullición, como el tolueno o el hexano para que los trihalometanos pasen al disolvente. Enseguida se inyecta el extracto en el cromatógrafo de gas para la separación y cuantificación de los trihalometanos individuales.

### **Efectos sobre la salud**

Se ha demostrado que el cloroformo contenido en el agua es absorbido rápidamente por la mucosa intestinal cuando esta es consumida. Se distribuye a través de los tejidos corporales, concentrándose en las membranas lipídicas y se acumula en los tejidos adiposos con una larga vida de resistencia media. Su metabolismo tiene lugar en el hígado y, principalmente, en menor proporción en los riñones y otros tejidos.

El cloroformo, que es el trihalometano más común, se usaba como anestésico y como efectos secundarios podía producir cirrosis, cáncer y desencadenar enfermedades degenerativas.

Datos toxicológicos demuestran que el cloroformo, en dosis elevada, es un carcinógeno en los roedores (ratones y ratazanas). Como el metabolismo de estos animales es cualitativamente semejante a lo del hombre, se sospecha que sea también un carcinógeno humano. Estudios epidemiológicos sugieren igualmente este riesgo.

Investigaciones recientes señalaron una correlación positiva entre los niveles de cloroformo en el agua y los carcinomas de la vejiga y del intestino bajo.

Estudios epidemiológicos, proporcionan evidencia suficiente para mantener la hipótesis de que la presencia del trihalometano en el agua potable representa un riesgo para la salud ya que pueden estar incrementando la mortalidad por cáncer. En consecuencia, debido a la existencia de peligro potencial para el hombre, los niveles de cloroformo en el agua deben reducirse cuando permitan las posibilidades tecnológicas y económicas, teniendo en cuenta la utilización de

métodos que no comprometan la protección de las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua.

El problema no es que sean tóxicos a bajas dosis, sino que toda la población está expuesta. De ahí el interés por controlarlos.

Por las circunstancias observadas la Agencia de Protección Ambiental (EPA) fijó un límite máximo de 0,1 mg/l (100 ug/l) de trihalometanos en las aguas de abastecimiento, por lo tanto el nivel de seguridad asumido por la Organización Mundial de la Salud es de 100 microgramos por litro para concentración de trihalometanos totales (siendo este valor la suma de las concentraciones de cloroformo, dicloroetano, dibromocloroetano y bromoformo).

Cuando la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EUA fijó este límite, del cloroformo y otros trihalometanos en el agua para consumo humano, actuó dentro de una filosofía que llevó en cuenta la posibilidad potencial de que la sustancia podría estar ocasionando daños a la salud de las personas sometidas a una exposición crónica por toda una vida generada por la ingestión de cloroformo, aún a la baja concentración.

Sin embargo, un informe emitido por la Funasa de Brasil es enfático aún en asegurar que "según la Organización Mundial de la Salud (OMS) los estudios epidemiológicos existentes aún no permiten concluir que los trihalometanos sean cancerígenos para el hombre. La National Academy of Sciences, al evaluar una revisión de 13 estudios epidemiológicos llegó a la conclusión que no existen informaciones suficientes para admitir una asociación entre la presencia de trihalometanos en agua y el desarrollo de cáncer en seres humanos.

En España el experto en trihalometanos Hermenegildo García Gómez, Catedrático de Química Orgánica de la Universidad Politécnica de Valencia, propone el uso de técnicas de fotooxidación para reducir su carga en el agua de boca además dice que los trihalometanos se relacionan con el cáncer de vejiga y con daños en hígado y riñón, aunque no se sabe a partir de qué dosis. En el agua, los trihalometanos están en concentraciones ínfimas, de partes por billón, así que no se puede decir de forma tajante el efecto sobre la salud, que puede

aparecer a largo plazo, tras la ingestión de altas dosis de forma continuada y siempre según la persona.

El cloro es una garantía de desinfección y es necesario. El agua tiene que llegar al grifo con cloro. Siempre es mejor que existan trihalometanos por exceso de cloro a que aparezca una contaminación microbiana por defecto. Lo ideal es conjugar las dos cosas.

Mientras que otros investigadores en España aún sosteniendo que un 20% de muertes son causados por los trihalometanos de todos aquellos que mueren por cancer a la vejiga, no estan completamente seguros y dicen que esto es una aproximación y que debe seguir investigando, además solo se muestra en varones mas no en mujeres, otro argumento es que estos efectos pueden ser enmascarados por el tabaco.

#### **Valores Guía de Trihalometanos en el Agua Potable**

España: Límite legal ahora, establecido por Real Decreto de 2003: 150 microgramos por litro. Límite legal a partir de 2009: 100 microgramos por litro.

Unión Europea: 100 microgramos por litro

Estados Unidos: 100 – 80 microgramos por litro

OMS: 100 microgramos por litro

EPA: 100 microgramos por litro para trihalometanos totales Junio.2003

80 microgramos por litro para trihalometanos

#### **3.4.2 Otros derivados del cloro**

El cloro y los productos derivados juegan un papel importante en la purificación del agua potable, por ejemplo unas gotas de hipoclorito bastan para evitar cualquier peligro ocasionado por los microorganismos patógenos.

Por otra parte el cloro y sus derivados son materias básicas para la fabricación de numerosos medicamentos y desinfectantes, así como para la síntesis de ciertas vitaminas, además el cloro forma parte de la molécula activa de ciertos sedantes, diuréticos, antibióticos y de los medicamentos a partir de los alcaloides.

Algunos derivados del cloro:

Cloro líquido

Hipoclorito de sodio

Acido clorhídrico

Cloruro férrico en solución

Cloruro férrico hexahidratado

Cloruro de calcio

Hipoclorito de calcio

### **3.5 Cloro residual**

El objetivo principal de la desinfección del agua mediante el uso del cloro, es la destruir o desactivar a los microorganismos patógenos que son causantes de enfermedades, es el desinfectante de mayor uso debido a su bajo costo, su fácil comercialización y sobre todo por su efecto residual en el agua.

El cloro debe ser persistente, tiene que quedar en el agua algo de desinfectante y esto viene a ser el residual, para que una vez eliminados los elementos patógenos no se produzca un nuevo crecimiento de éstos.

La reglamentación peruana establece que las aguas distribuidas para consumo humano deberán contener en todo momento cloro residual libre o combinado

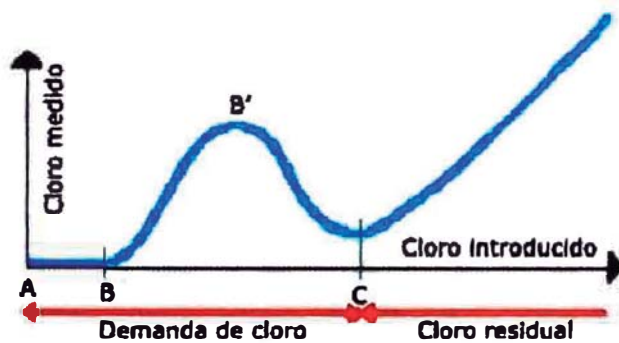
Existen dos factores muy importantes que hay te tener en cuenta:

- Tiempo de contacto
- Concentración (y clase) de cloro aplicado (libre o combinado).



Es importante mencionar la proporcionalidad de éstos, se requerirá un tiempo de contacto mayor cuando la concentración del cloro es baja y, en tiempos de contacto cortos se requerirán dosis mayores de cloro.

El proceso de cloración hasta la obtención del cloro residual puede comprenderse fácilmente en la siguiente gráfica en la que se aprecian unas fases bien definidas:



**Fig: N° 3.6**

En la fase AB todo el cloro que se añade es empleado en combinarse con la materia orgánica por lo que consecuentemente el nivel de cloro residual es cero.

Al llegar a la fase BB', el nivel de cloro residual aumenta, pero todo este cloro se encuentra combinado en forma de cloraminas, que son productos que tienen un bajo poder desinfectante y producen un olor desagradable.

De B' a C el cloro añadido se emplea en destruir las cloraminas por lo que el cloro residual medido disminuye hasta llegar a un mínimo en C llamado punto de ruptura.

A partir de este punto, todo el cloro añadido se emplea en aumentar el cloro residual que se encontraría como cloro libre y con mayor poder desinfectante que el cloro combinado que forma cloraminas.

En el proceso de cloración se obtiene dos tipos de cloro residual, el cloro libre residual, cloro molecular, ácido hipoclorito e ión hipoclorito, y el cloro combinado residual, monoclaramina, dicloramina y tricloramina.

### ¿Qué es cloro residual libre y como se mide?

El cloro residual libre, es el cloro presente en agua como ácido hipocloroso (HOCl) e iones hipoclorito (OCl). Este reacciona rápidamente con amoníaco y algunos compuestos nitrogenados para formar cloro combinado. Puede ser medido por DPD1.

### ¿Qué es cloro residual combinado y como se mide?

El cloro residual combinado, es el cloro existente en combinación química con Amoníaco, Nitrógeno o compuestos orgánicos clorados. . Esta forma de cloro es un agente oxidante más débil y su acción bactericida es más lenta. Puede ser medido por DPD4 – DPD1. Nota: el agua residual clorada y los afluentes industriales contienen normalmente únicamente cloro combinado.

### Métodos para la determinación del cloro residual

Estos métodos para determinar el cloro disponible, cloro libre o cloro combinado en el agua, se basan en las reacciones con los agentes reductores que no son específicas para estos compuestos.

El cloro puede estar presente en las aguas como cloro libre disponible o como cloro combinado disponible (en cloraminas), también puede estar presente como ácido hipocloroso , ión hipoclorito o ambos; asimismo pueden estar presentes en forma simultánea como cloro libre o combinado.

A través del tiempo se han venido desarrollando diferentes métodos analíticos para la determinación del cloro residual en el agua. En la actualidad existen más de 10 métodos para evaluar el cloro residual.

En relación a estos métodos debe tenerse en cuenta que:

**El método yodométrico**, se usa como patrón, sirve como base para la titulación de los patrones temporales y es adecuado para la determinación de altas concentraciones de cloro residual. Si tenemos una concentración mayor que 1mg/lit, el método yodométrico es más exacto que el método de la ortotolilidina.

**El método de la ortotolidina** es usado para las determinaciones rutinarias del cloro residuales los trabajos de laboratorio y de campo, se complementan rápidamente con aparatos visuales simples como los comparadores de cloro residual o con técnicas fotométricas.

**El método instantáneo de la ortotolidina**, llamada también prueba rápida de Laux, permite una determinación cualitativa de la presencia de cloro libre y se afecta muy poco por los agentes interferentes de acción lenta, generalmente nitritos o hierro férrico, pero sí se altera por el bióxido de manganeso coloidal.

**El método de la ortotolidina-arsenito (OTA)**, es una técnica para diferenciar el cloro libre disponible del cloro combinado disponible y del color producido por las sustancias interferentes.

Estrictamente para trabajos de campo, existe un método llamado "de dilución a gotas" utilizando también ortotolidina, que determina el cloro residual libre en los casos de que las concentraciones son mayores de 10 mg/lit y en los que se requiere rapidez en la determinación. No es recomendable si se requiere de precisión, tampoco debe verificarse a la luz solar directa.

**El método de titulación ampereométrica** es uno de los más exactos en la determinación del cloro libre disponible y del cloro combinado disponible, no se afecta por la presencia de diversos agentes oxidantes, lo mismo que por las variaciones de temperatura, turbiedad y color.

El dióxido de cloro puede ser determinado por cualquiera de las técnicas mencionadas si es que es la única sustancia en solución, pero si se encuentra en solución mixta con ácido hipocloroso, su determinación es difícil.

En concentraciones relativamente altas, se puede determinar al dióxido de cloro con la tirosina, pero si se trata de concentraciones menores que 0.2 mg/lit éste método colorimétrico no es lo suficientemente exacto.

Actualmente podemos encontrar en el mercado analizadores automáticos de cloro residual como el colorimétrico y el amperométrico.

**El colorimétrico** se basa en la medición fotoeléctrica de la intensidad de color que produce el yodo-almidón o la ortotolidina.

**El amperométrico**, determina el cloro residual a través de dos electrodos instalados dentro de una celda por la que fluye el agua que se va a analizar.

Para aplicar cualquiera de los analizadores automáticos de cloro residual, debemos hacerlo con criterio, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones y aplicarlos cuando:

- El caudal que se trata es variable cada hora.
- El agua que se está tratando cambia de características con frecuencia, lo cual genera una variación en la demanda del cloro.
- La contaminación de la fuente es bastante alta (mayor que 20,000 coliformes/100 ml).
- Es necesario llevar los registros de cloro residual en la planta.
- Se desea mantener residuales de cloro libre.

La determinación de cloro activo libre y combinado puede también hacerse mediante:

- Test rápido de cloro mediante juegos de reactivos con escala de colores. Contenidos de cloro entre 0,1 y 1,5 ppm.
- Determinación volumétrica mediante el reactivo N, N-dietil-p-fenilendiamonio, DPD. Adecuado para concentraciones de "cloro activo libre" entre 0,1 y 4 mg/l o ppm.

## CAPITULO IV

### IV APLICACIÓN DEL CLORO EN EL CAMPO

#### 4.1 Procedimiento seguido

Dada la importancia del trabajo de investigación se tenía que elegir un lugar que sea representativo y que cumpla con las condiciones necesarias para el desarrollo y la puesta en practica de la investigación, eso tenia que ver con el número de localidades en donde se podía intervenir con la aceptación de las autoridades locales para prestar el apoyo necesario al trabajo a realizar, es así que se llegó a la ciudad de San Marcos, Provincia de Huari, departamento de Ancash, lugar donde la Municipalidad del distrito de San Marcos y la entidad no gubernamental denominada SERVICIO UNIVERSITARIO MUNDIAL DE CANADA (SUM CANADA) tienen un convenio que están desarrollando, el cual es el sistema de cloracion por goteo mediante el uso de hipocloradores para hacer el agua potable, teniendo en cuenta que se debían de utilizar elementos fáciles de obtener en la misma localidad en donde se desarrolla el uso de los hipocloradores, asimismo debían ser de fácil manejo, de tal manera que su fabricación no sea complicado para las personas que lo ponen en práctica teniendo en cuenta sus particularidades.

Es por ello que observado las características y condiciones de la zona en la que se iba a realizar el trabajo de investigación, se determinó que la Ciudad de San Marcos reunía las condiciones para su desarrollo.

#### **Procedimiento detallado del trabajo de investigación:**

En primer lugar, se realizó la caracterización de la calidad del agua en los diferentes puntos de donde se abastece la ciudad de San Marcos, en las captaciones propiamente dicho, y esto se dio inicio con la toma de muestra de las aguas de las fuentes para su posterior análisis físico-químico-bacteriológico en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, estas muestras han sido tomadas teniendo las debidas precauciones del caso desde la toma de muestras hasta su traslado hacia la

cuidad de Lima, es importante resaltar que las muestras han sido tomadas de las principales fuentes de donde se abastece la ciudad de San Marcos.

Se contó en este caso también con los datos obtenidos por SUM CANADA que muy gentilmente nos facilitaron para continuación de nuestro trabajo de los manantiales del centro poblado de Carash denominándose Manantial N° 1 y Manantial N° 2 respectivamente.

Adicionalmente se tomó una muestra de la misma ciudad de San Marcos.

¿Por que se tomo esta muestra?

Se decidió tomar esta muestra debido a que en la noche anterior el dosificador había sufrido una obstrucción debido a que la manguerita de venocllisis había fatigado motivo por el cual no regresaba a su estado inicial y al forzarlo se obstruyó no dejando pasar el hipoclorito y como es obvio al no dosificar con el hipoclorito el agua mantenía sus condiciones iniciales lo cual se comprobó para que sirva como alerta en la metodología. Y es que se debe tener en cuenta la importancia de la revisión periódica del hipoclorador y es uno de los puntos centrales de este trabajo de investigación que es hallar una alternativa al dispositivo de dosificación sin que éste llegue a fatigarse producto del uso.

Esta tercera muestra se tomó como prueba de que, al no dosificarse el cloro, el agua sigue manteniendo sus características iniciales e incluso la contaminación se acrecienta por que en la red de distribución existen formas de contaminación por diferentes motivos, como por ejemplo si la instalación tiene deficiencias, así como posibles infiltraciones a la red.

En segundo lugar, se efectuó un diagnostico situacional de cada uno de los reservorios que se encontraban trabajando bajo la modalidad de desinfección del agua por medio de hipocloradores, tomándose como datos los siguientes:

El lugar donde se encuentra ubicado el reservorio.

La fecha y hora en la que se está tomando los datos.

Los caudales con las que es alimentado el reservorio.

La dosificación con el número de gotas de hipoclorito de sodio que se está dosificando al reservorio para que de allí vaya a la población.

La frecuencia con que se revisa a cada reservorio, para verificar el sistema de dosificación.

El volumen del balde que se está usando para almacenar el hipoclorito de sodio.

La frecuencia con que se realiza el cambio de balde con otra cuando ya se ha terminado el hipoclorito de sodio o lejía, o en su defecto cuando se recarga la solución a dosificarse.

En las observaciones se anota las informaciones acerca de cómo de halla el reservorio o cualquier otra información importante que pueda observarse, éste puede estar limpio o sucio, anotándose también la existencia de la protección perimetral, y si las condiciones de funcionamiento son buenas o malas en el sistema de válvulas, además lo más importante es que se sepa de cómo está trabajando el dosificador.

Como dato adicional se requiere del nombre del operador, ya que éste es la persona que se ha capacitado para el manejo del agua y de que manera se está desarrollando en su trabajo a fin de poder reorientarlo si no lo está haciendo correctamente.

También se consigna los datos tomados de los diferentes puntos críticos, de cloro residual mediante el uso de comparador de cloro marca HACH, de tal manera que se pueda verificar si la dosificación que se realiza está dentro de los parámetros y normas, en caso de no cumplirse con lo establecido reprogramar la dosificación corrigiendo las deficiencias.

Se presenta a continuación la hoja de encuesta que se elaboró y en donde se consignarán los datos requeridos que luego serán procesados para su interpretación respectiva.

**INVESTIGACION DEL SISTEMA DE CLORACION POR GOTEO  
EN ZONAS RURALES Y PEQUEÑAS CIUDADES**

**PROVINCIA: San Marcos**

**LUGARFECHA: HORA:**

**CAUDAL:**

**DOSIFICACION:**

**FRECUENCIA DE REVISION:**

**VOLUMEN DEL BALDE:**

**FRECUENCIA DE CAMBIO:**

**OBSERVACIONES:**

\*  
\*  
\*  
\*  
\*

**PRUEBA CON COMPARADOR DE CLORO EN PUNTOS CRITICOS  
ABASTECIDOS POR ESTE RESERVORIO**

<b>Nº 1</b>	<b>0.010</b>	<b>mg / lt</b>	<b>Nº 6</b>	<b>mg / lt</b>
<b>Nº 2</b>		<b>mg / lt</b>	<b>Nº 7</b>	<b>mg / lt</b>
<b>Nº 3</b>		<b>mg / lt</b>	<b>Nº 8</b>	<b>mg / lt</b>
<b>Nº 4</b>		<b>mg / lt</b>	<b>Nº 9</b>	<b>mg / lt</b>
<b>Nº 5</b>		<b>mg / lt</b>	<b>Nº 10</b>	<b>mg / lt</b>



En tercer lugar se desarrolló el monitoreo de la calidad del agua desde los puntos de cloración hasta los puntos mas críticos en el sistema de distribución cuya finalidad es la de verificación, de que el cloro residual llegue hasta los puntos más alejados con una concentración que debe de estar dentro de los parámetros permisibles establecidos por los organismos competentes.

Nota.- En algunos lugares de la población hay personas que son sensibles al sabor que deja el cloro residual por lo cual se generan problemas, esto es, se quejan de que el sabor del agua tiene un olor a lejía, a pesar de que los límites del cloro residual están en el extremo bajo, lo cual denota que es bastante difícil que todas las personas puedan asimilar las explicaciones acerca del uso del cloro como desinfectante por parte del personal de saneamiento ambiental, además esto es un indicativo de que la educación sanitaria debe ser una constante, pues este problema de las quejas se dan a pesar de que han transcurrido más de tres años en que vienen operando con la desinfección y por ende con la educación sanitaria por parte de la Municipalidad con su área de saneamiento y por otro lado SUM-CANADA.

En cuarto lugar, se realizó la evaluación, vigilancia y control de los sistemas propuestos, en este caso, luego de establecer las alternativas de solución para lo que se deseaba resolver, tenía que ser puesto a prueba "in situ"; para ello, una vez que se tenía construido el prototipo se pasó a instalarlo en uno de los reservorios que tenían las condiciones necesarias para que sirva de un piloto – cercanía, accesibilidad a los puntos para la toma de muestras, puntos de salida más desfavorables-, luego se tomó las muestras respectivas en los puntos mas representativos a lo largo de la línea de distribución a través de varios días y en diferente horario, para ver si el nuevo sistema planteado daba buenos resultados, si éste no daba los resultados esperados, se debía seguir probando con otras alternativas hasta hallar el resultado esperado.

En quinto lugar, producto de las experiencias obtenidas a lo largo del desarrollo del presente trabajo, se elaboró un manual de operación y mantenimiento de fácil manejo para la aplicación de cloro en un sistema de cloración alternativo en la que se consigna de manera gráfica, sencilla y explicativa, todo lo concerniente al agua (formas de obtenerlo, su importancia, su uso, sus cuidados, etc.), a la

desinfección del agua mediante el uso del hipoclorito de sodio (su importancia, su uso, sus cuidados, su dosificación, etc.), a la salud (enfermedades que se presentan producto del consumo del agua contaminada, etc.), construcción del dosificador ( construcción paso a paso del dosificador así como del dispositivo de control de dosificación, materiales y herramientas a usarse), de tal manera que una persona con conocimientos básicos pueda comprenderlo y lo más importante es que con esas explicaciones pueda aplicarlos.

En sexto lugar, como en el presente trabajo se está usando el hipoclorito de sodio, más comúnmente llamado lejía, se procederá a realizar los cálculos de los porcentajes de cloro de cada una de las marcas existentes en el mercado tomados y adquiridos al azar y que son las más comunes que utiliza la población ya sea por su costo o por su relativa confianza, pero es necesario que se haga la determinación en un laboratorio, en este caso en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería.

De los análisis se desprende que no todas las marcas de lejías tienen el porcentaje de cloro que dicen tener, además los porcentajes de los mismos tienen una variación que se desconoce en el mercado.

Finalmente, una vez calculado el porcentaje de cloro de cada marca, se hacen los cálculos respectivos para que se usen de acuerdo al caudal de agua, facilitando de esta manera al usuario para que pueda escoger la marca que les parezca conveniente, todo esto se consignará en una tabla.

#### **4.1.1 Caracterización del agua en puntos críticos**

Se ha determinado la caracterización del agua en los puntos críticos que son aquellos de donde se abastece la ciudad de San Marcos, éstas fuentes de agua son manantiales de ladera en donde se han construido las cajas de captación en las que se receptionan el agua y de allí es trasladado hacia un reservorio desde donde a la vez se traslada hacia la población.

Las captaciones principales de donde se abastece la ciudad de San Marcos son tres y es así que se tomó las muestras de cada uno de ellos, en el gráfico de la

página N° 113 se vé claramente las captaciones y los recorridos que se realiza desde cada uno de ellos.

### **Manantial de Quishu**

El manantial Quishu es una fuente complementaria de la cual se alimenta la zona urbana de la ciudad de San Marcos, está ubicada en una quebrada que separa a los caseríos de Rancas y Quishu, está a una altitud de 3380 msnm hacia el lado sur de la ciudad de San Marcos.

Para la recolección del agua tiene construido un sistema de captación tipo ladera, de la estructura y de los accesorios se pudo apreciar que se encuentra en buen estado de conservación, sin embargo como se puede apreciar en la fotografía necesita la renovación de la pintura, se aprecia también que no tiene un cerco de protección y por lo tanto es propenso a que animales y personas puedan circular por los alrededores con peligro de ocasionar contaminación si no se tiene cuidado.

La tapa sanitaria de la caja colectora es de una plancha de fierro de 3mm, el cual representa seguridad ya que tiene un sistema de llaves con pernos que el operador maneja.

El caudal captado es conducido a través de una línea que llega hasta un reservorio ubicado en el sector Lucmapampa para luego ser clorado y distribuido hacia la población.



**Foto N° 4.1 Manantial Quishu**

### Manantial de Lucmapampa

El manantial Lucmapampa es la fuente que principalmente abastece a la zona urbana de la ciudad de San Marcos, se encuentra al lado Sur de la ciudad a una distancia de 400 metros de la plaza de armas y a una cota de 2,979 m.s.n.m.

El flujo de agua de este manantial es disperso es por ello que se ha aprovechado el punto donde brota un caudal mayor y se ha construido una estructura de captación de tipo ladera.

Para determinar el caudal de producción del manantial se realizó un aforo volumétrico en la cámara húmeda, y se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro. Según la información proporcionada por el operador del sistema de agua potable, en los meses de lluvia (Diciembre a Marzo) aumenta considerablemente el caudal de este manantial.

**Cuadro N° 4.1 Aforos en manantial Lucmapampa**

Fecha	Hora	Caudal (Lps)	
		Aforado	Promedio
11/07/01	11:30	7,10	
03/10/01	15:35	9,06	
04/10/01	09:30	7,72	7,96

Fuente: Municipalidad de San Marcos

El caudal captado del manantial es conducido hasta los reservorios apoyado y elevado a través de dos líneas que se bifurcan de la tubería principal que sale de la estructura de captación para luego ser clorados y distribuidos hacia la población.

El estado de conservación de la estructura es buena el cual tiene dos compartimentos una cámara húmeda para la reunión del agua y otra seca para la protección de las válvulas, la base de la cámara húmeda es de geometría irregular

La tapa de protección de la cámara húmeda es sanitaria y no permite el ingreso de agua de lluvia con la tierra que se encuentra en la superficie del techo. La válvula de compuerta se encuentra en perfectas condiciones.



**Foto N° 4.2 Manantial Lucmapampa**

#### **Manantial de San Marcos (Carash)**

El manantial Carash esta compuesto por dos afloraciones de agua que se encuentran separados por una distancia de 60 m. están ubicados a 2,00 Km del área urbana del distrito, en la margen izquierda del río Carash y a unos 30 m de desnivel sobre el río del mismo nombre.

Las aguas que afloran de estos manantiales son filtraciones de las aguas que discurren por la quebrada Carash, que provienen de un manantial que se ubica en la parte alta de la quebrada, en la cota aproximada de 3600 m.s.n.m distante a dos kilómetros aguas arriba de los actuales puntos de captación , los que son utilizados para el riego de las áreas de cultivo ubicados a ambas márgenes de la quebrada.

El aprovechamiento de estos manantiales se realiza mediante dos estructuras de captación denominadas Manantial N° 1 y Manantial N° 2 de tipo ladera,

encontrándose estas dentro de áreas de cultivo. Ambos manantiales tienen un rendimiento muy variable ver cuadro

El primero se ubica en la cota 3.102,23 m.s.n.m. y el segundo en 3.094,58 m.s.n.m. con un rendimiento promedio de 0,60 y 0.87 lps cada uno respectivamente. El caudal promedio producido por los dos manantiales es de 1.48 lps según se muestra en el Cuadro.

**Cuadro N° 4.2 Aforos del Manantial Carash**

Punto de Aforo	Fecha	Hora	Caudal (Lps)	
			Aforado	Promedio
<b>Manantial N° 1</b>				
	12/07/01	11:00	0,73	
	23/08/01	15:30	0,79	
	06/09/01	13:00	0,65	
	06/10/01	12:30	0,24	0,60
<b>Manantial N°2</b>				
	12/07/01	11:00	0,91	
	23/08/01	15:30	1,56	
	06/09/01	13:00	0,55	
	06/10/01	0,52	0,47	0,87
<b>Producción Total</b>				<b>1,48</b>

FUENTE: Municipalidad de San Marcos

El agua captada de ambos manantiales es conducidas hasta una caja de reunión, y de allí se conduce hasta un reservorio apoyado donde se clora y luego se distribuye a la población

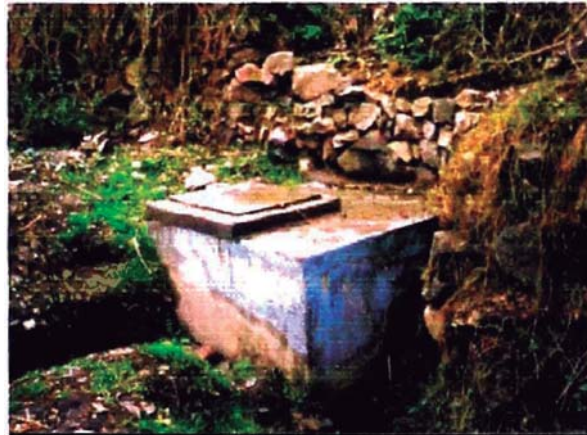
Las estructuras se encuentran en buen estado de conservación ya que se sabe que han sido construidos hace tres 3 años, pero hay descuido en su cuidado y mantenimiento.

**Foto N°4.3 Manantial N° 1**



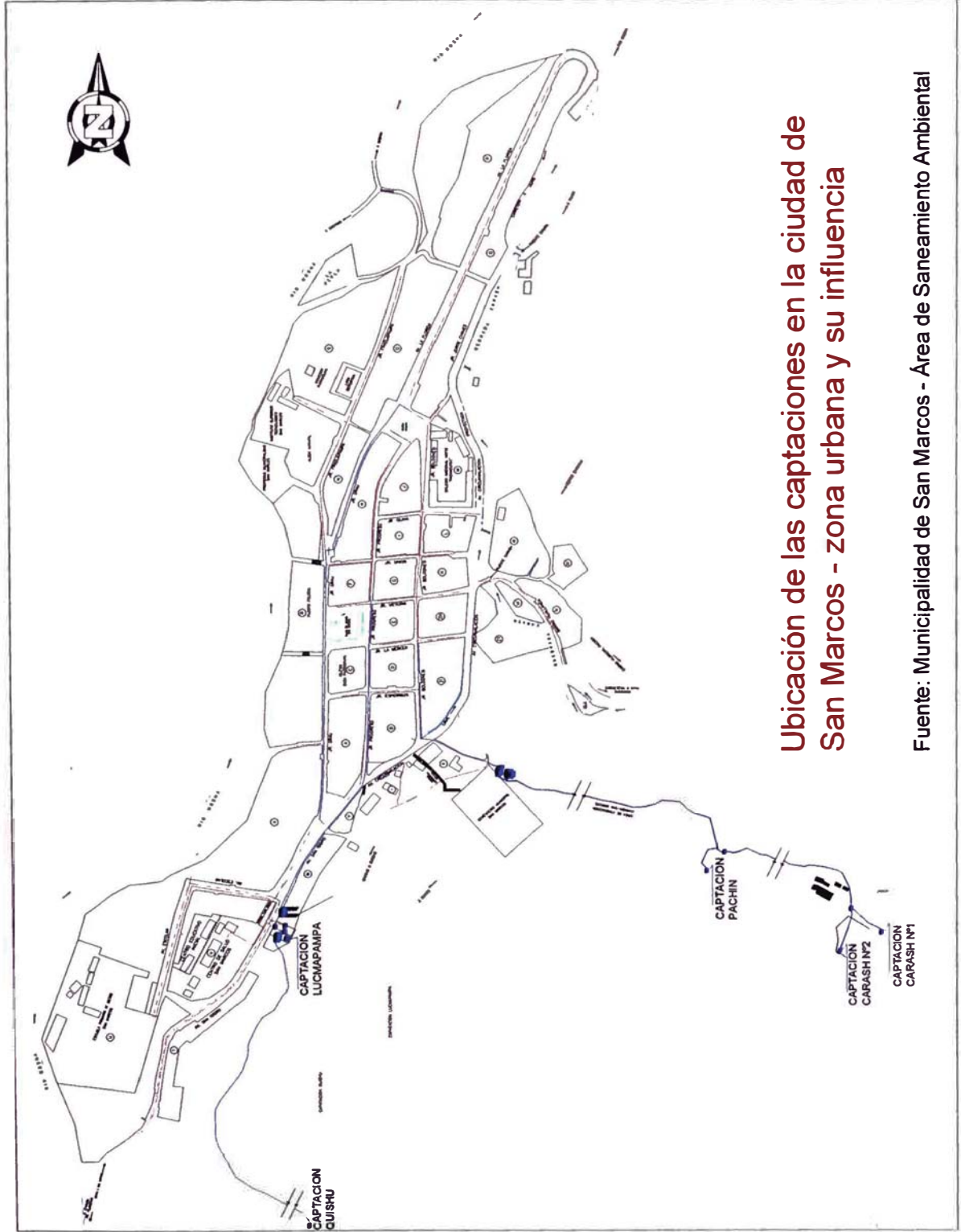
Fuente: Municipalidad de San Marcos

**Foto N° 4.4 Manantial N° 2**



Fuente: Municipalidad de San Marcos

**Fig. N° 4.1**



**Ubicación de las captaciones en la ciudad de San Marcos - zona urbana y su influencia**

Fuente: Municipalidad de San Marcos - Área de Saneamiento Ambiental



## 4.1.1.1 Resultados



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**  
**LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA**

**INFORME DE ANÁLISIS N°192-06 LAB N° 20**

Solicitante : I T D G  
 Tipo de muestra : Agua de manantial  
 Procedencia : San Marcos – Huaraz - Ancash  
 Fecha de muestreo : 03-10-06  
 Fecha de recepción : 01 y 02-10-06

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO**

PARÁMETRO	L.M.P.	UNIDAD	M1	M2	M3	METODO
Conductividad	—	µmhos/cm	206,00	206,00	203,00	Electrodos
Cloruros	250	mg Cl/L	7,30	10,70	6,30	Volumétricos
Dureza total	500	mg CaCO <sub>3</sub> /L	120,00	124,00	122,00	Volumétricos
pH			6,80	6,80	7,20	Electrodo
Sólidos totales	—	mg/L	100,00	101,00	99,00	Gravimétricos
Sólidos volátiles totales	—	mg/L	18,00	20,00	19,00	Gravimétricos
Sulfatos	250	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	33,00	14,00	33,00	Turbidimétrico
Temperatura		°C	21,2	21,1	21,2	

L.M.P. Límite máximo permisible

(\*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

**PROCEDENCIA:**

M1: Quichu - San Marcos - Ancash 01-10-06  
 M2: Lucmapempe - San Marcos - Ancash 02-10-06  
 M3: San Marcos - Ancash 02-10-06

Lima, 10 de Octubre del 2006

ING. ARTURO ZAPATA PAYCO  
 JEFE DEL LABORATORIO N° 20



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**  
**LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA**

**INFORME DE ANÁLISIS N°192-06 LAB N° 20**

Solicitante : I T D G  
 Tipo de muestra : Agua de manantial  
 Procedencia : San Marcos – Huaraz - Ancash  
 Fecha de muestreo : 03-10-06  
 Fecha de recepción : 01 y 02-10-06

**RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO.**

PARÁMETRO	L.M.P	UNIDAD	M1	M2	M3	METODO
Coliformes fecales	< 1	UFC/100 ml	12 X 10 <sup>2</sup>	21 X 10 <sup>2</sup>	17 X 10 <sup>2</sup>	FILTRO DE MEMBRANA
Coliformes totales	< 1	UFC/100 ml	15 X 10 <sup>2</sup>	29 X 10 <sup>2</sup>	22 X 10 <sup>2</sup>	FILTRO DE MEMBRANA

L.M.P. Límite máximo permisible

(\*) Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

PROCEDENCIA:

M1: Quishu - San Marcos – Ancash 01-10-06  
 M2: Luonapampa - San Marcos – Ancash 02-10-06  
 M3: San Marcos – Ancash 02-10-06

Lima, 10 de Octubre del 2006

ING. ARTURO ZAPATA PAYCO  
 JEFE DEL LABORATORIO N° 20



# ENVIROLAB-PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO

N° 507151

**Solicitante:** SUM CANADA  
**Domicilio Legal:** Av. Primavera 1477  
 Montarroyo - Surco  
**Tipo de Muestra:** Agua Subterránea  
**Plan de Muestreo:** —  
**Solicitador de Análisis:** JUL-151  
**Procedencia de la Muestra:** San Marcos - Ancash  
**Fecha de Ingreso:** 05/07/18  
**Código ENVIROLAB PERU:** 507151  
**Referencia:** Cotización 0546/05/OG

Código de Lab.:	507151-03	Fecha de Muestreo:	05/07/17			
Descripción:		Carash I				
Análisis	Método de Referencia	Límite de detección	Resultado	(acortamiento) (±)	Unidad	Fecha de Análisis
pH	EPA 150.1	—	6.4	0.03	—	05/07/18
Turbidez	EPA 180.1	0.1	0.9	0.1	NTU	05/07/18
Conductividad	EPA 120.1	1	97	0.1	uS/cm	05/07/19
Color Verdadero	EPA 110.2	5	<5	—	UC	05/07/18
Sólidos Totales	EPA 160.3	10	28	2	mg/L	05/07/26
Arteses	EPA 305.1	?	N.D.	—	mg/L	05/07/19
Dureza Total	EPA 130.2	10	42.3	0.7	mg/L	05/07/19
Cloruro	EPA 325.3	1	4	0.1	mg/L	05/07/22
Nitratos (como N)	EPA 352.1	0.10	173	0.17	mg/L	05/07/21
Orgánicos	SM 5540-C	0.06	N.D.	—	mg/L	05/07/21
Arsénico Total	ICP-GH	0.002	N.D.	—	mg/L	05/07/24
Calcio Total	EPA 200.7	0.006	8.25	0.792	mg/L	05/07/21
Cadmio Total	EPA 200.7	0.006	N.D.	—	mg/L	05/07/21
Cobalto Total	EPA 200.7	0.010	0.021	1.001	mg/L	05/07/21
Hierro Total	EPA 200.7	0.005	0.206	0.023	mg/L	05/07/21
Manganeso Total	EPA 200.7	0.003	0.004	0.0003	mg/L	05/07/21
Plomo Total	EPA 200.7	0.03	N.D.	—	mg/L	05/07/21
Zinc Total	EPA 200.7	0.002	0.057	0.006	mg/L	05/07/21
Mercurio Total	CVAFS	0.0012	N.D.	—	mg/L	05/07/19
*Resistencia a la cal	SM 9221E.1 / 9225	—	300	—	NMP/100ml	05/07/18

\*\*\*

La exactitud de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.  
 Para los análisis microbiológicos el límite de confianza del método es 25%.

Condición y Estado de la Muestra Ensayada:

La muestra llegó preservada al Laboratorio.  
 La fecha de muestreo es caso proporcional por el cliente.

EUIS BUENO CARBAJAL  
 Gerente General  
 C.I.P. N° 6618  
 Lima, Perú.



Nota: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra analizada.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.



# ENVIROLAB-PERU S.A.C.

Environmental Laboratories Peru S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO

N° 507151

**Solicitante:** SUM CANADA  
**Domicilio Legal:** Av. Primavera 1477  
 Monterrico - Surco  
**Tipo de Muestra:** Agua Subterránea  
**Plan de Muestreo:** —  
**Solicitud de Análisis:** JUL-151  
**Procedencia de la Muestra:** San Marcos - Ancash  
**Fecha de Ingreso:** 05/07/18  
**Código ENVIROLAB PERU:** 507151  
**Referencia:** Cotización 054603/GG

Código de Lab.:	507151-04	Fecha de Muestreo:	05/07/17			
Análisis	Método de Referencia	Límite de detección	Resultado	Incertidumbre (%)	Unidad	Fecha de Análisis
pH	EPA 150.1	—	6.8	0.03	—	05/07/18
Turbidez	EPA 180.1	0.1	7.9	0.9	NTU	05/07/18
Conductividad	EPA 120.1	1	115	0.2	uS/cm	05/07/19
Calor Verdadero	EPA 110.2	5	< 5	—	UC	05/07/18
Sólidos Totales	EPA 160.3	10	106	7	mg/L	05/07/26
Acidez	EPA 305.1	2	N.D.	—	mg/L	05/07/19
Dureza Total	EPA 130.2	1.0	42.3	0.7	mg/L	05/07/19
Cloruro	EPA 325.3	1	5	0.1	mg/L	05/07/22
Nitrógeno (como N)	EPA 352.1	0.10	2.24	0.22	mg/L	05/07/21
Detergente	SM 5540-C	0.06	N.D.	—	mg/L	05/07/21
Arsénico Total	ICP-GH	0.002	N.D.	—	mg/L	05/07/24
Calcio Total	EPA 200.7	0.006	7.88	0.756	mg/L	05/07/21
Cadmio Total	EPA 200.7	0.006	N.D.	—	mg/L	05/07/21
Cobre Total	EPA 200.7	0.010	0.015	0.001	mg/L	05/07/21
Hierro Total	EPA 200.7	0.005	0.142	0.016	mg/L	05/07/21
Manganeso Total	EPA 200.7	0.002	0.005	0.001	mg/L	05/07/21
Plomo Total	EPA 200.7	0.03	N.D.	—	mg/L	05/07/21
Zinc Total	EPA 200.7	0.002	0.030	0.003	mg/L	05/07/21
Mercurio Total	CVAFS	0.0002	N.D.	—	mg/L	05/07/19
*Esterilidad col.	SM 9221E.1 / 9225	—	800	—	NMP/100ml	05/07/18

La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza aproximado del 95%.

Para los análisis Microbiológicos el límite de confianza del método: 95%.

Condición y Estado de la Muestra Ensayada.

La muestra llegó preservada al Laboratorio.

La fecha de muestreo es dato proporcionado por el Cliente.

LUIS BUENO CARBAJAL

Gerente General

C.I.P. N° 6618

Lima, Perú,



NOTA:

-Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

## INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

### Manantial Quishu

Cuadro N° 4.3 Parámetros

PARAMETRO	L.M.P.	UNIDAD	M - 1	METODO
Conductividad	.....	umhos/cm	206,00	Electrodos
Cloruros	250	mg Cl/L	7,30	Volumétricos
Dureza Total	500	mg CaCO <sub>3</sub> /L	120,00	Volumétricos
Ph			6,80	Electrodo
Sólidos Totales	.....	mg/L	100,00	Gravimétricos
Sólidos Volátiles totales	.....	mg/L	18,00	Gravimétricos
Sulfatos	250	mg SO <sub>4</sub> /L	33,00	Turbidímetro
Temperatura		°C	21,2	
Coniformes Fecales	<1	UFC/100 ml	12x10 <sup>2</sup>	Filtro de Membrana
Coniformes Totales	<1	UFC/ 100 ml	15x10 <sup>2</sup>	Filtro de Membrana

LMP: Límite Máximo Permissible

Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición

De los resultados se desprende que:

Los valores de la Conductividad y de los Cloruros nos muestran de que se trata de un agua típica de manantial.

Además el agua en cuestión es moderadamente dura y ligeramente ácida.

Si observamos al análisis bacteriológico podemos apreciar que se trata de un agua con contenido de coliformes debido a que existe filtraciones de aguas de lluvia que arrastran los residuos de los animales y personas que transitan por los

alrededores, lo cual nos confirma que no habiendo otras fuentes más seguras y con el caudal suficiente para el abastecimiento de la ciudad de San Marcos, se debe desinfectar el agua para hacerla potable.

Los parámetros físico-químicos se hallan dentro de lo que es permisible por los organismos, entre ellos la EPA.

### Manantial Lucmapampa

Cuadro N° 4.4 Parámetros

PARAMETRO	L.M.P.	UNIDAD	M-2	METODO
Conductividad	.....	umhos/cm	206,00	Electrodos
Cloruros	250	mg Cl/L	10,70	Volumétricos
Dureza Total	500	mg CaCO <sub>3</sub> /L	124,00	Volumétricos
Ph			6,80	Electrodo
Sólidos Totales	.....	mg/L	101,00	Gravimétricos
Sólidos Volátiles totales	.....	mg/L	20,00	Gravimétricos
Sulfatos	250	mg SO <sub>4</sub> /L	14,00	Turbidímetro
Temperatura		°C	21,1	
Coniformes Fecales	<1	UFC/100 ml	21x10 <sup>2</sup>	Filtro de Membrana
Coniformes Totales	<1	UFC/ 100 ml	29x10 <sup>2</sup>	Filtro de Membrana

LMP: Límite Máximo Permisible

Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLES Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición.

De los resultados se desprende que:

De los valores de la Conductividad y de Cloruros apreciamos de que se trata de un agua típica de manantial.

Por el valor de la Dureza se trata de un agua moderadamente dura y el valor del pH nos indica que es ligeramente ácida.

Los valores del análisis bacteriológico nos indican que se trata de un agua con contenido de coniformes, esto es debido a que existe filtraciones de aguas de lluvia que arrastran los residuos de los animales y personas que transitan por los alrededores, lo cual nos indica que debe desinfectarse el agua para hacerla potable, apta para el consumo humano y como se trata de fuentes que tienen en los demás parámetros físico-químicos los valores por debajo de las establecidas podemos considerar como un agua apta para el consumo humano previa desinfección.

### Manantial N° 1 Carash

Cuadro N° 4.5 Parámetros

PARAMETRO	L.M.P.	UNIDAD	CARASH N° 1	METODO
pH	6.5-8.5 (*)		6.4	EPA 150.1
Turbidez	5 (*)	NTU	0.9	EPA 180.1
Conductividad	1500 (*)	Us/cm	97	EPA 120.1
Color Verdadero	15(*)	UC	<5	EPA 110.2
Sólidos Totales	1000(*)	mg / lt	28	EPA 160.3
Acidez	-	mg / lt	N.D.	EPA 305.1
Dureza Total	500 (*)	mg / lt	42.3	EPA 130.2
Cloruros	250 (*)	mg / lt	4	EPA 325.3
Nitratos (como N)	10 (*)	mg / lt	173	EPA 352.1
Detergentes	0.5(*)	mg / lt	N.D.	SM 5540-C
Arsénico Total	0.01 (*)	mg / lt	N.D.	ICP-GH
Calcio Total	75 (**)	mg / lt	8.25	EPA 2 007

PARAMETRO	L.M.P.	UNIDAD	CARASH N° 1	METODO
Cálcio Total	0.003 (**)	mg / lt	N.D.	EPA 20.07
Cobre Total	2 (*)	mg / lt	0.021	EPA 200.7
Fierro Total	0.3 (**)	mg / lt	0.206	EPA 200.7
Manganeso Total	0.1 (*)	mg / lt	0.004	EPA 200.7
Plomo Total	0.01(*)	mg / lt	N.D.	EPA 200.7
Zinc Total	3(*)	mg / lt	0.057	EPA 200.7
Mercurio Total	0.001(*)	mg / lt	N.D.	CVAFS
Escheri chiacoli	Ausencia(*)	NMP/100ml	300	SM 9221E.1/9225

FUENTE: ENVIROLAB-PERU S.A.C.

(\*) Límites máximos permisibles para agua de consumo recomendados por Ley General de Aguas, Reglamento del D.L. N° 17752 A-1

(\*\*) Valores límites según Ley General de Aguas para Uso II

Según los resultados de los análisis de los parámetros físicos-químicos y de metales del Manantial N° 1 podemos establecer que se encuentran dentro del rango permisible, pero el problema es en cuanto a los nitratos que tiene un valor demasiado alto (173 mg/lt) haciéndolo peligroso para el consumo humano ya que los nitratos en el tracto intestinal son reducidos a nitritos y el nitrito oxida la hemoglobina a metahemoglobina produciéndose la cianosis, asimismo el Ph (6,4) que se encuentra relativamente por debajo del valor mínimo (ligeramente ácido), lo mismo con la presencia de E.Coli indica que se necesita desinfectar; la conclusión es que se recomiende que se descarte como fuente de agua.



## Manantial N° 2 Carash

Cuadro N° 4.6 Parámetros

PARAMETRO	L.M.P.	UNIDAD	CARASH N° 2	METODO
pH	6.5-8.5 (*)		6.8	EPA 150.1
Turbidez	5 (*)	NTU	7.9	EPA 180.1
Conductividad	1500 (*)	Us/cm	115	EPA 120.1
Color Verdadero	15(*)	UC	<5	EPA 110.2
Sólidos Totales	1000(*)	mg / lt	106	EPA 160.3
Acidez	-	mg / lt	N.D.	EPA 305.1
Dureza Total	500 (*)	mg / lt	42.3	EPA 130.2
Cloruros	250 (*)	mg / lt	5	EPA 325.3
Nitratos (como N)	10 ( ) *	mg / lt	2.24	EPA 352.1
Detergentes	0.5(*)	mg / lt	N.D.	SM 5540-C
Arsénico Total	0.01 (*)	mg / lt	N.D.	IQP-GH
Calcio Total	75 (**)	mg / lt	7.88	EPA 200.7
Cadmio Total	0.003 (**)	mg / lt	N.D.	EPA 200.7
Cobre Total	2 (*)	mg / lt	0.015	EPA 200.7
Fierro Total	0.3 (**)	mg / lt	0.142	EPA 200.7
Manganeso Total	0.1 (*)	mg / lt	0.005	EPA 200.7
Plomo Total	0.01(*)	mg / lt	N.D.	EPA 200.7
Zinc Total	3(*)	mg / lt	0.030	EPA 200.7
Mercurio Total	0.001(*)	mg / lt	N.D.	CVAFS
Escherichia coli	Ausencia(*)	NMP/100ml	800	SM 9221E.1/9225

FUENTE: ENVIROLAB-PERU S.A.C.

(\*) Límites máximos permisibles para agua de consumo recomendados por Ley General de Aguas, Reglamento del D.L. N° 17752 A-1

(\*\*) Valores límites según Ley General de Aguas para Uso II

En el caso del Manantial N° 2 de Carash, el valor de la turbiedad está ligeramente por encima del valor permisible, pudiendo ser aceptable dejando que sedimente un tiempo, los demás parámetros se encuentran dentro del rango permisible como agua para consumo humano.

**Cuadro N° 4.7 Resultados de la muestra adicional de la ciudad de San Marcos**

PARAMETRO	L.M.P.	UNIDAD	M-S	METODO
Conductividad	.....	umhos/cm	230,00	Electrodos
Cloruros	250	mg Cl/L	6,30	Volumétricos
Dureza Total	500	mg CaCO <sub>3</sub> /L	122,00	Volumétricos
Ph			7,20	Electrodo
Sólidos Totales	.....	mg/L	99,00	Gravimétricos
Sólidos Volátiles totales	.....	mg/L	19,00	Gravimétricos
Sulfatos	250	mg SO <sub>4</sub> /L	33,00	Turbidímetro
Temperatura		°C	21,2	
Coniformes Fecales	<1	UFC/100 ml	17x10 <sup>2</sup>	Filtro de Membrana
Coniformes Totales	<1	UFC/ 100 ml	22x10 <sup>2</sup>	Filtro de Membrana

LMP: Límite Máximo Permisible

Los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLEA Y RESIDUALES APHA-AWWA-WPCF 19 edición.

De los resultados podemos comprobar que no solamente el agua mantiene sus características iniciales, si no que, se incrementó en los valores de los parámetros bacteriológicos en forma leve lo cual quiere decir que a través de la

red no hay contaminación y que se está teniendo cuidado en realizar un mantenimiento adecuado.

#### **4.1.2 Materiales, herramientas e insumos usados en la construcción del dosificador**

Los materiales, herramientas, así como los insumos a utilizarse en el presente trabajo de investigación, son aquellos que fácilmente pueden ser adquiridos en la localidad donde se está realizando el trabajo, por que de lo que se trata es de que la fabricación del hipoclorador sea de lo más simple y barato, para que de esa forma cualquier persona con un poco de orientación pueda construirlo, cambiarlo en caso de que surja algún inconveniente

##### **Materiales:**

- 1 balde de 18 litros (puede ser cambiado a criterio por que los caudales no son iguales en todos los lugares)
- 1 pedazo de manguerita de equipo de venoclisis
- 1 vela
- 1 fósforo
- 1 clavo de 1 ½ pulgadas
- 1 clavo de 2 ½ pulgadas
- 1 clavo de 3 ½ pulgadas
- Pegamento PVC
- Retazo de jebe de amortiguadores de tolva
- 1 abrazadera para cocina a gas

##### **Herramientas:**

- alicate
- 1 cuchilla filuda

##### **Insumos:**

- Hipoclorito de Sodio o comúnmente llamado lejía (debe ser de 5% mínimo)

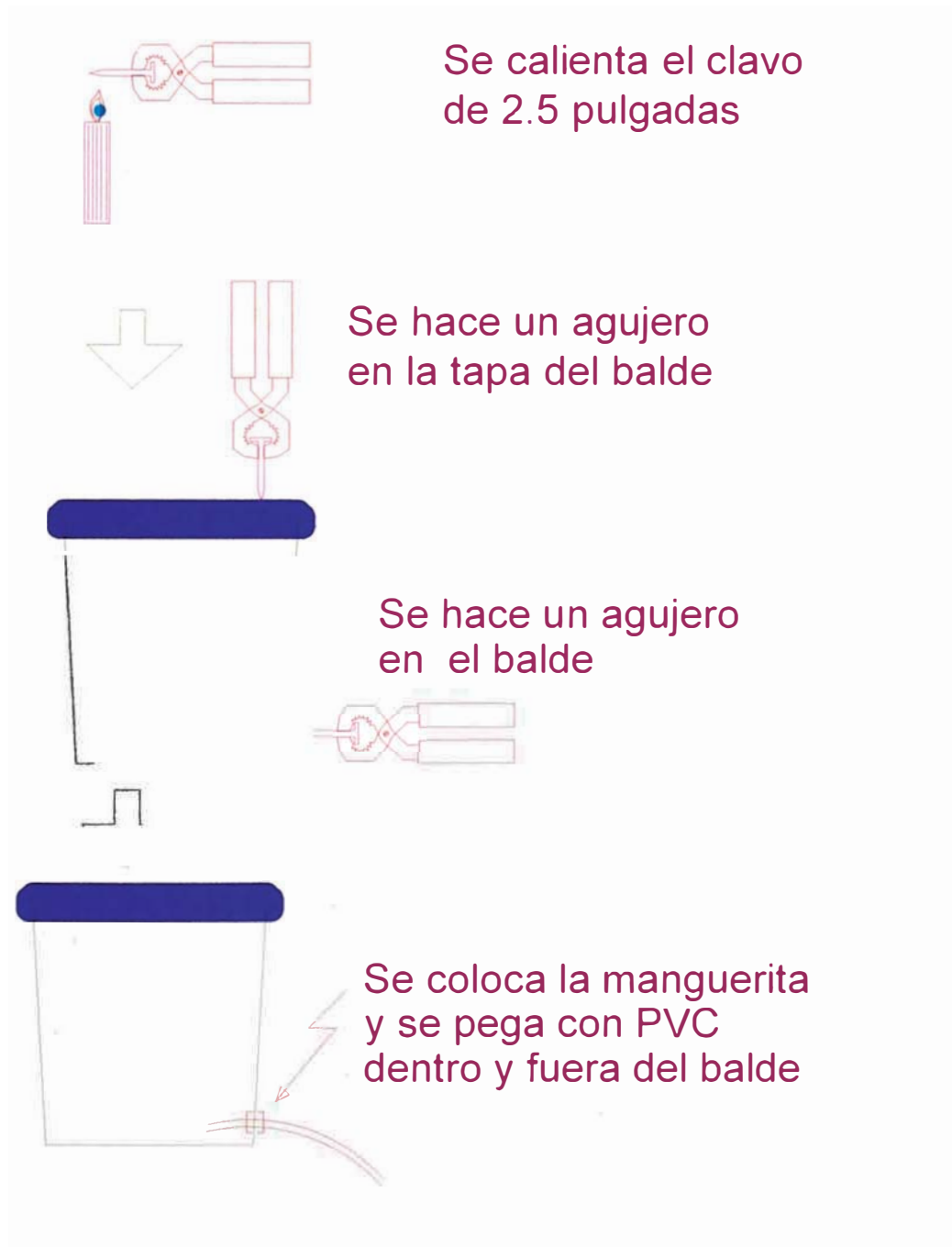
#### 4.1.2 Construcción del dosificador

El dosificador básicamente está manteniendo lo que era el equipo de venoclisis, pero como se generaban problemas de obstrucción en la manguerita de venoclisis por que éste llegaba a colapsar no regresando a su estado normal luego de una presión diferente, por que el control periódico sirve para regular constantemente la dosificación por motivos de caudal y por cambio de presión en el balde que contiene el hipoclorito de sodio (lejía).

##### Pasos para la construcción del dosificador

- 1.- Se necesita un balde de 18 lt. ó de la medida que se le acomode según el volumen de agua a dosificar producto de la variación del caudal.
- 2.- Hacer un agujero en la parte inferior del balde de acuerdo al diámetro requerido, esto es calentar un clavo de 2 ½ pulgadas de tamaño de tal manera que sea el agujero justo para pasar la manguerita de venoclisis, ésta debe ser hecho a una altura de la base de el grosor del dedo índice que es 2 cm. más o menos.
- 3.- Hacer pasar la manguerita a través del agujero realizado teniendo en cuenta de que en el interior del balde debe ir parte de la manguerita en una longitud aproximada de 5 cm. Con la finalidad de tener un buen punto donde se evite el ingreso de las impurezas o los asentamientos que se pudieran generar; por el extremo de afuera la longitud de salida debe ser la mitad de la altura del balde que contiene el hipoclorito de sodio con la finalidad de mantener una presión adecuada para que la solución con que se esté trabajando trabaje dentro del rango permisible de dosificación.
- 4.- Asegurar que la manguerita no se deslice con el pegamento de PVC colocada en ambos lados (dentro y fuera del balde)

## ACONDICIONAMIENTO DEL BALDE



**Fig. N° 4.2 Acondicionamiento del Balde**

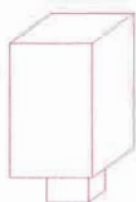
5.- preparación del dispositivo de control de dosificación del hipoclorito:

- a) De un retazo de jebe que se usa para los amortiguadores de tolva, cortar un dado de 1.5 cm de lado de cuadrado de base con una altura de 3 cm , es importante tener en cuenta que para cortar jebe se debe de hacer con agua para tener menos resistencia al corte.
- b) Calentar el clavo de 3 ½ pulgadas y agujerear el dado hasta mas o menos 2 cm en sentido vertical.
- c) Calentar es otro clavo de 1 ½ pulgadas y hacer un agujero por la parte opuesta del lado del paso anterior, de tal manera que se unan en una sola dirección.
- d) Verificar si los agujeros coinciden
- e) Colocar la abrazadera.
- f) Para manejar el perno de la abrazadera no se requiere usar necesariamente un desarmador, si no que en forma alternativa y practica se puede usar una moneda de 10 céntimos.

## PREPARACION DEL DISPOSITIVO DE CONTROL DE DOSIFICACIÓN



Se corta un dado de jebe



Se forma la parte de la salida de menor diámetro por donde se estrangula el orificio

**Fig. Nº 4.3 Preparación del Dispositivo de Control de Dosificación**



Se calientan los clavos  
al rojo vivo

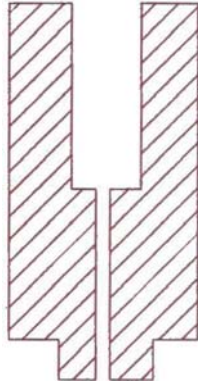


Se hace un  
agujero  
en el jebe hasta  
mas de la mitad  
de la altura

Se completa el  
agujero  
con el clavo de  
1.5 pulg.

**Fig. N° 4.4 Detalles de Ejecución I**

## Corte final



Así debe quedar  
el agujero y el  
dado de jebe

**Fig. N° 4.5 Detalles de Ejecución II**

6.- Colocar el dispositivo de control de caudal del hipoclorito al Terminal de la manguerita que se tiene en el balde por el lado del mayor diámetro. Para asegurar y evitar posibles fugas, en la unión de la manguerita y el dispositivo untar con pegamento PVC

7.- Poner en funcionamiento a la cantidad de gotas requerido de acuerdo a la tabla propuesta.

## DISPOSITIVO DE CONTROL DE DOSIFICACIÓN



**Fig. N° 4.6 Dispositivo de Control de Dosificación**



**Nota.**

El jebes que se utiliza para este caso es de lo que en los talleres de mecánica de cambio de llantas se encuentra, son restos que se desechan de los amortiguadores de tolva o de los amortiguadores de freno.

Éstos jebes son de material resistente al desgaste, presión, torsión, estiramiento, compresión e incluso a los productos químicos, dicho material está constituido de NEOPRENO

**Neopreno**

Uno de los primeros cauchos sintéticos logrados gracias a la investigación de Carothers fue el neopreno, el polímero del monómero cloropreno, de fórmula  $\text{CH}_2\text{-C}(\text{Cl})\text{CH-CH}_2$ . Las materias primas del cloropreno son el etino y el ácido clorhídrico. El neopreno fue desarrollado en 1931

El neopreno, conocido originalmente como **dupreno** (**duprene** en inglés), fue la primera goma sintética producida a escala industrial. Se usa en una gran cantidad de entornos, como trajes húmedos de submarinismo, aislamiento eléctrico y correas para ventiladores de automóviles. Su inercia química lo hace útil en aplicaciones como sellos (o juntas) y mangueras, así como en recubrimientos resistentes a la corrosión. También puede usarse como base para adhesivos. Sus propiedades lo hacen útil como aislante acústico en transformadores. Su elasticidad hace que sea muy difícil plegarlo. Su flexibilidad también lo hace apto para diseñar fundas que se ajusten perfectamente al objeto a proteger.

Un uso común del neopreno es la confección de botas para la pesca con mosca, ya que es un excelente aislante térmico. Su grosor generalmente suele ser de 5 mm, y tiene un precio intermedio entre materiales baratos como el nylon y el caucho y otros más caros como las prendas transpirables (GoreTex por ejemplo).

En usos como la confección de trajes para el buceo y para protección de ambientes hostiles, el aire que queda atrapado en el neopreno durante la fabricación es sustituido por nitrógeno puro, debido a sus propiedades aislantes.

Los trajes de buceo húmedos se realizan generalmente con un grosor de 7 mm, apto para su uso incluso en aguas frías (por debajo de 16°C). Debe destacarse que a una profundidad de -30 m, la presión hace que se compacte, disminuyendo sus propiedades aislantes, por lo que se ha desarrollado una variedad de neopreno, la *super-flex*, que combina *spandex* dentro del neopreno para permitir una mejor flexibilidad.

### Usos

- Moldeado: Juntas, tuberías, sellos mecánicos, correas, propelente sólido, bolas.
  - Extruído: Mangueras domésticas, tubos de laboratorio.
- Láminas: Bote hinchable, guantes, sacos de dormir, botas de talle alto, prendas de protección, material absorbente de radar.
  - Láminas para corte
- Espuma: Trajes de buceo, guantes, alfombrillas de ratón, pasamontañas.
- Adhesivo: Cinta adhesiva, adhesivo líquido

### Aplicaciones

Es utilizado en el recubrimiento de cables fuertes y de alta dureza, en adhesivos acuosos y en solventes. También se usa en recubrimientos de láminas de aluminio (y superficies flexibles), llantas de automóvil, corchos.

El neopreno es útil para adhesivos sensibles a la presión, además es útil para la construcción de estructuras para autos y partes internas de automóviles.

En automóviles se usa también para sistemas de insonorización y control de vibración.

#### 4.1.4 Procedimiento de aplicación

Este paso es tan importante como los demás porque se va a determinar los diferentes casos para poner en práctica la aplicación del dosificador y del dispositivo de control de dosificación del hipoclorito de sodio, ya sea en volumen de agua, diferente caudal, concentración de los diferentes productos etc.

##### 4.1.4.1 Preparación

###### 1.- Cálculo del caudal mediante el aforo en el reservorio.

Es necesario e importante conocer la cantidad de agua a la que se va a dosificar el hipoclorito de sodio; es conocido del cambio de caudal entre las dos más importantes estaciones a través del año pudiendo ser seca o lluviosa, que se presentan desde el mes de Abril hasta el mes de Octubre que es la época donde no hay lluvias o es estación seca, y donde el caudal del agua disminuye y, desde el mes de Noviembre hasta el mes de Marzo que es la época donde se presentan la lluvias o también se le denomina estación lluviosa.

Para ello es necesario aforar, y como se trata de aplicar los conocimientos básicos, aplicamos el siguiente criterio:

Sabemos que:

$$\text{CAUDAL} = \frac{\text{VOLUMEN (litros)}}{\text{TIEMPO (segundos)}}$$

- Con un balde de volumen conocido y un reloj que tenga hasta los segundos nos preparamos para aforar.
- Nos ubicamos en un punto donde podamos recibir todo el caudal de agua, este lugar debe ser en la salida del agua de la limpieza del reservorio. Previamente cerrar la salida de la distribución.
- Abrir la válvula completamente y en forma cronometrada tomar el tiempo en que el balde se llene hasta el volumen conocido (medir el tiempo desde el inicio hasta el final).
- Tendremos los valores conocidos del balde y del tiempo en que tarda éste en llenarse.

- Dividir el valor del volumen en litros, entre el valor del tiempo en segundos.
- El resultado de ésta división será el valor del caudal del agua que se está buscando y está expresado en litros sobre segundos (litros/segundo)

De ésta manera conseguimos obtener el valor del caudal del agua a la que luego se le dosificara un volumen determinado de hipoclorito de sodio.

## 2.- Volumen del reservorio

Calculamos fácilmente el volumen del reservorio tomando las medidas internas del mismo con una wincha.

## 3.- Cantidad de gotas a dosificar según concentración y marca del hipoclorito

Para dosificar partimos de lo siguiente:

Como la dosificación será mediante gotas, entonces recurrimos a los equivalentes aproximados en volumen y peso de las gotas que nos servirán para la aplicación práctica en el campo.

Se ha comprobado que en Perú, la concentración que contiene el hipoclorito de sodio es como máximo el 10 %, pero no todas las marcas de tienen la misma concentración o tienen las concentraciones que dicen tener, se ha comprobado en el laboratorio lo siguiente:

### **Cuadro N° 4.8 Concentraciones de Hipoclorito según marca comercial**

Marca	Concentración hallada en el laboratorio	Peso de un gota de lejía
Clorandina	6.42%	3.98 mgr
Pato	6.24%	3.86mgr
Derqusa	5.35%	3.31mgr
Clorina	5.05%	3.13mgr
Oscar Perez Salas (Blanquita)	4.66%	2.89mgr
Sapolio	4.48%	2.77mgr
Conejo	4.34%	2.69mgr
Clorox	4.34%	2.69mgr
Liguria	4.29%	2.66mgr
Blanquimax	2.66%	1.65mgr

Del cuadro presentado se desprende que la mayoría de las marcas tienen una concentración entre 4% y 6%, lo cual nos puede dar un margen de uso y considerarlo en promedio con una concentración de 5%, sin embargo incluso estos valores hallados pueden variar dado a la informalidad y falta de control que existe, pero para un mejor uso y por producto de la variación de concentraciones de los productos y con la finalidad de facilitar los cálculos a los usuarios se procede a dar una orientación para el uso adecuado del hipoclorito de sodio, así tenemos:

1.- Por didáctica partimos de un hipoclorito de sodio al 10%.

Recordemos que si tenemos una solución de de hipoclorito de sodio al 10%, éste contiene 100,000 mgr. de cloro libre por litro (100,000 mg/lit ó 100,000 ppm).

2.- Equivalentemente podemos decir:

1 ml de solución = 1cm<sup>3</sup>, tendrá 100mgr de cloro libre

Y como 1 cm<sup>3</sup> = 16 gotas

Cada gota tendrá 6.2 mgr de cloro libre = 6.2 ppm

De manera general presentamos un cuadro donde se especifica la cantidad de cloro libre tanto en una gota como en un mililitro de acuerdo a su porcentaje.

**Cuadro N° 4.9 Cantidad de cloro libre en una gota**

<b>Porcentaje de cloro libre en la solución</b>	<b>Cantidad de cloro libre en</b>	
	<b>1 gota</b>	<b>1 ml</b>
1 %	0.62 mgr	10 mgr
1.5%	0.93 mgr	15 mgr
2%	1.24 mgr	20 mgr
2.5%	1.55 mgr	25 mgr
3%	1.86 mgr	30 mgr
3.5%	2.17 mgr	35 mgr
4%	2.48 mgr	40 mgr
4.5%	2.79 mgr	45 mgr
5%	3.10 mgr	50 mgr
5.5%	3.41 mgr	55 mgr
6%	3.72 mgr	60 mgr
6.5%	4.03 mgr	65 mgr
7%	4.34 mgr	70 mgr
7.5%	4.65 mgr	75 mgr
8%	4.96 mgr	80 mgr
8.5%	5.27 mgr	85 mgr
9%	5.58 mgr	90 mgr
9.5%	5.89 mgr	95 mgr
10%	6.20 mgr	100 mgr

Ejemplo ilustrativo para realizar los cálculos en el cual hallaremos la cantidad de gotas a dosificar de acuerdo al porcentaje de la concentración del hipoclorito de sodio (lejía) según el caudal que se desea dosificar, cálculos que tienen que ser

manejados por el encargado de saneamiento, ya sea el Ingeniero Sanitario o el técnico.

**Ejemplo:**

Si se tiene un caudal de 1 lt/seg y una lejía al 10% ¿A cuántas gotas por minuto se debe calibrar el dosificador?

Del cuadro anterior tenemos que:

1 gota de lejía al 10 % pesa 6.2 mgr

Si dosificamos 1 gota por segundo:

Obtenemos 6.2 mgr/lt de cloro puro

Y si la gota cae cada 6 segundos se tiene:

10 gotas por minuto, en 60 litros de agua

Luego se tendría una dosis de 1.03 mgr/lt de cloro

Por efectos de seguridad iniciamos con 12 gotas por minuto, o sea cada 5 segundos, lo que significaría que la dosis inicial sería de 1.24 mgr/lt

Con la dosis hallada calibramos el cloro residual, para ello utilizamos el comparador de cloro.

Si hallamos que el cloro residual es superior a 1.0 mgr/lt, se disminuye el goteo

Si hallamos que el cloro residual es menor a 0.5 mgr/lt, aumentamos el goteo

Tener siempre en cuenta que con este sistema de dosificación vamos a tener una disminución de la velocidad de 60%.

Si lo aplicamos al ejemplo tendríamos:

Dosificación inicial a balde lleno ===== 12 gotas por minuto

Dosificación final cuando el balde se está agotando === 7 gotas por minuto

Hay que tener en cuenta que para los valores de caudales de menos de 3 l/s por que según la SUNASS los valores de cloro residual pueden variar de 0.5 mg/l hasta 1 mg/lt para aguas tratadas o de manantial

Cuadro comparativo de la cantidad de Hipoclorito de sodio (lejía) a usarse para la dosificación según la marca.

## 1.- LEJÍA CLORANDINA

Cuadro N° 4.10

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	45	6.42
2.5	38	6.42
2.0	30	6.42
1.5	23	6.42
1.0	15	6.42
0.8 – 0.9	13	6.42
0.7 – 0.8	12	6.42
0.6 – 0.7	10	6.42
0.5 – 0.6	9	6.42

En caso de que el número de gotas según el cuadro sea menor que 15, entonces habrá que realizar las diluciones respectivas a fin de no ejercer demasiada presión sobre el dispositivo de control de dosificación, ya que no es práctico realizar dosificaciones de baja cantidad de gotas, esto se cumple a nivel general.



## 2.- LEJÍA PATO

Cuadro N° 4.11

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	48	6.24
2.5	40	6.24
2.0	32	6.24
1.5	24	6.24
1.0	16	6.24
0.8 – 0.9	14	6.24
0.7 – 0.8	12	6.24
0.6 – 0.7	11	6.24
0.5 – 0.6	9	6.24

En caso de que el número de gotas según el cuadro sea menor que 15, entonces habrá que realizar las diluciones respectivas a fin de no ejercer demasiada presión sobre el dispositivo de control de dosificación, ya que no es práctico realizar dosificaciones de baja cantidad de gotas, esto se cumple a nivel general.

## 3.- LEJÍA DERQUSA

Cuadro N° 4.12

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	57	5.35
2.5	48	5.35
2.0	38	5.35
1.5	29	5.35
1.0	19	5.35
0.8 – 0.9	17	5.35
0.7 – 0.8	15	5.35
0.6 – 0.7	13	5.35
0.5 – 0.6	11	5.35

En caso de que el número de gotas según el cuadro sea menor que 15, entonces habrá que realizar las diluciones respectivas a fin de no ejercer demasiada presión sobre el dispositivo de control de dosificación, ya que no es práctico realizar dosificaciones de baja cantidad de gotas, esto se cumple a nivel general.

## 4.- LEJÍA CLORINA

Cuadro N° 4.13

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	60	5.05
2.5	50	5.05
2.0	40	5.05
1.5	30	5.05
1.0	20	5.05
0.8 – 0.9	17	5.05
0.7 – 0.8	15	5.05
0.6 – 0.7	13	5.05
0.5 – 0.6	11	5.05

En caso de que el número de gotas según el cuadro sea menor que 15, entonces habrá que realizar las diluciones respectivas a fin de no ejercer demasiada presión sobre el dispositivo de control de dosificación, ya que no es práctico realizar dosificaciones de baja cantidad de gotas, esto se cumple a nivel general.

## 5.- LEJÍA OSCAR PEREZ SALAS (BLANQUITA)

Cuadro N° 4.14

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	66	4.46
2.5	53	4.46
2.0	42	4.46
1.5	32	4.46
1.0	21	4.46
0.8 – 0.9	18	4.46
0.7 – 0.8	16	4.46
0.6 – 0.7	14	4.46
0.5 – 0.6	12	4.46

Como se puede apreciar en el cuadro, la concentración que tiene este producto (4.46 %) es baja para nuestro caso y por tal motivo no es práctico que con este producto de baja concentración se pueda dosificar a caudales superiores a 2.5 lps, dado que por superar a las 60 gotas por minuto puede surgir problemas en el conteo y con el peligro de no dosificar lo que realmente se necesita; por tal motivo si nos hallamos en esta situación lo mejor es cambiar de producto por uno que contenga mayor porcentaje de concentración.

## 6.- LEJÍA SAPOLIO

Cuadro N° 4.15

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	66	4.48
2.5	55	4.48
2.0	44	4.48
1.5	33	4.48
1.0	22	4.48
0.8 – 0.9	19	4.48
0.7 – 0.8	17	4.48
0.6 – 0.7	15	4.48
0.5 – 0.6	13	4.48

Como se puede apreciar en el cuadro, la concentración que tiene este producto (4.48 %) es baja para nuestro caso y por tal motivo no es práctico que con este producto de baja concentración se pueda dosificar a caudales superiores a 2.5 lps, dado que por superar a las 60 gotas por minuto puede surgir problemas en el conteo y con el peligro de no dosificar lo que realmente se necesita; por tal motivo si nos hallamos en esta situación lo mejor es cambiar de producto por uno que contenga mayor porcentaje de concentración.

## 7.- LEJÍA CONEJO

Cuadro N° 4.16

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	69	4.34
2.5	58	4.34
2.0	46	4.34
1.5	35	4.34
1.0	23	4.34
0.8 – 0.9	20	4.34
0.7 – 0.8	18	4.34
0.6 – 0.7	15	4.34
0.5 – 0.6	13	4.34

Como se puede apreciar en el cuadro, la concentración que tiene este producto (4.34 %) es baja para nuestro caso y por tal motivo no es práctico que con este producto de baja concentración se pueda dosificar a caudales superiores a 2.5 lps, dado que por superar a las 60 gotas por minuto puede surgir problemas en el conteo y con el peligro de no dosificar lo que realmente se necesita; por tal motivo si nos hallamos en esta situación lo mejor es cambiar de producto por uno que contenga mayor porcentaje de concentración.

## 8.-LEJÍA CLOROX

Cuadro N° 4.17

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	69	4.34
2.5	58	4.34
2.0	46	4.34
1.5	35	4.34
1.0	23	4.34
0.8 – 0.9	20	4.34
0.7 – 0.8	18	4.34
0.6 – 0.7	15	4.34
0.5 – 0.6	13	4.34

Como se puede apreciar en el cuadro, la concentración que tiene este producto (4.34 %) es baja para nuestro caso por tal motivo no es práctico que con este producto de baja concentración se pueda dosificar a caudales superiores a 2.5 lps, dado que por superar a las 60 gotas por minuto puede surgir problemas en el conteo y con el peligro de no dosificar lo que realmente se necesita; por tal motivo si nos hallamos en esta situación lo mejor es cambiar de producto por uno que contenga mayor porcentaje de concentración.

## 9.- LEJÍA LIGURIA

Cuadro N° 4.18

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	69	4.29
2.5	58	4.29
2.0	46	4.29
1.5	35	4.29
1.0	23	4.29
0.8 – 0.9	20	4.29
0.7 – 0.8	18	4.29
0.6 – 0.7	15	4.29
0.5 – 0.6	13	4.29

Como se puede apreciar en el cuadro, la concentración que tiene este producto (4.29 %) es baja para nuestro caso y por tal motivo no es práctico que con este producto de baja concentración se pueda dosificar a caudales superiores a 2.5 lps, dado que por superar a las 60 gotas por minuto puede surgir problemas en el conteo y con el peligro de no dosificar lo que realmente se necesita; por tal motivo si nos hallamos en esta situación lo mejor es cambiar de producto por uno que contenga mayor porcentaje de concentración.



## 10.- LEJÍA BLANQUIMAX

Cuadro N° 4.19

<b>Caudal de ingreso de agua al reservorio (lt / seg)</b>	<b>Velocidad inicial de goteo por minuto</b>	<b>Concentración de hipoclorito de sodio (lejía) en %</b>
3.0	111	2.66
2.5	93	2.66
2.0	74	2.66
1.5	56	2.66
1.0	37	2.66
0.8 – 0.9	32	2.66
0.7 – 0.8	28	2.66
0.6 – 0.7	25	2.66
0.5 – 0.6	21	2.66

Como se puede apreciar en el cuadro, la concentración que tiene este producto (2.66 %) es baja para nuestro requerimiento y por tal motivo no es práctico que con este producto de baja concentración se pueda dosificar a caudales superiores a 1.5 lps, dado que por superar a las 60 gotas por minuto puede surgir problemas en el conteo y con el peligro de no dosificar lo que realmente se necesita; por tal motivo si nos hallamos en esta situación lo mejor es cambiar de producto por uno que contenga mayor porcentaje de concentración, ya que el caso presente es el extremo, sugiero descartarlo definitivamente por cuestión de costos.

#### 4.- Desinfección del reservorio

Realizar la desinfección de un reservorio es muy importante ya que con ello evitaremos la formación de películas en sus paredes, además de evitar la formación de algas así como de cualquier elemento extraño que pueda contaminar el agua.

Para desinfectar podemos seguir el siguiente patrón:

1.- Poner en conocimiento de la población que se va a dejar de suministrar el agua por el tiempo determinado que dure la limpieza.

2.- Dejar de llenar el tanque cerrando la válvula de ingreso, vaciar el agua para que el reservorio quede vacío.

3.- Hacer la limpieza respectiva de las paredes internas del reservorio solo con agua.

4.- Dejar que ingrese el agua hasta para llenar el reservorio.

5.- Se puede utilizar el hipoclorito de calcio o el hipoclorito de sodio (lejía), para el primer caso el cloro debe de estar en forma líquida y no espesa para su fácil mezcla.

6.- Cuando el reservorio está a casi llenar, echar la solución de cloro de tal manera que con el agua que entre pueda mezclarse debidamente.

7.- Dejar que el cloro actúe por un tiempo aproximado de 4 horas.

8.- Al cabo de ese tiempo evacuar toda la mezcla mediante la válvula de limpieza.

En el siguiente cuadro se presenta una referencia de cuanto cloro usar teniendo en cuenta el volumen del reservorio y el tipo de cloro con lo que se va a desinfectar.

**Cuadro N° 4.20 Cloro a usar teniendo en cuenta el volumen del reservorio**

Tamaño del reservorio ( m <sup>3</sup> )	Hipoclorito de calcio al 33% kilos	Lejía al 10% Litros
2	0.80	2.8
3	1.25	4.4
4	1.65	5.8
5	2.0	7.0

Tamaño del reservorio ( m <sup>3</sup> )	Hipoclorito de calcio al 33% kilos	Lejía al 10% Litros
6	2.5	8.8
7	2.89	10.1
8	3.3	11.6
9	3.72	13.0
10	4.13	14.5
20	8.25	28.9
30	12.39	43.4

Fuente: SUM CANADA

#### 5.- Desinfección de la red

Lo mismo que limpiar el reservorio, la limpieza de la red es muy importante para evitar la contaminación del agua para consumo humano, teniendo en cuenta que existen nuevas conexiones y probables fugas debido a las deficiencias en la instalación o por rotura de las mismas tuberías, y esto podemos afrontarlo de dos maneras:

Primero: Utilizar la misma combinación de agua y cloro que se usó para la desinfección del reservorio.

Segundo: Realizar una nueva preparación para la desinfección solamente de la red.

Tanto en el primero como en el segundo caso, es necesario que la población servida tenga conocimiento anticipado del trabajo de desinfección que se va a desarrollar y las indicaciones necesarias y suficientes, para cuando tengan que actuar en el momento de evacuar el agua de desinfección lo realicen de una manera segura y adecuada.

En caso de que optemos por el segundo caso, se sugiere seguir los siguientes pasos:

1.- Cerrar la válvula de salida una vez calculado el volumen de agua que se va a necesitar.

2.- prepara el volumen necesario de hipoclorito de calcio o del hipoclorito de sodio (lejía) que se va a utilizar. Se sugiere cantidades según volumen en el

cuadro siguiente. En caso de usar hipoclorito de calcio la mezcla madre debe ser líquida de tal manera que no se formen grumos.

3.- Echar la solución al reservorio.

4.- Abrir la válvula de salida.

5.- Una vez que el agua está en las redes, dejar que pase un tiempo aproximado de 4 horas.

6.- Transcurridas las 4 horas, evacuar la solución por las salidas de agua

**Cuadro N° 4.21 Contenido de agua**

Contenido de agua en la tubería ( m <sup>3</sup> )	Hipoclorito de calcio al 33% kilos	Lejía al 10% Litros
0.5	200	0.7
1	400	1.4
1.5	600	2.1
2	800	2.8
3	1200	4.2
4	1600	5.6
5	2000	7.0
6	2400	8.4
7	2800	9.8
8	3200	11.2
9	3600	12.6

Fuente: SUM CANADA

#### Notas

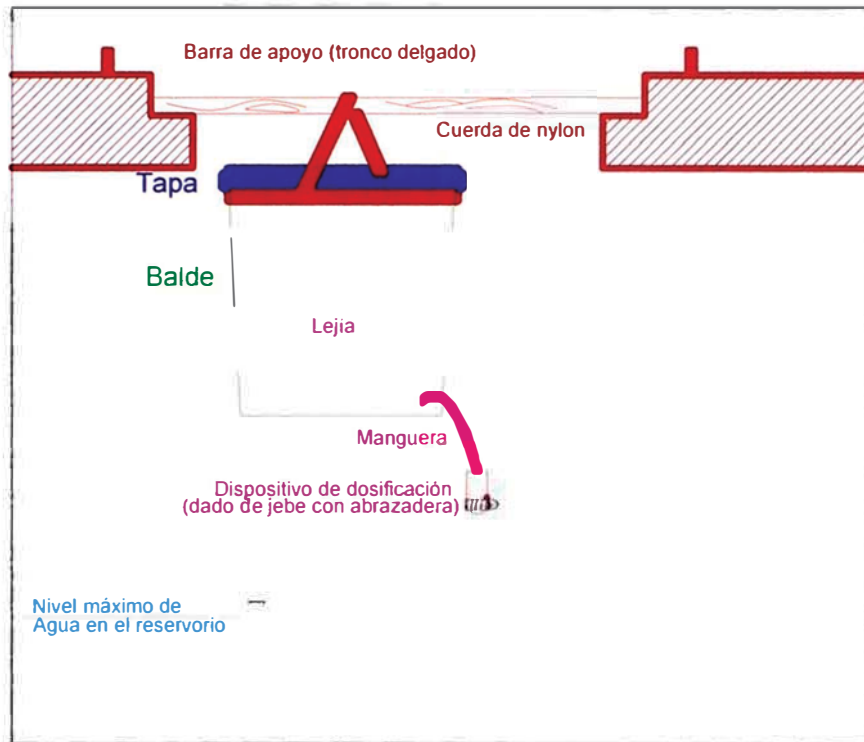
- Tener siempre presente que antes de realizar los trabajos de desinfección se debe de contar con el equipo de protección necesario como: guantes de jebe, ropa gruesa apropiada de dril, botas de jebe, lentes de seguridad, respirador, casco.

- El volumen se calcula según la cantidad de tubería q se va a desinfectar y ese valor de obtiene de la longitud y diámetro de la misma.

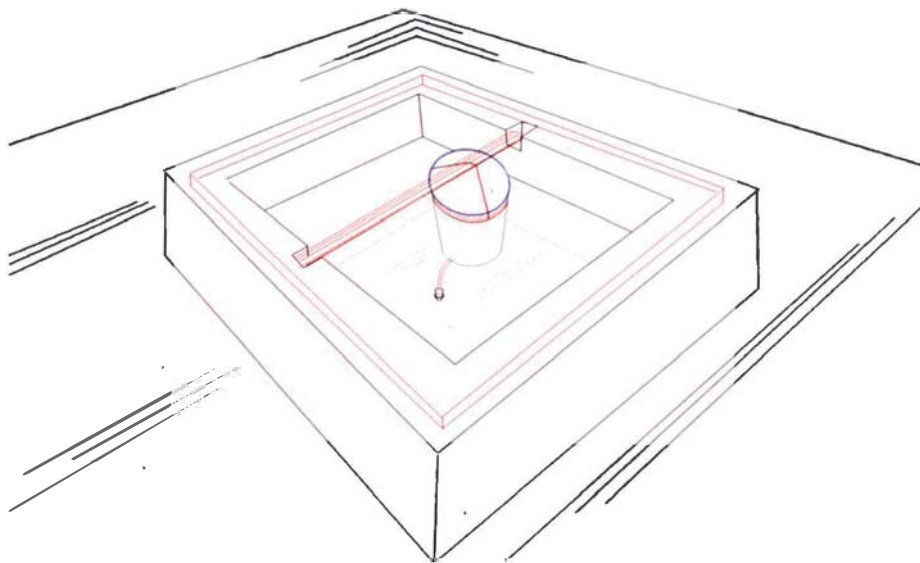
#### 4.1.4.2 Aplicación

Para la aplicación del nuevo sistema de cloración que se está proponiendo hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si se va a aplicar en un sistema de abastecimiento nuevo, habrá que aplicar los pasos indicados en la preparación, pues hay que realizar una desinfección general antes de poner en funcionamiento el sistema de abastecimiento.
- Si el sistema de abastecimiento está en funcionamiento y al cual se le implementará con el nuevo sistema de dosificación, verificar la limpieza del sistema de abastecimiento para si es que así lo requiera iniciar con el mantenimiento necesario, en caso contrario solamente se cambiará el sistema de dosificación anterior por el nuevo propuesto.
- Una vez revisado y realizado el proceso de la desinfección tanto del reservorio así como de la red, realizar la verificación del caudal mediante un aforo.
- Conociendo el caudal y teniendo construido el nuevo sistema de dosificación, revisar la tabla de dosificación según marca y concentración en porcentaje del hipoclorito de sodio para aplicarlo según los requerimientos necesarios.
- Llenar el balde con el hipoclorito de sodio (lejía)
- Realizar la graduación respectiva del número de gotas que se va a dosificar.
- Colocar el balde en el reservorio tal como se indica en los siguientes gráficos debajo mostrados.
- Calibrar la dosificación realizando las verificaciones respectivas y tomando las muestras de cloro residual en diferentes puntos, de tal manera que el residual que se halle se mantenga dentro de los parámetros permisibles establecidos por los organismos competentes.



**Fig. N° 4.7 VISTA DE FRENTE**



**Fig. N° 4.8 VISTA EN PERSPECTIVA**

**Cuadro N° 4.22**  
**CUADRO DE DOSIFICACIÓN SEGÚN MARCA Y PORCENTAJE DE LEJÍA**

Caudal que ingresa al reservorio lt/seg	CLORANDINA 6,42 % Velocidad inicial de goteo por minuto	PATO 6,24 % Velocidad inicial de goteo por minuto	DERQUSA 5,35 % Velocidad inicial de goteo por minuto	CLORINA 5,05 % Velocidad inicial de goteo por minuto	O.PEREZ S. 4,46 % Velocidad inicial de goteo por minuto	SAPOLIO 4,48 % Velocidad inicial de goteo por minuto	CONEJO 4,34 % Velocidad inicial de goteo por minuto	CLOROX 4,34 % Velocidad inicial de goteo por minuto	LIGURIA 4,29 % Velocidad inicial de goteo por minuto	BLANQUIMAX 2,66 % Velocidad inicial de goteo por minuto
3	45	48	57	60	66	66	69	69	69	111
2,5	38	40	48	50	53	55	58	58	58	93
2	30	32	38	40	42	44	46	46	46	74
1,5	23	24	29	30	32	33	35	35	35	56
1	15	16	19	20	21	22	23	23	23	37
0,8 - 0,9	13	14	17	17	18	19	20	20	20	32
0,7 - 0,8	12	12	15	15	16	17	18	18	18	28
0,6 - 0,7	10	11	13	13	14	15	15	15	15	25
0,5 - 0,6	9	9	11	11	12	13	13	13	13	21

## CAPÍTULO V

### V EVALUACIÓN DE LOS MONITOREOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

#### 5.1 Parámetros de monitoreo

Los parámetros que se usaron para monitorear fueron:

##### Para caracterizar el agua: análisis físico-químico-bacteriológico

- **pH**, para conocer si el agua que se está dosificando o se está por dosificar es alcalina o ácida.
- **Conductividad** expresada en  $\mu\text{mhos/cm}$ , es un indicativo para saber si se trata o no de un agua corrosiva.
- **Cloruros** expresado en  $\text{mg Cl}^-/\text{lt}$ , es un parámetro que nos sirve para alertarnos acerca de la corrosividad del agua así como del incremento del contenido de sólidos en el agua.
- **Dureza Total** expresado en  $\text{mg CaCO}_3/\text{lt}$ , un agua dura genera problemas domésticos antes que otros, ya que el consumo del jabón se incrementa generando más gasto en una población que es de bajos recursos económicos.
- **Sólidos Totales y Sólidos Volátiles** expresados en  $\text{mg/lt}$ , parámetros que nos indican de acuerdo al valor la necesidad o no de precipitar y/o ablandar el agua.
- **Sulfatos** expresado en  $\text{mg SO}_4^{2-}/\text{lt}$ , es importante debido a las causas que se generan si es hallado en grandes cantidades por el efecto fisiológico catártico en los seres humanos.
- **Coliformes Fecales** expresado en  $\text{UFC}/100\text{ml}$ , nos indica el grado de contaminación por residuos dejados por el hombre y la necesidad de la desinfección.



## Para el desarrollo y la puesta en práctica del nuevo dispositivo de desinfección

- **Q** caudal, expresado en litros por segundo.  
El caudal al que nos referimos en este caso es el del agua, es básico, porque dependiendo de la cantidad del agua, iniciaremos los cálculos para la dosificación.
- **v** velocidad de goteo, expresado en gotas por minuto.  
La velocidad de goteo es la cantidad de hipoclorito de sodio que se le añadirá al caudal de agua a fin de obtener su desinfección.
- **C** concentración del hipoclorito de sodio expresado en porcentaje (%), tiene que ver con la cantidad del producto que se va a utilizar para la desinfección del agua, así como la cantidad que se usará.
- **R** cloro residual expresado en mg/lit, es tomado en los puntos prefijados para determinar si se está cumpliendo con la dosificación adecuada.

### 5.2 Selección de los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo fueron elegidos de acuerdo a los siguientes criterios:

- 1) Deben ser los más representativos.
- 2) El primer punto debe de estar cerca del reservorio a fin de verificar y obtener el mayor valor en mg/lit de cloro residual después del reservorio.
- 3) Fijar uno o dos puntos de muestreo, según sea la distancia desde el reservorio hasta el último punto de distribución.
- 4) Elegir un último punto de muestreo en la parte más alejada, de tal manera que se verifique que el residual de la cloración llegue a este punto con la dosis mínima requerida para garantizar que el agua en ese punto sea apta para el consumo humano y así estar exenta de elementos patógenos que son los causantes de las enfermedades gastrointestinales y otras.
- 5) De preferencia para este tipo de pruebas tomamos una ruta conocida de la red por donde discurre el agua, ya que en el sistema existente la distribución de agua potable no es desde un solo punto, sino, que la distribución está

zonificada por el área de influencia que llega de las diferentes captaciones determinadas por el caudal.

Es necesario señalar que la metodología que se empleó para la toma de datos respectivos fue siguiendo el siguiente criterio:

- Desde el inicio del cambio del nuevo dosificador la toma de pruebas se realizó diariamente, en algunos días (principalmente en los primeros), se llegó a tomar hasta 3 veces y cada vez se tomó tres muestras.
- La razón del número de toma de muestras y la frecuencia es debido a como se estaba probando la eficacia en el funcionamiento de los dispositivos alternativos, éstos podían fallar (esto sucedió en varias oportunidades) y, se debía regresar al sistema inicial a fin de que en ningún momento se deje de dosificar el hipoclorito.
- Se trazó una ruta de dosificación tal como se indica en el gráfico, de tal manera que se tenga un control más representativo.

En la figura siguiente se muestra una forma gráfica y sintética de cómo se desarrolló el trabajo hasta encontrar la alternativa, hubo casos donde un dispositivo falló al día siguiente de su aplicación, así como algunos que duraron hasta una semana y luego empezaron a fallar, pero la alternativa final no mostró fallas a través del tiempo y esa es la que se definió finalmente para que se desarrolle.

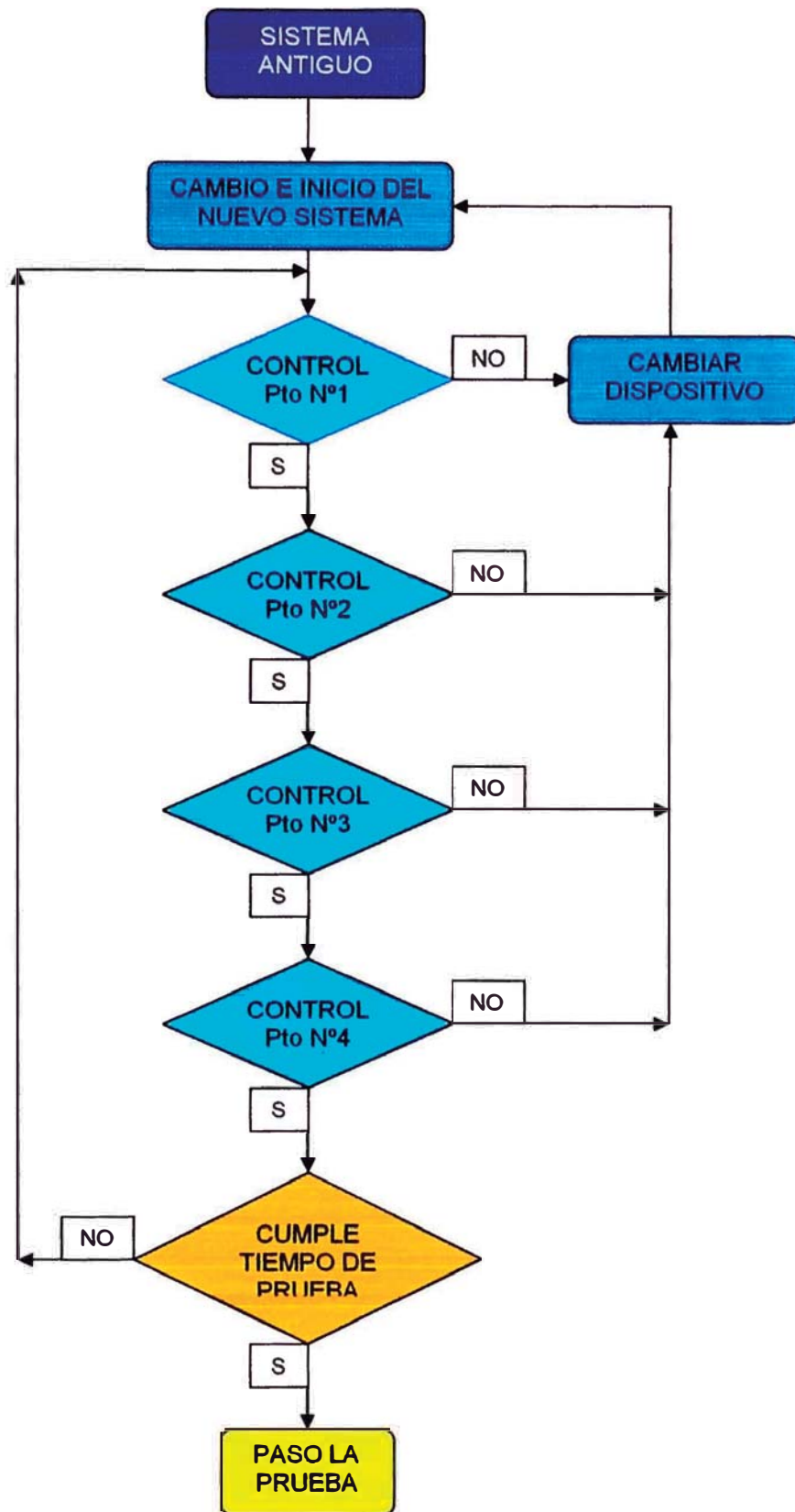


Fig. N° 5.1



### 5.3 Evaluación de los parámetros en el monitoreo

Los trabajos de campo reflejaron los siguientes valores:

#### MODELO N° 1

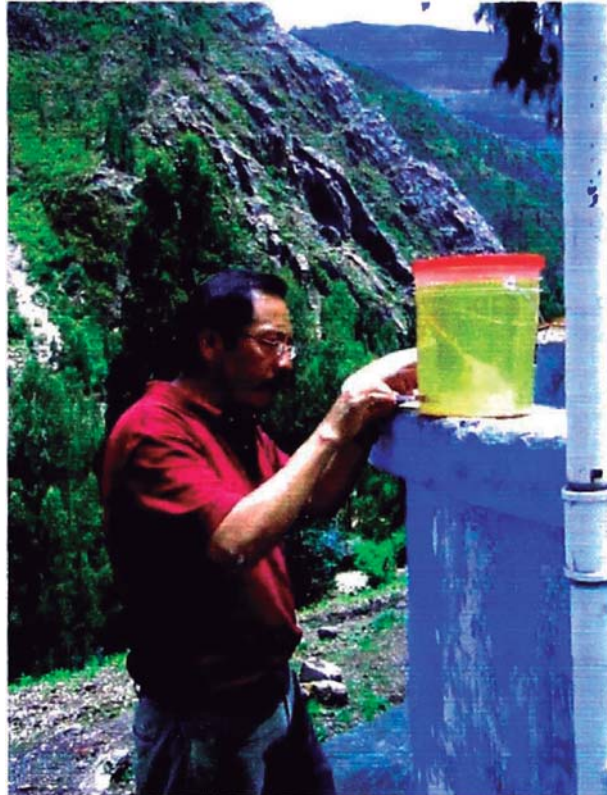


Foto N° 5.1

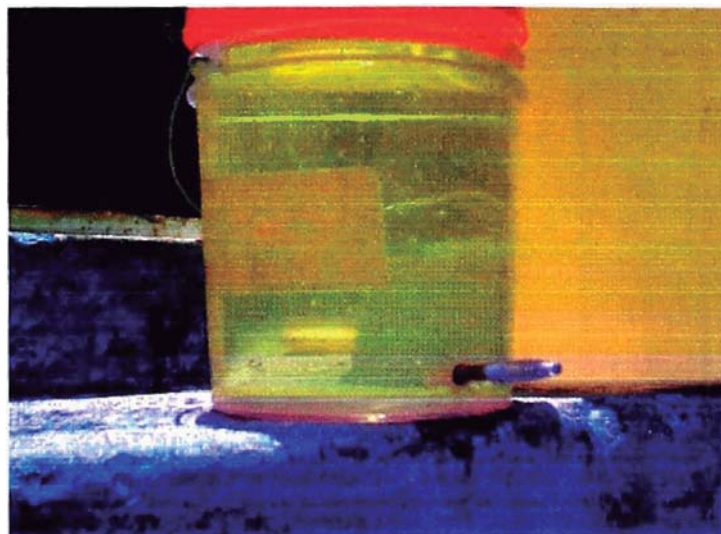


Foto N° 5.2

**Cuadro N° 5.1**  
**PRUEBA DEL DISPOSITIVO N° 1**

DÍA	PRUEBA	PUNTO N°1 mg/lt	PUNTO N°2 mg/lt	PUNTO N°3 mg/lt	PUNTO N°4 mg/lt
1	1	0.6	0.4	0.3	0.3
1	2	0.55	0.4	0.3	0.3
1	3	0.6	0.45	0.3	0.2
2	1	0.3	0.2	0.1	0.1
2	2	0.3	0.2	0.1	---
2	3	0.1	---	---	---
3	1	---	---	---	---

**MODELO N° 2**



**Foto N° 5.3**

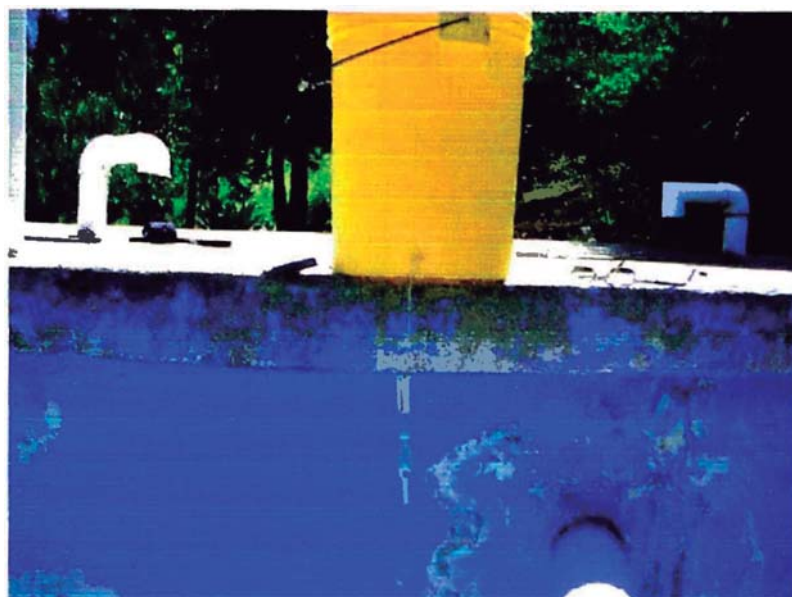


Foto N° 5.4

Cuadro N° 5.2

## PRUEBA DEL DISPOSITIVO N° 2

DÍA	PRUEBA	PUNTO N°1 mg/lt	PUNTO N°2 mg/lt	PUNTO N°3 mg/lt	PUNTO N°4 mg/lt
1	1	0.4	0.3	0.3	0.2
1	2	0.4	0.3	0.3	0.2
1	3	0.4	0.25	0.25	0.2
2	1	0.4	0.32	0.3	0.2
2	2	0.4	0.3	0.27	0.2
2	3	0.4	0.27	0.25	0.18
3	1	0.37	0.29	0.25	0.18
3	2	0.38	0.3	0.3	0.2
3	3	0.4	0.28	0.22	0.17

4	1	0.35	0.25	0.2	0.15
4	2	0.3	0.2	0.17	0.15
4	3	0.2	0.1	0.1	---
5	1	0.1	---	---	---
5	2	---	---	---	---

**MODELO Nº 3****Foto Nº 5.5**



**Cuadro Nº 5.3**  
**PRUEBA DEL DISPOSITIVO Nº 3**

DÍA	PRUEBA	PUNTO Nº1 mg/lt	PUNTO Nº2 mg/lt	PUNTO Nº3 mg/lt	PUNTO Nº4 mg/lt
1	1	0.45	0.3	0.3	0.2
1	2	0.45	0.3	0.3	0.3
1	3	0.43	0.3	0.28	0.25
2	1	0.4	0.3	0.25	0.2
2	2	0.4	0.3	0.3	0.25
2	3	0.4	0.28	0.25	0.2
3	1	0.2	0.2	0.1	---
3	2	—	—	—	---

**MODELO Nº 4**



**Foto Nº 5.6**

Cuadro Nº 5.4

**PRUEBA DEL DISPOSITIVO Nº 4**

<b>DÍA</b>	<b>PRUEBA</b>	<b>PUNTO Nº1 mg/lt</b>	<b>PUNTO Nº2 mg/lt</b>	<b>PUNTO Nº3 mg/lt</b>	<b>PUNTO Nº4 mg/lt</b>
1	1	0.6	0.4	0.3	0.3
1	2	0.6	0.45	0.3	0.27
1	3	0.6	0.4	0.3	0.25
2	1	0.6	0.4	0.3	0.28
2	2	0.58	0.41	0.3	0.3
2	3	0.6	0.38	0.3	0.28
3	1	0.55	0.35	0.28	0.25
3	2	0.55	0.38	0.27	0.25
3	3	0.52	0.4	0.3	0.26
4	1	0.5	0.38	0.27	0.3
4	2	0.55	0.4	0.3	0.2
4	3	0.5	0.4	0.3	0.2
5	1	0.5	0.4	0.3	0.3
5	2	0.3	0.2	0.2	0.1
5	3	0.1	0.1	---	---
6	1	---	---	---	---

## MODELO Nº 5

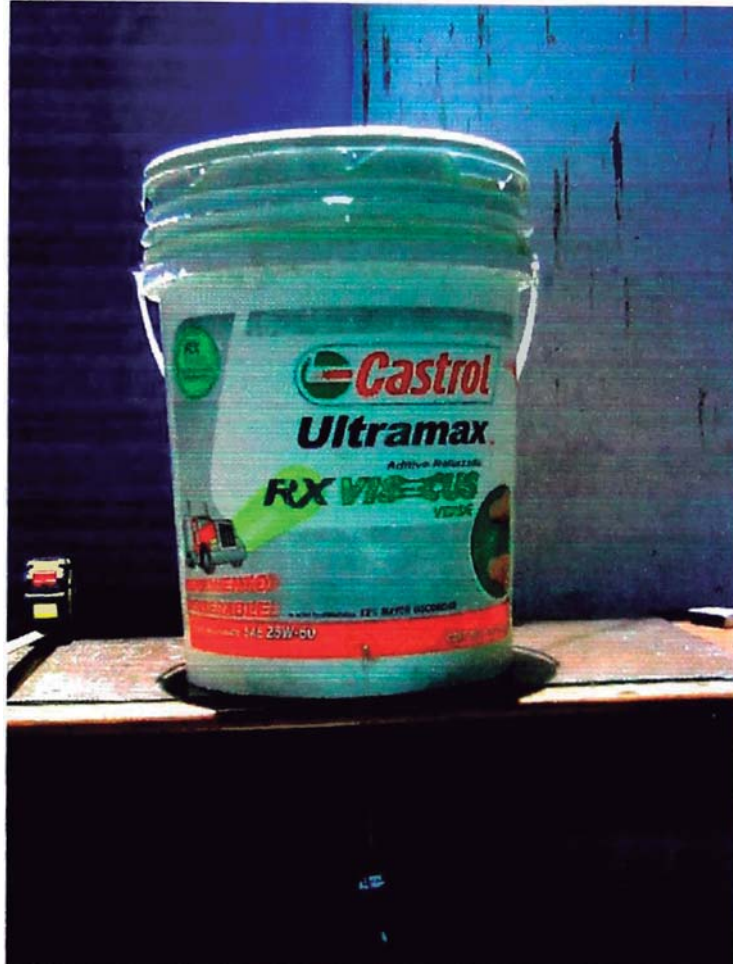


Foto Nº 5.7

**Cuadro Nº 5.5**  
**PRUEBA DEL DISPOSITIVO Nº 5**

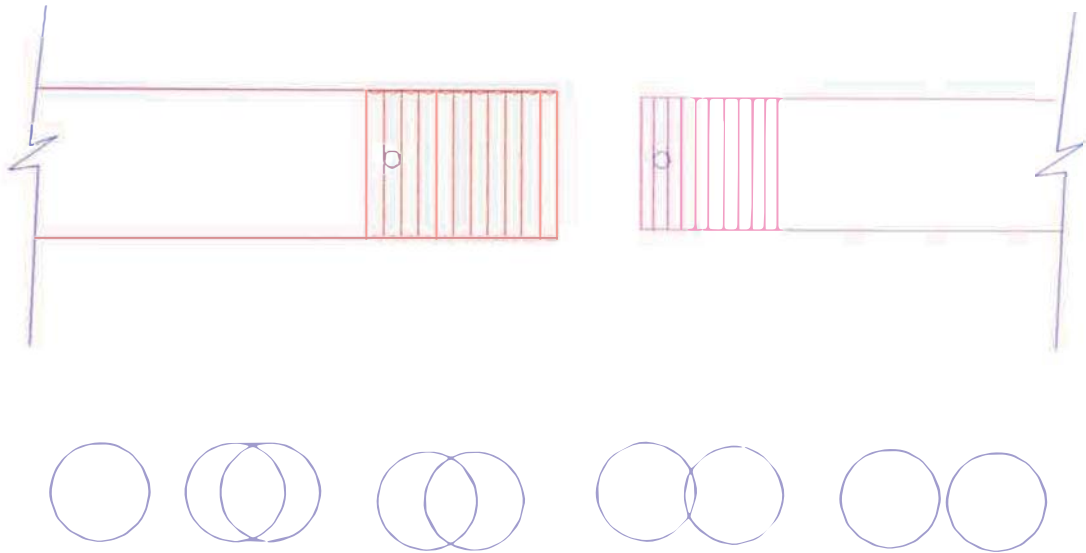
DÍA	PRUEBA	NUMERO DE GOTAS POR MINUTO
1	1	21
1	2	21
1	3	21
2	1	21

2	2	20
2	3	20
3	1	20
3	2	20
3	3	19
4	1	19
4	2	19
4	3	19
5	1	19
5	2	18
5	3	18
6	1	17
6	2	18
6	3	18
7	1	17
7	2	17
7	3	17
8	1	17
8	2	17
8	3	18
9	1	17
9	2	17

9	3	16
10	1	16
10	2	17
10	3	16
11	1	16
11	2	16
11	3	16
12	1	16
12	2	15
12	3	16
13	1	15
13	2	14
13	3	15
14	1	14
14	2	15
14	3	15

## 5.4 Comentario e interpretación de los trabajos de campo

### MODELO N° 1

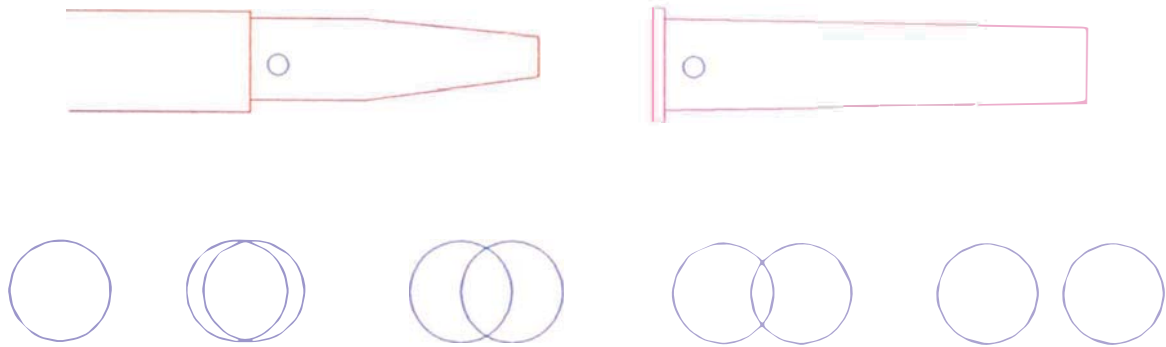


**Figura N° 5.3**

El modelo N° 1 fue construido de la parte central de un lapicero, en cuya parte roscada se le hizo un agujero a ambas partes de tal manera que funcione como una válvula, que a medida que se vaya abriendo la rosca, éste se podía abrir o cerrar, variando el área de salida y así dosificar el número de gotas que se requiere dosificar, sin embargo la composición endeble de la rosca generaba fugas, esto fue cubierta por teflón para que se sujete y evite las fugas.

Al ponerlo a prueba inicialmente trabajaba bien, pero al contacto con el hipoclorito de sodio se fue corroyendo y esto causaba obstrucción en el dosificador, motivo por el cual se descartó la alternativa.

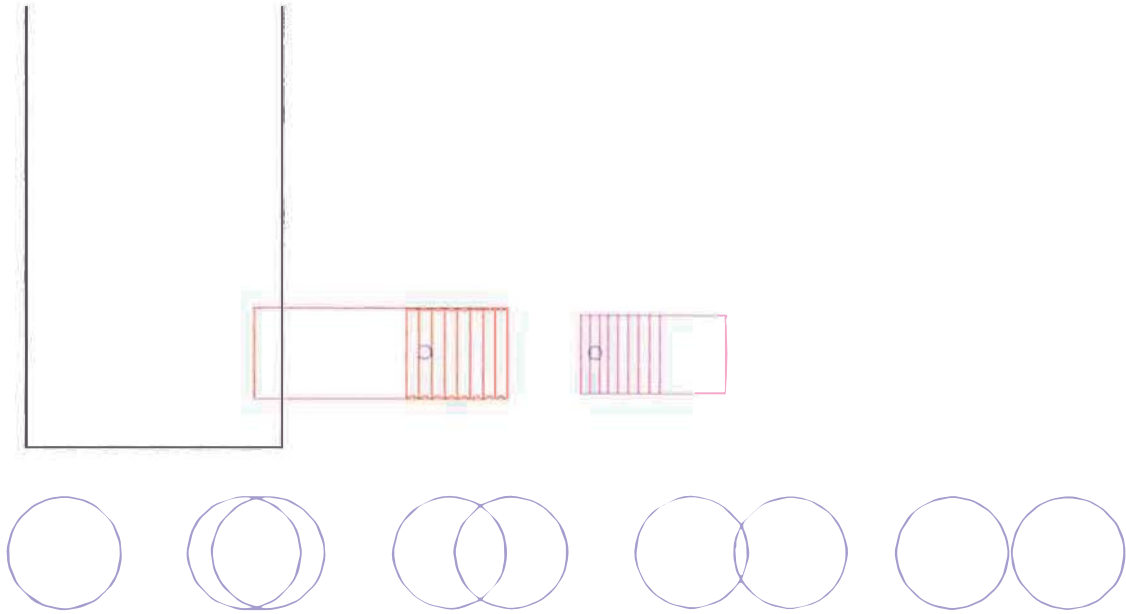
Sin embargo es una buena posibilidad para que se siga investigando en esa alternativa ya que refleja bastante seguridad, solo es necesario encontrar el material adecuado.

**MODELO N° 2****Figura N° 5.4**

El modelo N° 2 está basado en el mismo principio del modelo N° 1, pero solo que esta vez funciona a presión, como podemos apreciar en la figura, para poder dosificar la cantidad de gotas requeridas solo se realiza el giro para cualquier lado variando el área de salida y con ello obtenemos la dosificación deseada, el material usado es una parte del equipo de venoclisis.

Este modelo empieza a fallar producto de la obstrucción, por que la presión del material que tiene a ambos lados no es homogéneo.

Este método como alternativa es bueno, pero la presión que se requiere a través de todo el encaje debe ser homogénea.

**MODELO N° 3****Figura N° 5.5**

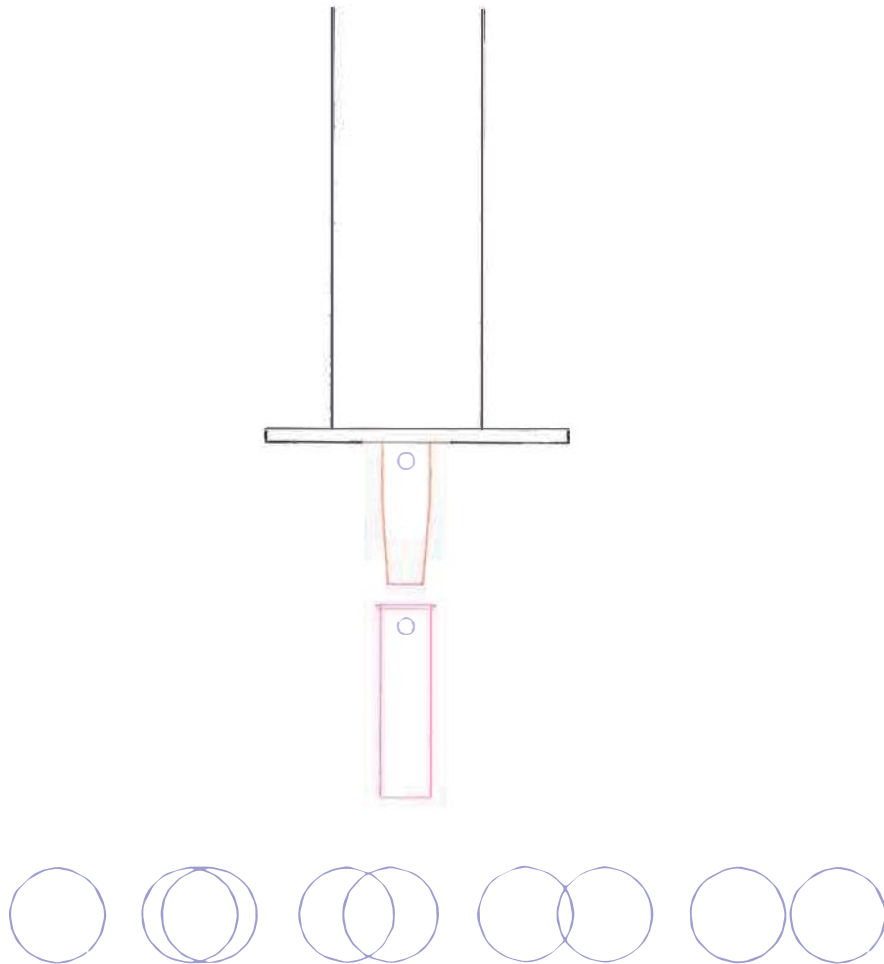
El modelo N° 3 es una consecuencia del modelo N° 1, la variación está en que la válvula de salida es por el lado lateral, la dosificación se basa en el mismo principio de variación de área para poder variar como la dosificación, a menor área menor número de gotas dosificadas.

Los materiales que se usaron fueron las partes de un equipo de venoclisis y la de un lapicero que es la parte roscada, en este caso también se usó el teflón para asegurar la hermeticidad y no haya fugas.

El problema que se tuvo con este dispositivo es que el teflón se corroe con el cloro y las partículas generan obstrucción en el dosificador.

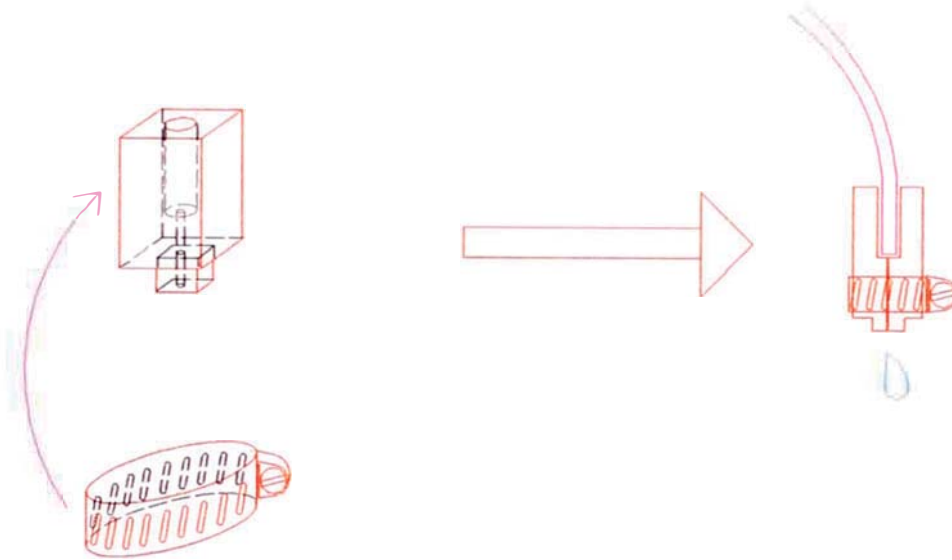
Es una buena alternativa, es necesario que se obtenga un material con rosca hermética que impida la fuga de cloro.



**MODELO N° 4****Figura N° 5.6**

El modelo N° 4 tiene los mismos principios del modelo N° 2, también trabaja a presión, se varía también el área de salida para poder variar la dosificación, a mayor área mayor número de gotas dosificadas.

El material usado son las partes de un equipo de venoclisis, de diferente modelo. El problema que se generó fue la obstrucción a causa de la aparente hermeticidad.

**MODELO Nº 5****Figura Nº 5.7**

El modelo Nº 5 está basado en la variación del área de dosificación mediante el estrangulamiento del orificio, con la variación del área de salida también se logra variar el número de gotas que se requiere para dosificar.

El estrangulamiento se realiza mediante el uso de una abrazadera que se utilizan las cocinas a gas, se ajustan mediante un tornillo, y no se necesita un desarmador ya que muy bien puede usarse una moneda de 10 céntimos.

Los materiales usados son la manguerita que se usa en le equipo de venoclisis, un pedazo en forma de dado cilíndrico de jebe de neopreno que es desechada por los camioneros y se encuentra en los talleres de reencauche y una abrazadera que se usa en las cocinas a gas.

Con este modelo no se tuvo mayores problemas, hay que mencionar que para la prueba de este modelo se monitoreó haciendo el conteo del número de gotas que es otra variación de cómo se puede monitorear, por que la concentración del residual varía con el número de gotas. En realidad es lo mismo.

**CONSOLIDADO DEL DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN EN LOS RESERVORIOS DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS**

LOCALIDAD	FECHA	HORA	CAUDAL l/s	DOSIFICACIÓN Nº gotas/min.	VOLUMEN DEL BALDE (lt)	FRECUENCIA DE CAMBIO	FRECUENCIA DE REVISIÓN	OBSERVACIONES
LUCMAPAMPA	30/09/2006	10:20	5	20	18	C/ 15 días	C/ 2 días	Obstrucción en el dosificador
TUKUWAGAN	30/09/2006	11:50	3	20	18	C/ 15 días	C/ 2 días	Normal
CARHUAYOC	30/09/2006	2:45	3,5	30	20	C/ 12 días	2 x semana	Normal
PACASH	30/09/2006	3:45	0,5	10	18	C/ 12 días	2 x semana	Cloro diluido
RUCUHUERTA	01/10/2006	9:45	1	12	18	C/ 15 días	2 x semana	Operativo
RUNTU	01/10/2006	11:50	0,6	10	10	C/ 15 días	semanal	Diluido al 50%
HUANCHA	01/10/2006	3:00	2	12	18	C/ 18 días	semanal	Normal
CARASH	28/11/2006	11:36	1,5	13	15	C/ 15 días	semanal	Operativo, falta mantenimiento
PICHU SAN PEDRO	29/11/2006	9:15	1,2	12	15	C/ 15 días	semanal	Operativo
MILLHUISH	30/11/2006	10:00	0,8		10			Operador ausente
MANYAMPAMPA	01/12/2006	8:50	0,5		8			No dosificaban, no hay lejía
LUCMA	02/12/2006	9:15	1	12	10	C/ 10 días	2 x semana	Operativo
HUARIPAMPA BAJO	03/12/2006	9:20	0,5		8			Operador ausente
CHALLHUAYACU	04/12/2006	9:43	0,8	13	10	C/ 10 días	semanal	Operativo, usan cloro diluido
TUPEC	05/12/2006	8:50	0,7	10	10	semanal	semanal	Usan el cloro diluido
OPAYACO	06/12/2006	10:30	0,7	10	10	semanal	semanal	Datos dados por la fiscal
RANCAS	07/12/2006	9:15	0,5	17	8	semanal	semanal	Usan el cloro diluido
CHUYO	08/12/2006	8:21	0,8		8	mensual	C/ 15 días	Operador ausente, no cloran
QUISHU	09/12/2006	9:00						Operador ausente
CARHUAYOC								No se visitó
PUJUN								No se visitó
SALVIA								No se visitó

Cuadro Nº 5.7

Del cuadro mostrado como Consolidado del Diagnostico de los Reservorios de la Ciudad de San Marcos, se desprende lo siguiente:

- Un 70% está de alguna manera clorando su agua
- El 90% no cumple con las dosificaciones establecidas, se aduce que el agua cambia de sabor.
- El 30 % de los operadores se halla ausente y no cumple con la labor que su comunidad le asigna aduciendo trabajo y otras ocupaciones
- El 10% no cumple con la compra de su cloro, se aduce falta de dinero por la no aportación a la cuota familiar.
- La variación de caudal es bastante notoria entre San marcos urbano y rural.
- La lejanía y difícil accesibilidad dificulta el monitoreo a todas las localidades que se encuentran dentro de este proyecto.
- El 36 % realiza la revisión semanalmente.
- Solo el 9% realiza su revisión cada dos días, esto ocurre en San Marcos zona urbana.
- El 18% realiza la revisión de su dosificador dos veces a la semana.

## CAPÍTULO VI

### VI PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN POR GOTEO EXISTENTE

#### 6.1 Descripción de la propuesta de mejoramiento

La dosificación del hipoclorito de sodio al agua que será para consumo humano sirve para asegurar la eliminación de microorganismos causantes de enfermedades gastrointestinales, en una concentración suficiente para asegurar que a través de toda la línea mantenga un residual que garantice la potabilidad del agua a ser consumida.

El principio del funcionamiento se basa en que el sistema de dosificación por goteo, dosifique de manera controlada y constante el hipoclorito de sodio al agua a través de un dispositivo para asegurar la potabilidad del agua.

El funcionamiento está regido por el principio hidráulico de la descarga de un líquido a través de un orificio con una prolongación que mantiene una carga hidráulica constante.

Esta prolongación, que en la práctica es la manguerita, actúa sobre la variación de la velocidad de salida, restringiéndolo y reduciéndolo.

#### Explicación de acuerdo al gráfico

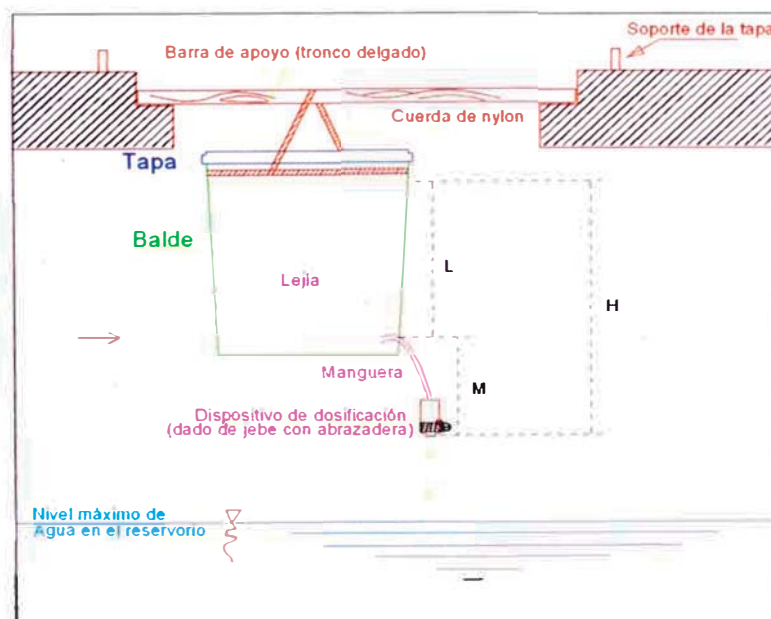


Fig. Nº 6.1 Descripción del Mejoramiento

El balde es recipiente desde donde se va a dosificar el hipoclorito de sodio, en este caso es el líquido que se va a descargar.

La manguerita es la prolongación del orificio por donde se evacuará el líquido dicha manguerita es obtenida de un equipo de venoclisis.

La velocidad de la descarga será controlada por el dispositivo de dosificación que esta hecha de un jebe que es descartado por los mecánicos que arreglan las llantas de los carros, la variación del área de la abertura se consigue ajustando el dado de jebe con una abrazadera que se usa por las cocinas a gas.

El nivel máximo del espejo de agua debe estar por debajo del punto mínimo del sistema de dosificación a una altura mínima de 5 cm desde la clave del rebose.

Esta medida se da a fin de evitar complicaciones con la dosificación, previendo por ejemplo un incremento en el caudal, si el punto de aplicación llega a ser cubierto por el agua entonces se impediría la salida del hipoclorito de sodio.

En el gráfico se establece que:

L : Es la altura de la carga hidráulica variable

M : Es el nivel de carga constante

H : Es la carga hidráulica total que irá variando según la variación de L

Cuando se realizó las comprobaciones de la variación de la velocidad de salida por el sistema de goteo se llegó finalmente a probar que cuando la longitud de la manguerita es la mitad de la altura de "L", entonces la variación de la velocidad de goteo cuando el líquido se encuentra lleno respecto a cuando se encuentra en la parte mínima, disminuye en un 40%, lo cual significa que el cloro que se halla, tiene una disminución en la misma proporción.

Para que esto se cumpla, el caudal y las características del agua no deben variar por que al alterarse estas características nos encontramos frente a otro tipo de agua y por ende se requiere de unos nuevos cálculos para reiniciar la dosificación adecuada y así lograr que el agua esté desinfectada.

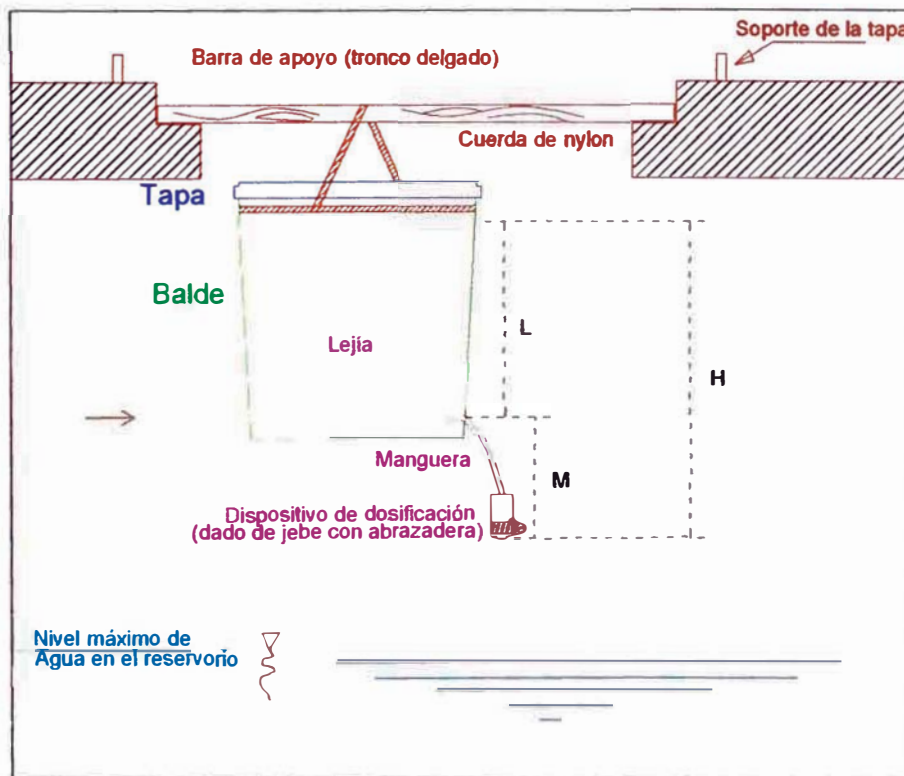
**Presentamos las alternativas de funcionamiento y perfeccionamiento cuando se requiere de seguir usando el mismo sistema clásico con la modificación del dispositivo de dosificación para las diferentes formas de reservorio y en sus diferentes estados.**

La alternativa N° 1 representa en un sistema básico clásico, donde hay que notar principalmente:

- La posición del balde, que debe quedar asegurada y en la posición mostrada luego de terminar el armado del sistema.
- La posición del nivel máximo de agua con respecto al punto mínimo del sistema de dosificación.
- La posición de la barra de apoyo, que debe ser de un tronco delgado y limpio de eucalipto.

Esta alternativa es recomendado para cuando se tenga suficiente espacio para el acondicionamiento del sistema o para cuando se necesite construir un reservorio nuevo y a usarse el nuevo sistema de dosificación.

### ALTERNATIVA N° 1



**Fig. N° 6.2 Alternativa 1**

En la alternativa N° 2, presentamos un caso en donde un reservorio existente debe ser modificado, por que no reúne las condiciones para usar el sistema de dosificación por goteo.

Entonces la alternativa es que se deba construir un pequeño murete alrededor del ingreso de inspección, de tal manera que tenga la suficiente altura para que pueda albergar al sistema de dosificación, esta modificación debe servir para mejorar y acondicionar la tapa sanitaria que debe ser segura y así evitar manipulación del sistema de dosificación por gente extraña.

### ALTERNATIVA N° 2

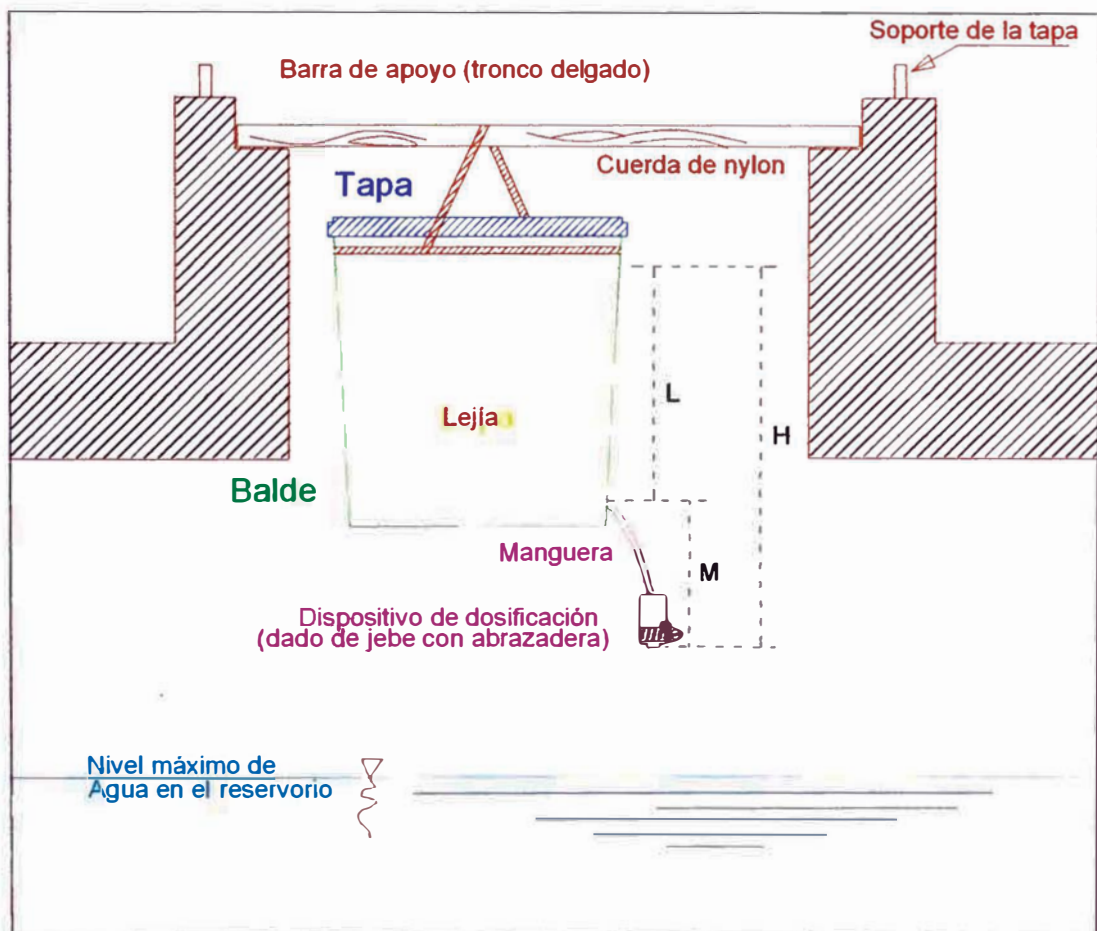


Fig. N° 6.3 Alternativa 2

Como se puede apreciar la figura en lo fundamental mantiene la misma posición del sistema de dosificación, sin embargo, presentamos esta alternativa por que en la práctica nos hallamos con reservorios existentes y a los que se desea acondicionar el sistema y tiene estas características.



En este caso la tapa de ingreso se encuentra pegado a una pared y no se tiene la suficiente altura para acondicionar el sistema, y la solución es la construcción de un murete hasta una altura que cumpla con los requisitos de instalación del sistema mejorando y acondicionando la tapa sanitaria que evitará que gente extraña manipule el sistema.

### ALTERNATIVA N° 3

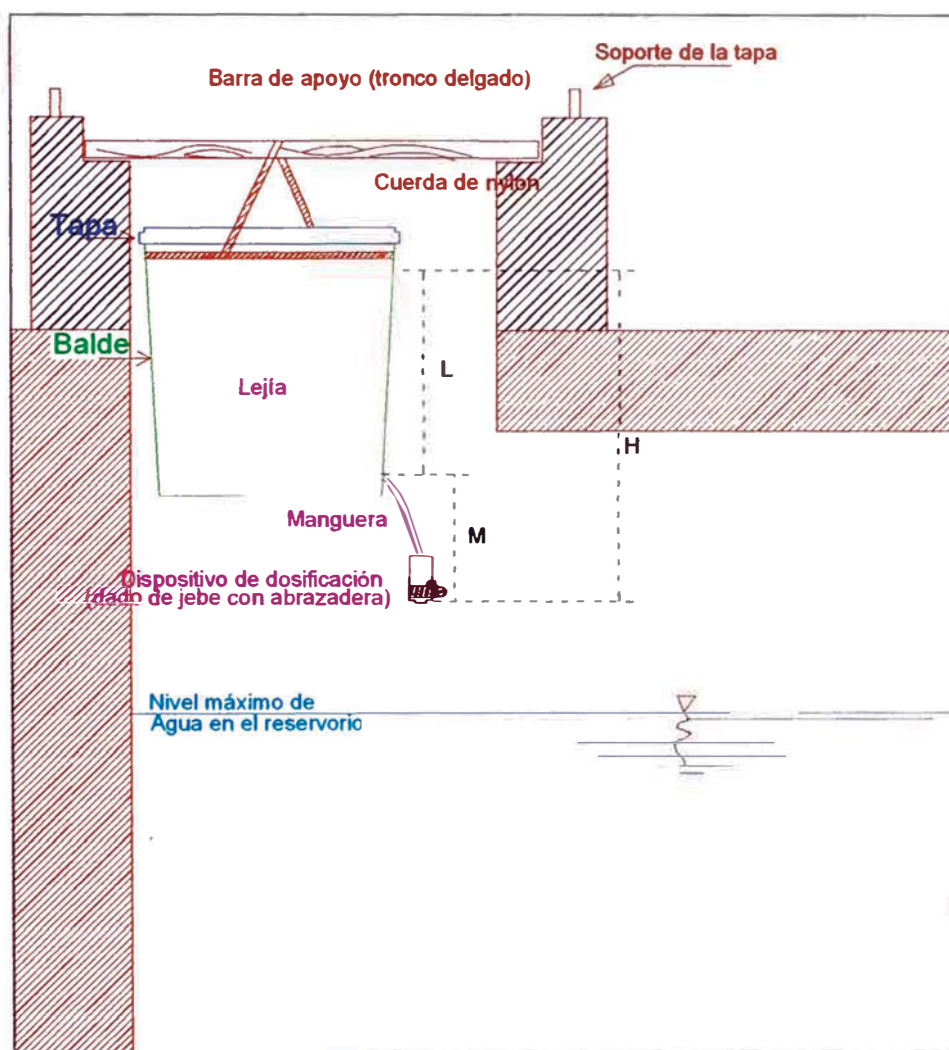


Fig. N° 6.4 Alternativa 3

La alternativa N° 4 se presenta por que existen reservorios ya construidos que cuentan con suficiente altura para acondicionar el sistema de dosificación, pero cuyo ingreso se halla pegado a la pared y no hay forma de ubicar la barra de apoyo que soporta al balde, en este caso la solución es la de pegar un clavo de

cemento de 4 pulgadas aproximadamente con su respectivo tarugo a la pared para que soporte el peso del balde que contiene el hipoclorito de sodio y quede ubicado como se muestra en la figura.

Además también es muy importante que la tapa sanitaria se acondicione de tal manera que sea segura y evite la manipulación del sistema por personas extrañas.

### ALTERNATIVA N° 4

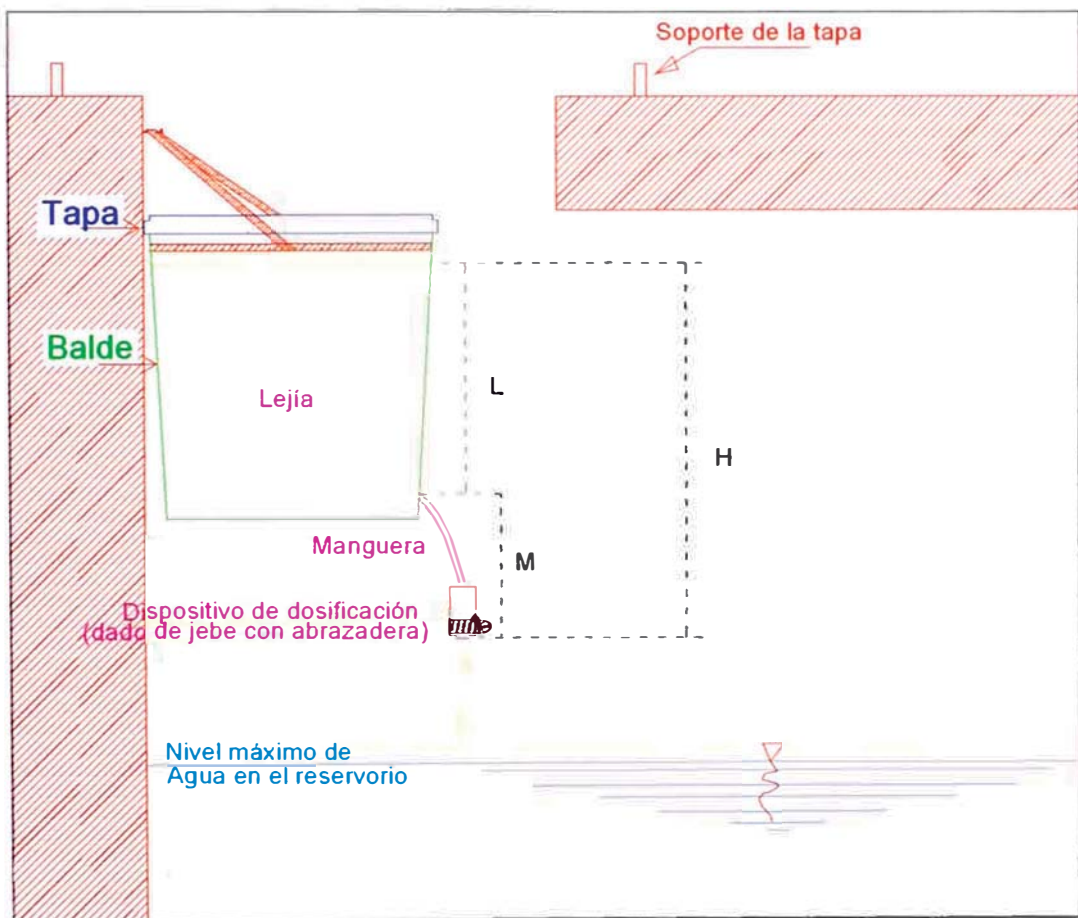
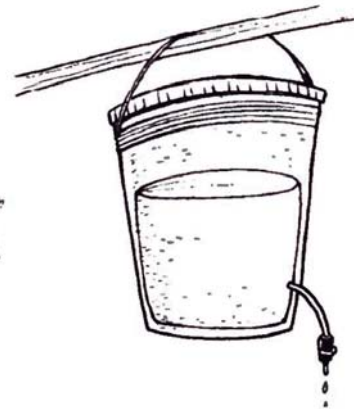
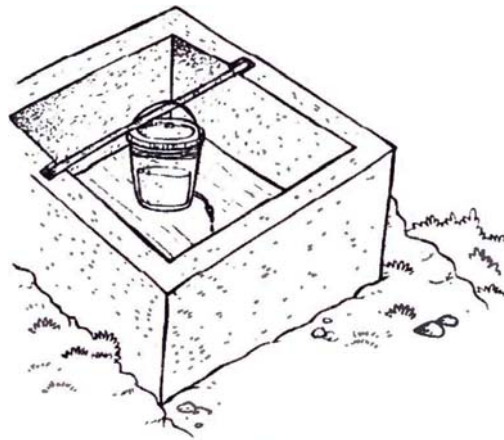
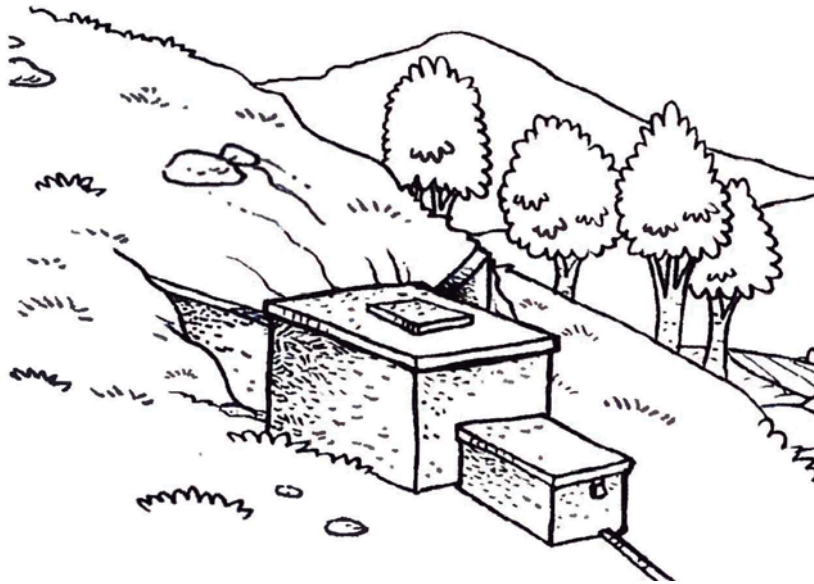


Fig. N° 6.5 Alternativa 4

CAPITULO VII

MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE CLORACION POR GOTEO PARA ZONAS RURALES Y PEQUEÑAS CIUDADES



## INDICE

Presentación.....	.....
Importancia del Agua .....	.....
Diferencia entre agua potable y agua contaminada.....	.....
De donde viene el agua potable?.....	.....
Contaminación del agua.....	.....
Enfermedades causadas por el consumo de agua contaminada y sus consecuencias .....	.....
Alternativa de cambio .....	.....
Cloración del agua .....	.....
Construcción del dosificador.....	.....
Instalación del sistema de cloración.....	.....
Verificación del cloro residual .....	.....
Desinfección del reservorio y de la red.....	.....
Medidas preventivas y de seguridad.....	.....
Monitoreo del sistema de cloración.....	.....
Control general.....	.....
Anexos.....	.....

## PRESENTACIÓN

El presente trabajo de Operación y Mantenimiento de un Sistema de Cloración por Goteo para Zonas Rurales y Pequeñas Ciudades, es producto de la continuación del estudio teórico y práctico de la cloración por goteo y viene a concretarse como parte de un trabajo de investigación del sistema basado principalmente en el Estudio de cómo manejar el cloro para proporcionar al sistema la suficiente cantidad de cloro para que el agua esté potabilizada y sea apta para el consumo humano.

Es importante que las poblaciones del interior del país puedan conocer de buena fuente, científica y tecnológica, la manera de preservar su salud. Y, esto es posible con procedimientos sencillos y con materiales asequibles a ellos, que se presentan en el Manual; se ha investigado las diferentes lejías en el mercado y de acuerdo a ello se puede presuponer que cantidad de cloro es necesario por volumen y por tiempo, se presenta la tabla adecuada.

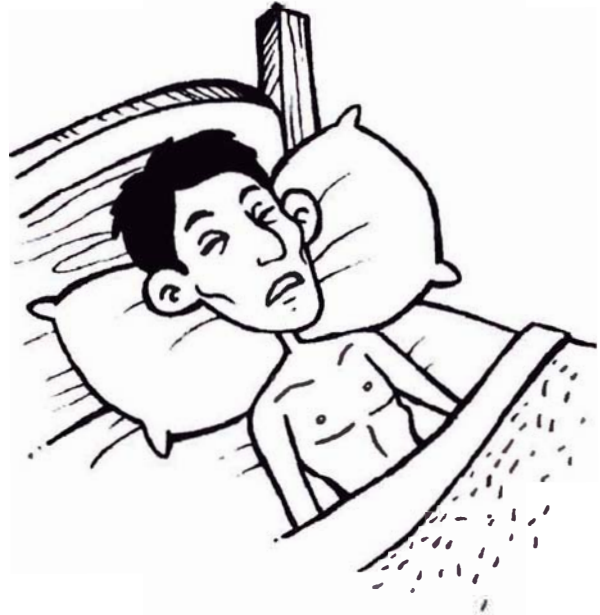
Espero que el presente Manual contribuya a mejorar la salud de nuestra población.

## IMPORTANCIA DEL AGUA

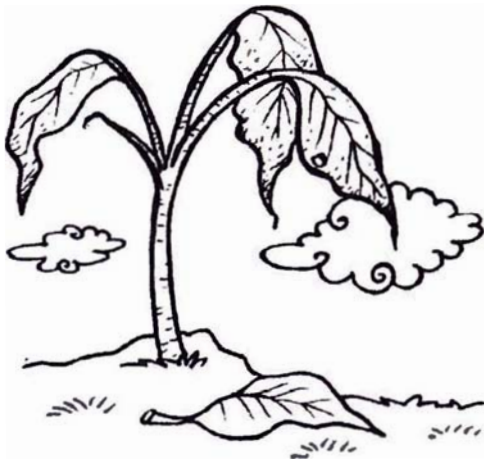
¿Por qué es importante el agua?



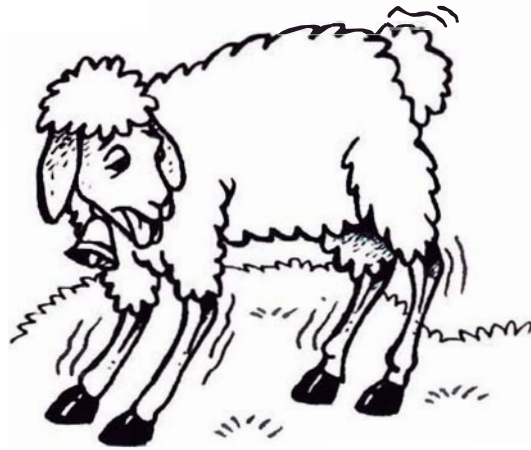
Porque el agua nos da vida



Sin agua moriríamos de sed



Sin agua las plantas se mueren



Sin agua los animales se mueren de sed

## DIFERENCIA ENTRA AGUA POTABLE Y AGUA CONTAMINADA



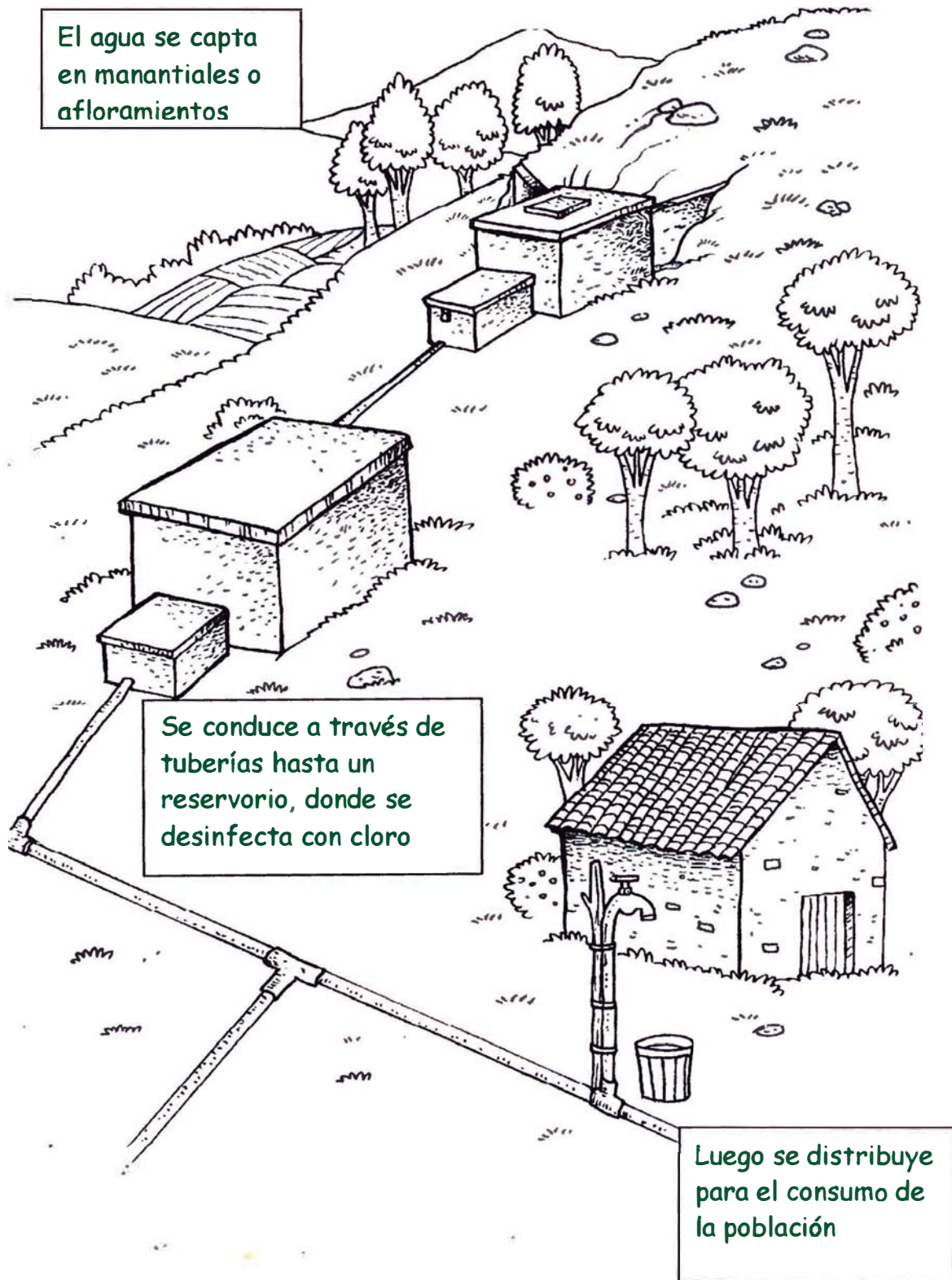
### ¿Qué es agua potable?

Es un agua sin microbios y que está desinfectada, no causa enfermedades, no tiene color, ni sabor, ni olor desagradable. Es un agua que se puede beber.

### ¿Qué es agua contaminada?

Es un agua con microbios, que no está desinfectada y que si la tomas te puede causar enfermedades como: Diarrea, Tifoidea, Cólera, etc. El agua de río no es potable.

## ¿De dónde viene el agua potable?

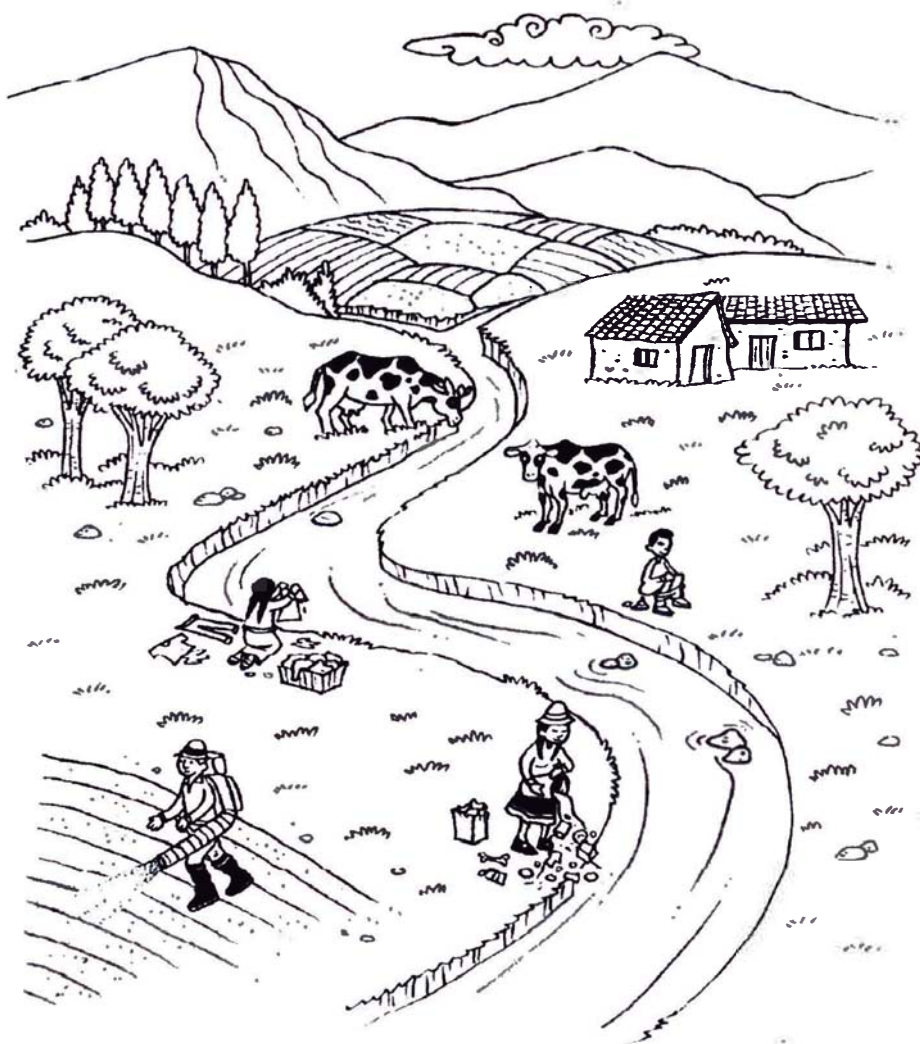




## CONTAMINACION DEL AGUA



El agua de los riachuelos, ríos y canales se contaminan principalmente por los desechos que se arrojan, con el lavado de la ropa, con los excrementos de los animales, con los excrementos y orina del ser humano, por la basura que se arroja, por los pesticidas y los desechos industriales que en algunos lugares se arrojan al curso del agua



## ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA Y SUS CONSECUENCIAS

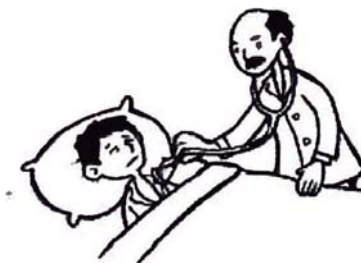
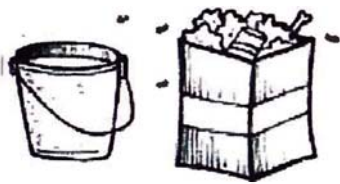
¿Qué sucede si tomamos agua no potable o contaminada?



Tomar agua contaminada causa enfermedades como: tifoidea, diarrea, cólera, hepatitis y hasta puede causarle la muerte.

Genera gastos en la economía familiar por el tratamiento medico y medicinas.

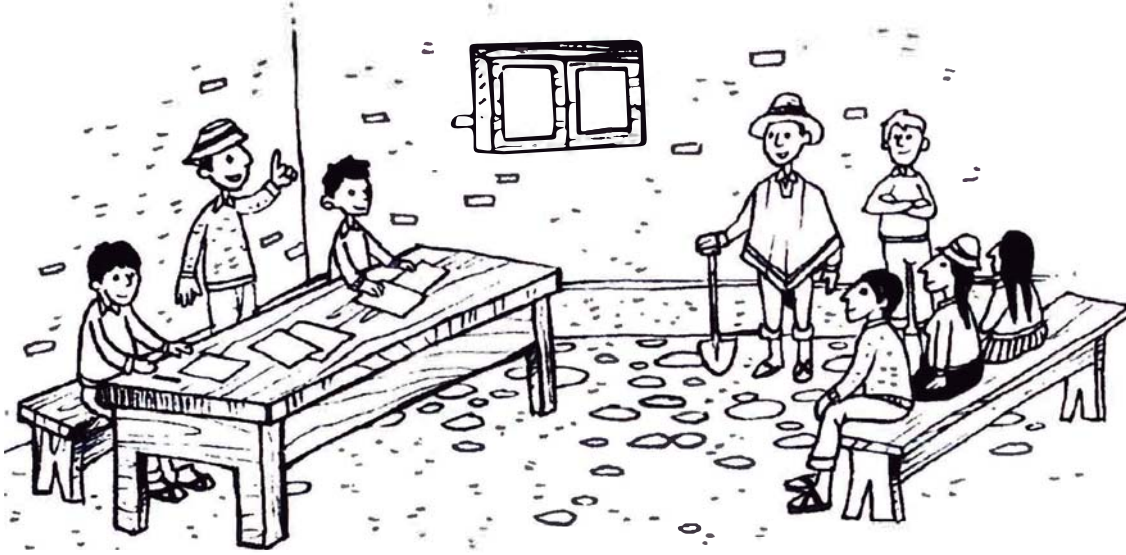
Los escolares pierden sus clases en sus colegios y los adultos no pueden ir a trabajar.



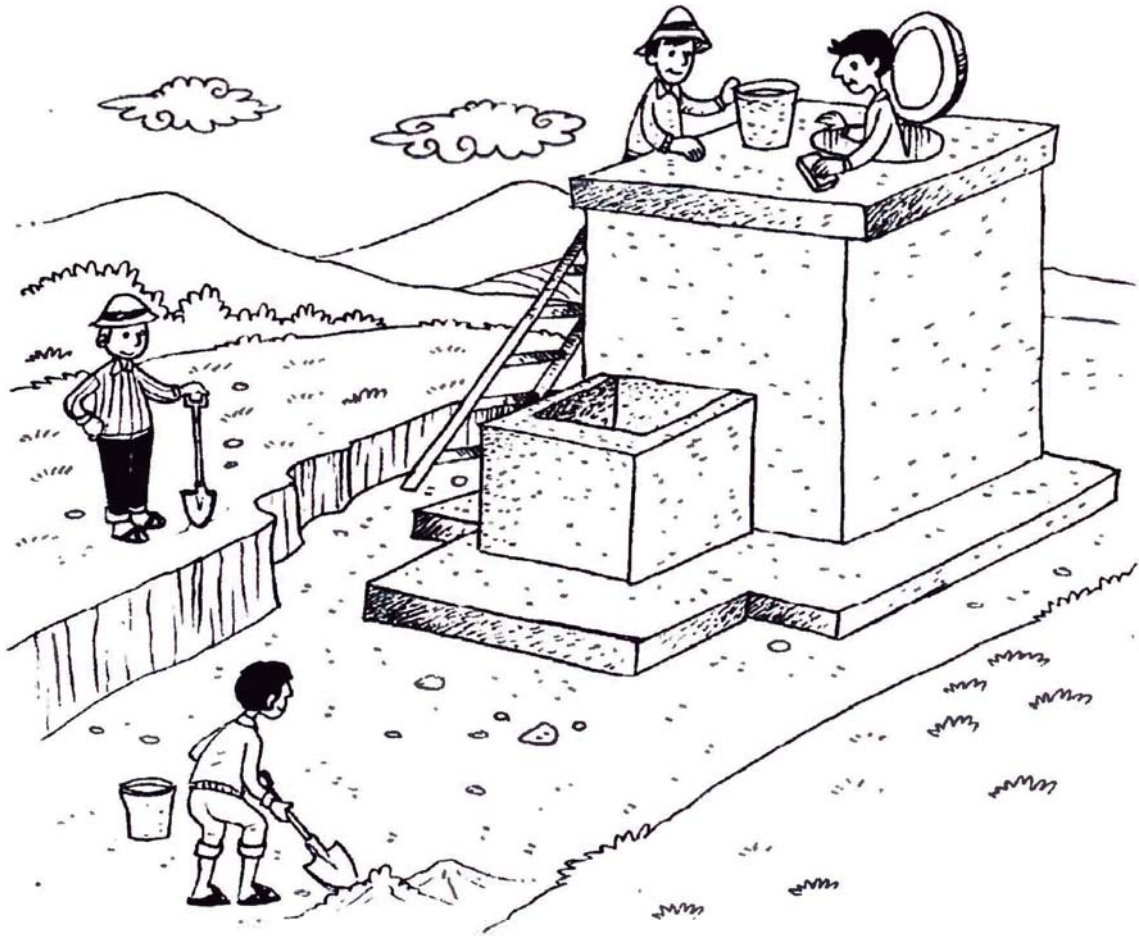
## ALTERNATIVA DE CAMBIO

¿Cómo podemos cambiar esta situación?

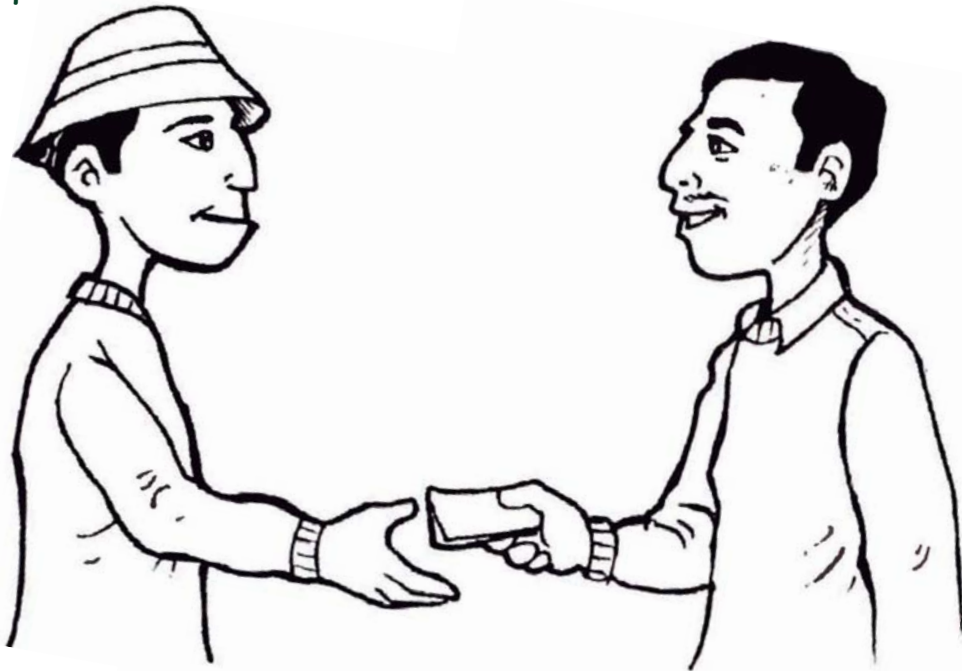
Organizándonos



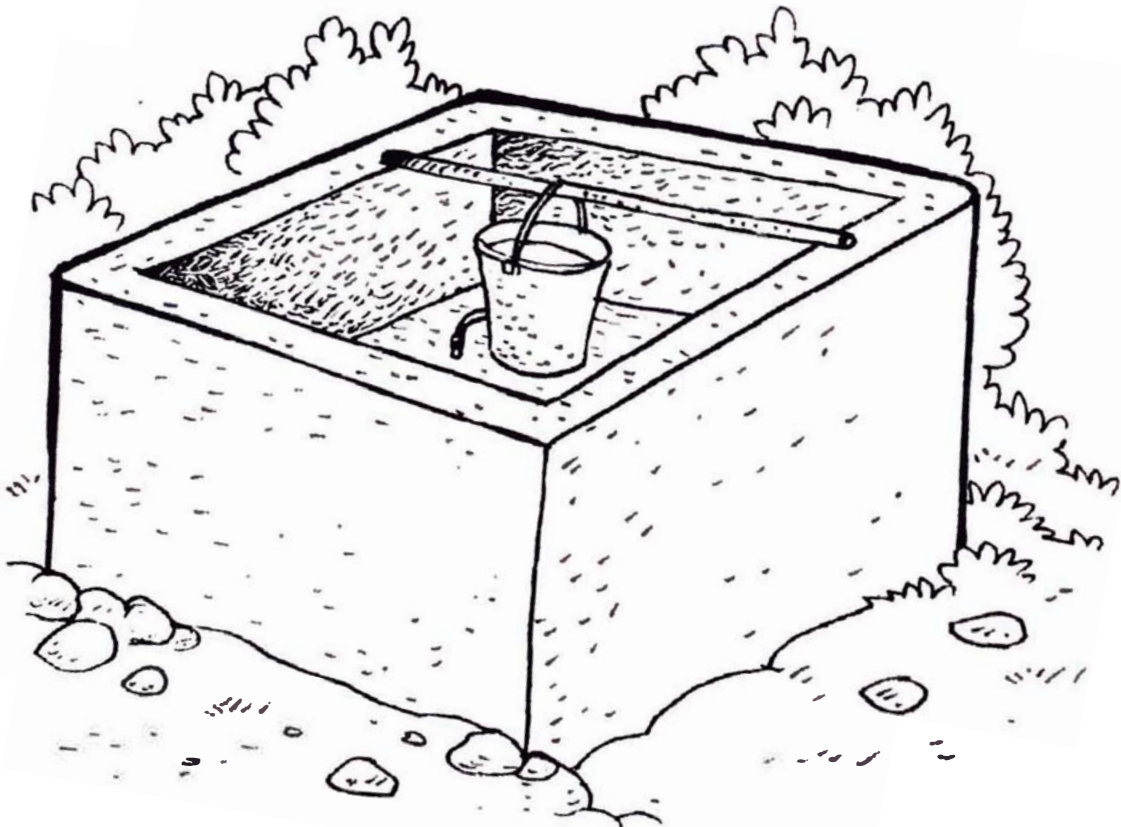
Trabajando unidos



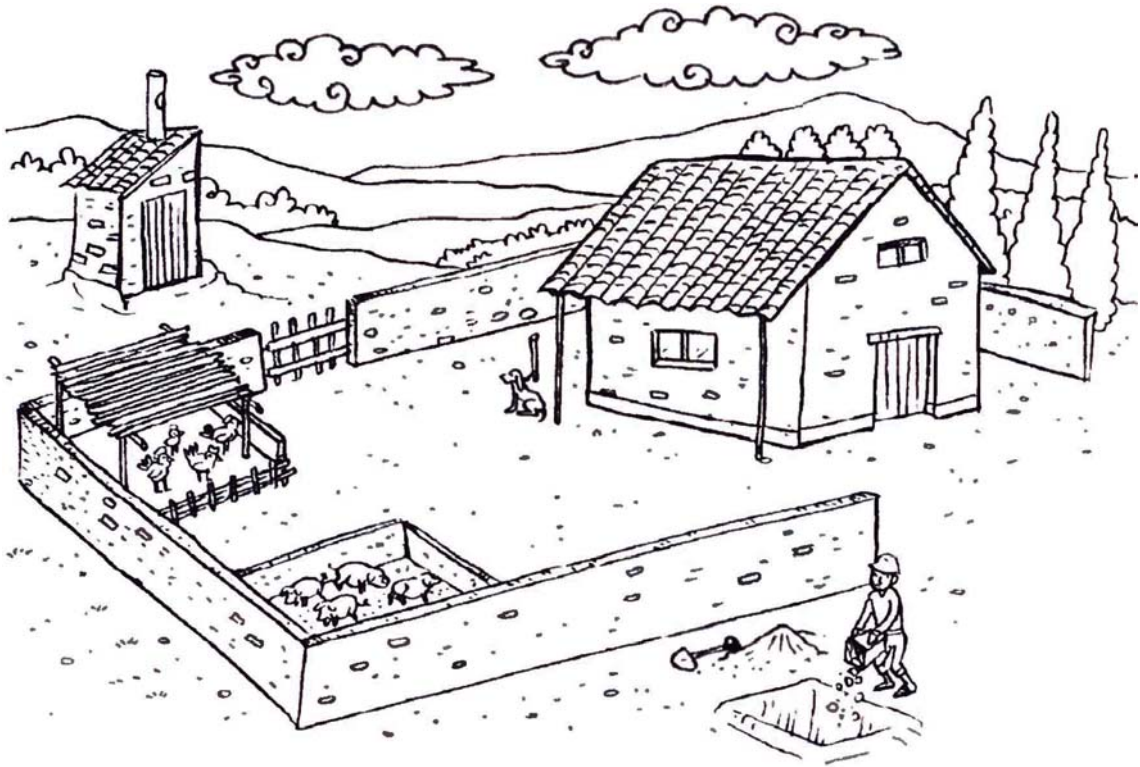
### Aportando nuestras cuotas



### Clorando el agua



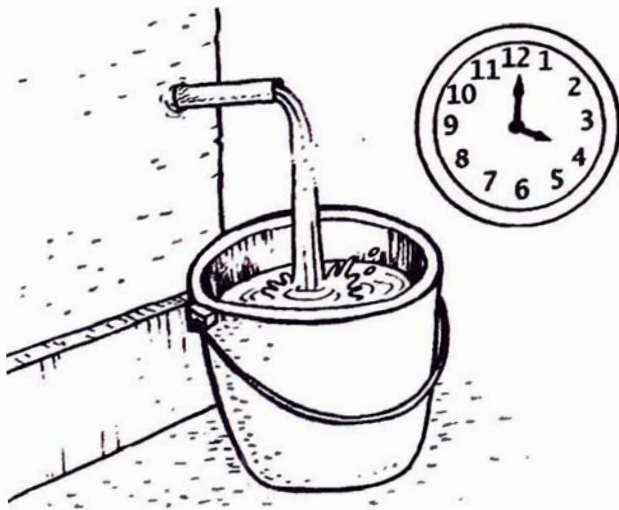
## Manteniendo la higiene familiar



## CLORACIÓN DEL AGUA



Para conocer el caudal, aforamos. ¿Cómo?



Medimos el tiempo en que tarda llenar un balde de 18 litros.  
Ejemplo: si se tarda en llenar en X segundos, calculamos el caudal dividiendo 18 (litros) entre el tiempo (segundos) que tarda en llenar el balde y con ese dato (que es el caudal), revisamos la tabla adjunta.

Para un volumen constante que será del balde igual a 18 litros

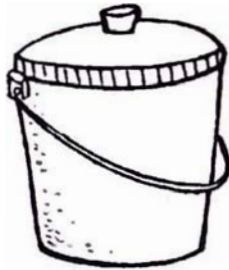
Tiempo (seg.)	36	30	26	23	20	18	12	9	7-8	6
Caudal (l/s)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.5	2	2.5	3

### CUADRO DE DOSIFICACIÓN SEGÚN MARCA Y PORCENTAJE DE LEJÍA

Caudal que ingresa al reservorio lt/seg	CLORANDINA 6,42 %	PATO 6,24 %	DERQUSA 5,35 %	CLORINA 5,05 %	O. PEREZ S. 4,46 %	SAPOLIO 4,48 %	CONEJO 4,34 %	CLOROX 4,34 %	LIGURIA 4,29 %	BLANQUIMAX 2,66 %
	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto	Velocidad inicial de goteo por minuto
3	45	48	57	60	66	66	69	69	69	111
2,5	38	40	48	50	53	55	58	58	58	93
2	30	32	38	40	42	44	46	46	46	74
1,5	23	24	29	30	32	33	35	35	35	56
1	15	16	19	20	21	22	23	23	23	37
0,8 - 0,9	13	14	17	17	18	19	20	20	20	32
0,7 - 0,8	12	12	15	15	16	17	18	18	18	28
0,6 - 0,7	10	11	13	13	14	15	15	15	15	25
0,5 - 0,6	9	9	11	11	12	13	13	13	13	21

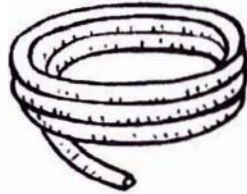
# CONSTRUCCIÓN DEL DOSIFICADOR

## Materiales, herramientas e insumos

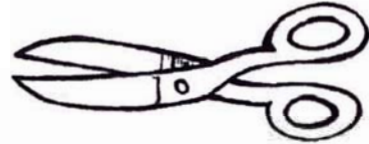


BALDE CON TAPA

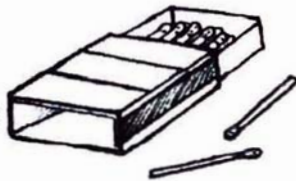
MANGUERITA DE VENOCISIS



TIJERA



FÓSFOROS



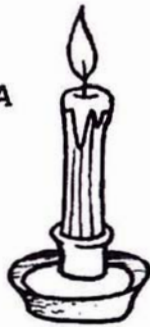
PEGAMENTO DE PVC



LEJÍA



VELA



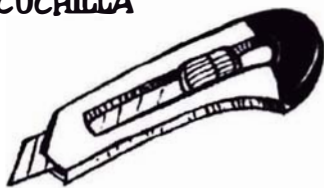
CLAVOS



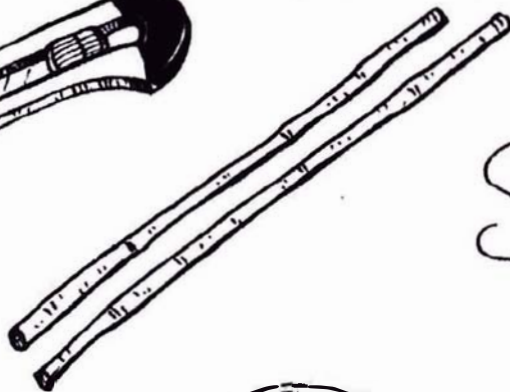
ALICATE



CUCHILLA



TRONCO DELGADO DE EUCALIPTO



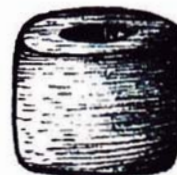
NYLON



ABRAZADERA PARA COCINA A GAS



JEBE





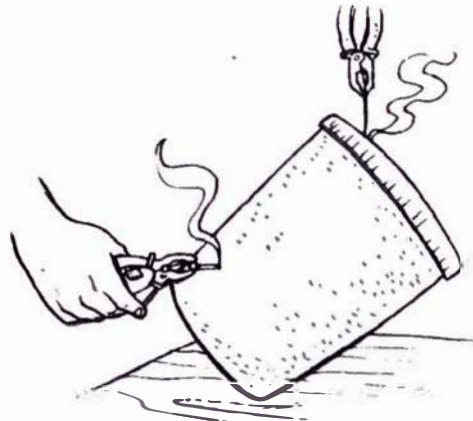
## POCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL DOSIFICADOR

1



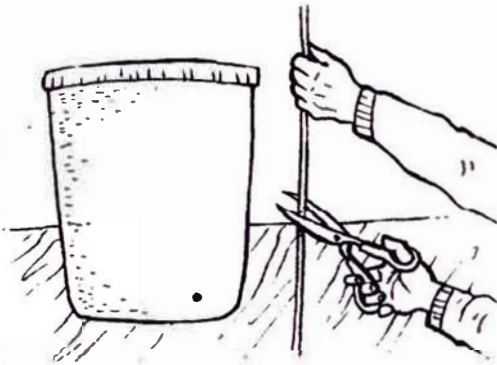
Calentar un clavo de 2 1/2 pulgadas

2



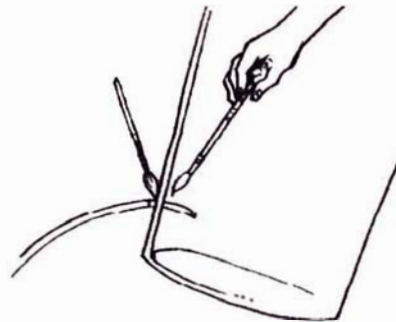
Hacer un hueco en la tapa del balde y otra a 2cm de la base del balde para que se coloque la manguerita

3



Cortar la manguerita, a la mitad del tamaño de la altura del balde

4



Introducir la manguerita traspassando más o menos unos 3cm, luego echar el pegamento por dentro y por fuera del balde.

5



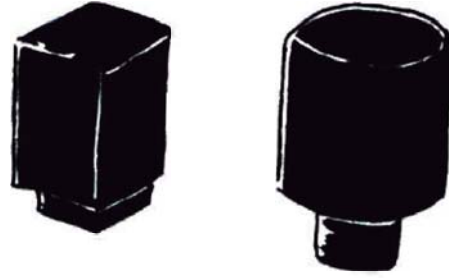
Colocar la cuerda de nylon.

6



Cortar un retazo de jebe con la cuchilla.

7



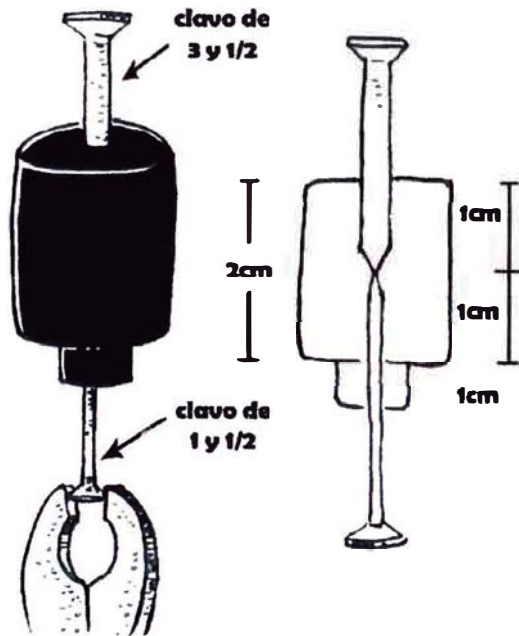
Cortar hasta que quede como un dado cilíndrico

8



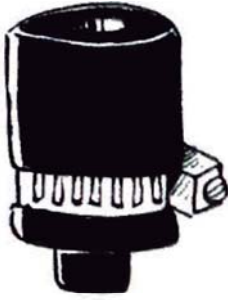
Calentar los clavos de 3 pulgadas y de 1  $\frac{1}{2}$  pulgadas. En este caso se puede usar el fuego de una cocina para acortar el tiempo.

9



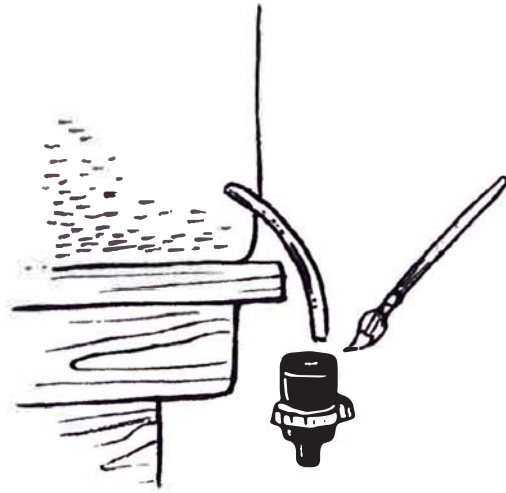
Realizar los agujeros en una sola línea. Asegurarse de que los orificios coincidan y probar soplando para quitar las impurezas.

10



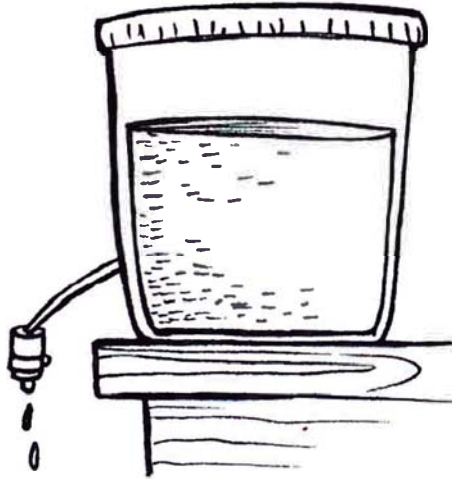
Colocar la abrazadera en la parte ancha

11



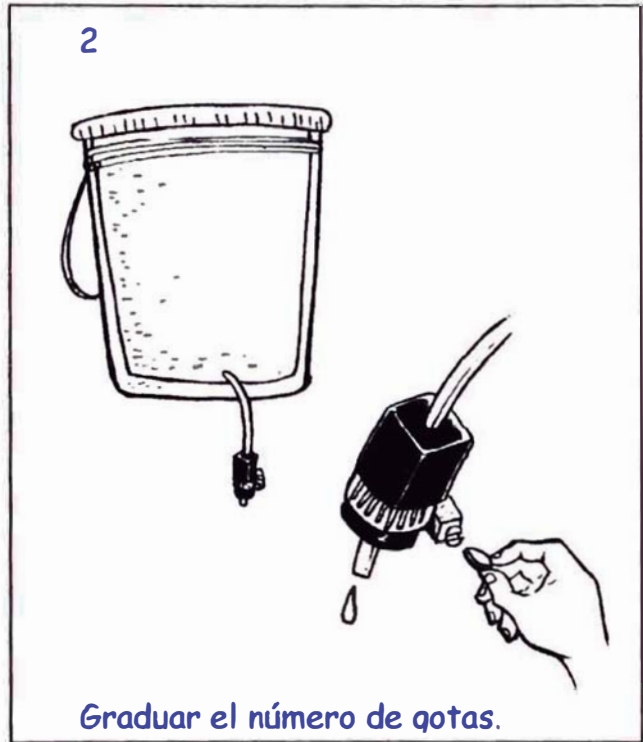
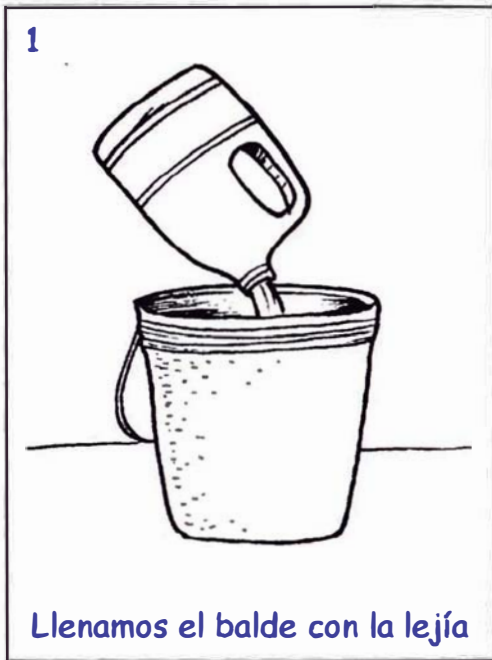
Introducir al lado libre de la manguerita, armarlo y asegurarlo con el pegamento.

12



Finalmente realizar una prueba sólo con agua para asegurarnos de que no existan fugas y calibrar el dispositivo de dosificación.

## INSTALACION DEL SISTEMA DE CLORACIÓN



## VERIFICACIÓN DEL CLORO RESIDUAL



### Lectura:

- 1.- Si el agua no cambia de color entonces no hay cloro, por lo tanto hay que aumentar el número de gotas.
- 2.- Si el cloro del agua está entre 0.5 y 1.0 ppm, entonces el cloro está ok!
- 3.- Si el color del agua se parece a los colores mayores que 1.0 ppm, hay demasiado cloro, tenemos que reducir el número de gotas.

**Ojo :** Después de cada uso del comparador, no olvidarse de lavarlo y guardarlo.

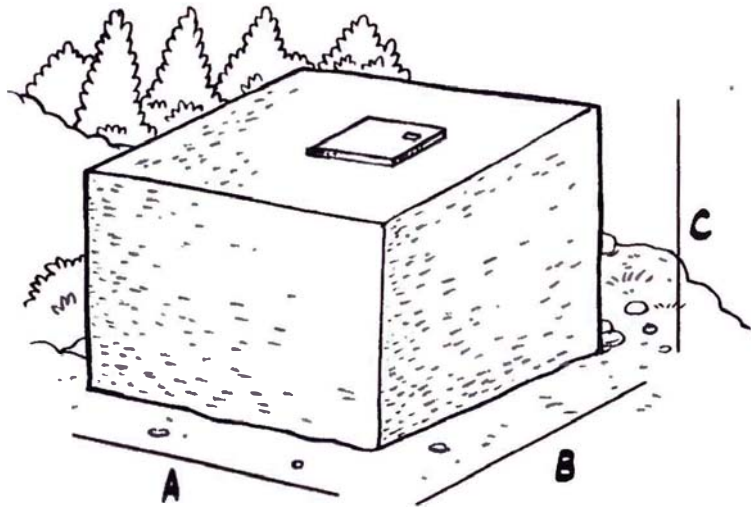
## MANTENIMIENTO: DESINFECCIÓN DEL RESERVORIO Y DE LA RED

### ¿Cómo desinfectamos el reservorio?

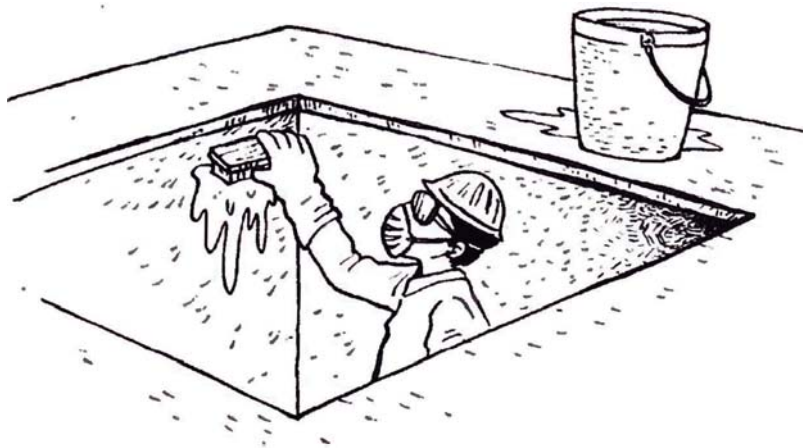
1.- Antes de realizar la limpieza del reservorio la persona debe usar los implementos de seguridad como: botas de jebe, guantes de jebe, mascarilla, lentes de protección, etc.



2.- Calculamos el volumen del reservorio midiendo con una wincha, el ancho, el largo y la altura.



3.- Vaciamos todo el agua y limpiamos las paredes internas del reservorio solo con agua y eliminamos la suciedad y el barro.



#### 4.- Llenamos nuevamente el reservorio

5.- Preparar la cantidad de lejía o hipoclorito de calcio según el cuadro.

Nota.- por el volumen a utilizar es recomendable usar lejía al 10 % o hipoclorito de calcio que es vendido al 33%

Tamaño del reservorio (m <sup>3</sup> )	Hipoclorito de calcio al 33% kilos	Lejía al 10% litros
2	0.80	2.8
3	1.25	4.4
4	1.65	5.8
5	2.00	7.0
6	2.50	8.8
7	2.89	10.1
8	3.30	11.6
9	3.72	13.0
10	4.13	14.5
20	8.25	28.9
30	12.39	43.4

6.- Cuando el reservorio está casi lleno, agregar la solución al reservorio y luego esperar un tiempo aproximado de 4 horas.

7.- finalmente, desechar la mezcla a través de la válvula de limpia y luego enjuagar el reservorio con abundante agua



Nota.- Programar la desinfección por lo menos dos veces por año. De la misma forma realizar la desinfección de las estructuras de captación, rompe presiones, purga, etc.

## ¿Cómo desinfectamos las redes de agua?

1.- Antes de realizar la limpieza del reservorio la persona debe usar los implementos de seguridad como: botas de jebe, guantes de jebe, mascarilla, lentes de protección, etc.



2.- Calculamos el volumen aproximado de las redes mediante:  
 Volumen= área x longitud  
 El área ver en el cuadro adjunto  
 Longitud es la distancia de la tubería que se desea desinfectar desde el reservorio hasta el punto final.



3.- preparar la cantidad fijada de hipoclorito de calcio o lejía según cuadro

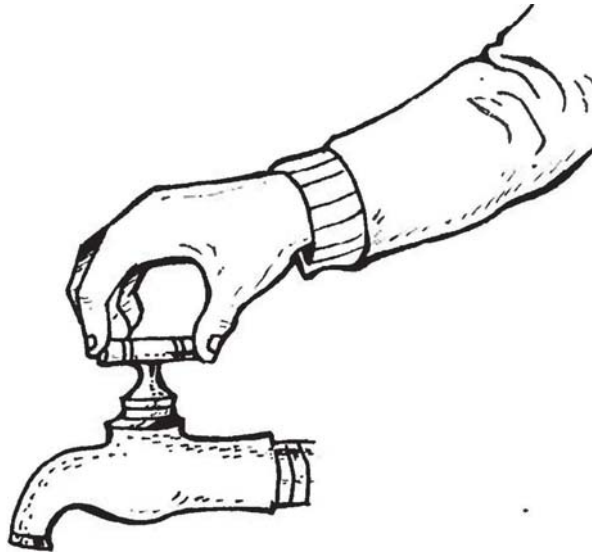
4.- Cuando tengamos el volumen deseado, agregar la solución clorada al reservorio

5.- Vaciar todo el agua que se encuentra en la red abriendo todas las piletas, luego cerrarlos bien para que haya fugas.



6.- Llenar todas las redes con el agua clorada y esperar aproximadamente unas 4 horas

7.- Finalmente, después de las 4 horas evacuar el agua por todos los grifos de salida y enjuagar con abundante agua todo el sistema



**Nota.** - En cualquier caso de desinfección, avisar a los pobladores con anticipación para que tomen sus medidas respectivas (por ejemplo para que almacene su agua).

Programar la desinfección por lo menos dos veces al año y cuando hay problemas de rotura de tubería

## MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE SEGURIDAD

1. Al manipular el cloro se deben usar los implementos de seguridad como guantes de jebe, botas de jebe, mascarilla, ropa gruesa, lentes protectores, etc.
2. guardar el cloro en lugares seguros y cerrados con candado fuera del alcance de los niños.
3. La manipulación del cloro debe realizarse en lugares abiertos.
4. siempre notificar a la población cada vez que se va a realizar la desinfección, todos deben estar enterados; orientarlos y mantener una participación activa.
5. si se está desinfectándole reservorio o la red, alertar a todos los usuarios de no beber el agua de desinfección y esperar hasta después del enjuague.
6. el uso del comparador es exclusivamente para medir el cloro residual, enjuagarlo y guardarlo después de cada uso.
7. mantener la limpieza constante en la captación y otras estructuras, cámaras de aire, purga reservorios, etc., tanto a nivel interno como externo.

## MONITOREO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

- Verificar el funcionamiento del sistema de cloración por lo menos dos veces por semana y repararlo en caso de ser necesario.
- Verificar el cloro residual por lo menos una vez por semana y regular el número de gotas indicadas de ser necesario.
- Llevar un control y listado de gastos de los insumos (cloro, reactivo), materiales y herramientas para evitar que falten en el almacén.
- Aforar mensualmente para conocer la variación del caudal, cerrando la válvula de salida a la red, medir la cantidad de agua que sale por la tubería de rebose.

## CONTROL GENERAL

- Se debe de llevar un cuaderno de control de dosificación para verificar el consumo de cloro.
- Se debe de llevar un cuaderno de control de ola desinfección y programación de nuevas fechas. Anotar en el mismo cuaderno los sucesos de mantenimiento y reparación en el sistema.
- Se debe llevar un cuaderno de control general de gastos.

## CAPITULO VIII

### VIII CONCLUSIONES

#### 8.1 Conclusiones

Después de la elaboración y desarrollo del presente trabajo de investigación llegamos a las siguientes conclusiones y se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Existe una forma de desinfectar el agua de manera segura, económica y de fácil aplicación, garantizando que el agua sea potable.
- Mediante la desinfección del agua con el hipoclorito de sodio conocido como lejía, se logra obtener un agua exenta de patógenos
- Aún los pobladores de algunas localidades no aceptan con buen agrado la cloración del agua aduciendo el cambio de olor y sabor en el agua, por eso es que la educación sanitaria es importante, necesaria y debe ser sostenida a través del tiempo.
- El rol que cumplen entidades como SUM CANADA respecto al saneamiento, son muy importantes, lo cual no exonera en modo alguno, que deben de ser asumidas por el estado y las municipalidades.
- En este caso el sistema es sostenido por el aporte de los mismos pobladores en cuanto a los materiales, sin embargo existe la necesidad de hacer un seguimiento.
- El monitoreo, la orientación técnica y la supervisión es básico y debe ser constante a través del tiempo.
- Hay que organizar a las poblaciones en una junta vecinal a fin de que puedan tomar decisiones en cuanto al aporte económico, operación y mantenimiento del sistema.

## 8.2 Recomendaciones

- ➔ La inspección en el sistema de dosificación debe ser periódica y constante a fin de controlar la dosificación, posibles obturaciones ó algún deterioro del sistema.
- ➔ La barra de apoyo de donde se sostiene el balde debe ser de un pedazo de tronco delgado de eucalipto que abunda en la zona, ya que si se coloca una barra de metal, ésta se corroe fácilmente si no esta recubierta con pintura anticorrosiva.
- ➔ El área de saneamiento de las municipalidades deben tener una relación constante con las personas que son designadas como operadores del sistema.
- ➔ Se sugiere a fin de tener un buen funcionamiento del sistema tanto en su operación así como en su mantenimiento, hacerle un pago semanal al operador, ya que si trabaja sólo ad-honórem se corre el riesgo de que no cumpla su deber a cabalidad, como se pudo notar en casi todos las poblaciones en donde se viene aplicando el sistema.
- ➔ Las Municipalidades deben establecer un programa sostenido que se ocupe del saneamiento ambiental y para ello contar con los servicios de un Ingeniero Sanitario, para que desarrolle y supervise dicho programa.

### **8.2.1 Recomendaciones operacionales**

- En la construcción del dispositivo de control de dosificación, en el momento de hacer el corte al jebe, se debe de usar agua con la finalidad de que el cuchillo fácilmente pueda deslizarse.
- Hay que seguir al pie de la letra las medidas de seguridad acerca de la operación y almacenaje del cloro líquido.
- Periódicamente se debe dar mantenimiento en cuanto al pintado con pintura anticorrosivo a las partes oxidables del sistema de agua.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Allend, R.B. *A method of cleaning slow sand filters developed at the West Hartford, CT water treatment plant.* AWWA Slow Sand Filtration Workshop. Durham (US), University of New Hampshire. 1991
- 2 Almanza Salgado, R.; Muñoz Gutiérrez, F. *Ingeniería de la energía solar.* México DF, El Colegio 1994
- 3 Beltran de Heredia-Alonso, J., Torregrosa-Anton, J., Garcia-Rodriguez, J. *Proceso combinado de digestión anaerobia y ozonización para la depuración de aguas residuales de alta carga orgánica Alimentación Equipos y Tecnología.* 2002
- 4 Cánepa de Vargas, Lidia. *Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado. Filtros de arena en acueductos rurales; investigación No. 3* CEPIS-DTIAPA. 1982
- 5 Castiilo T., Jorge L. *Pruebas Bacteriológicas de Contaminación.* Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. 2004
- 6 CEPIS. *Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades: tecnología de pequeños sistemas de abastecimiento de agua en países en desarrollo.* CEPIS. 1988
- 7 Di Bernardo, Luiz. *Seminario Nacional sobre Prefiltración y Filtración Lenta de las Aguas de Abastecimiento.* Escola de Engenharia de Sao Carlos. 1991
- 8 EAWAG/SANDEC, SODIS. *La Ciencia y la Tecnología.* Boletines de la sección Agua y Saneamiento del Instituto. 1997
- 9 Equipo editorial de GreenFacts en colaboración con el Prof. Jacques Kummer. *"Systematic Review of Health Aspects of Air Quality in Europe",* Equipo Editorial de GreenFacts. 2004
- 10 Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales. Escuela Universitaria Politécnica. Universidad de Sevilla. *El cloro residual, para la desinfección.* Revista CONSUMER EROSKI. 1998
- 11 Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y El Caribe. *Principios básicos de la desinfección del agua.* OPS.
- 12 Pérez Carrión, José. *Operación en Situaciones de Emergencia.* CEPIS/OPS.
- 13 Jiménez Builes, Jovani Alberto; López Carmona, Lennit Eliana; Martínez Monsalve, Maria Isabel. *Reducción de Riesgos en Salud por Manipulación de*

- Cloro Utilizando Entrenamiento Basado en las Tecnologías de la Información y la Comunicación*. Grupo de Investigación, Innovación y Desarrollo en Informática Educativa GiidE.
- 14 Manual de Laboratorios Goig Llorens, S.L. *Depurador de agua de crack*. Manual de Laboratorios Goig Llorens, S.L.
- 15 Márquez Bravo, L. *Desinfección solar*. Trabajo presentado en el Simposio CEPIS sobre "Calidad". 1998
- 16 Mateos Pedro F. *Control de las poblaciones Microbianas: Esterilización y Desinfección*. Departamento de Microbiología y Genética. Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca
- 17 Oficina regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud (OMS). *"Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide (2003)" y "Answer to follow-up questions from CAFE (2004)"*. Oficina Regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud (OMS). 2004
- 18 Programa Regional HEP/OPS/CEPIS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. *Serie filtración lenta; Manual II: Teoría y Evaluación; Manual III: Diseño*. CEPIS. 1992
- 19 Singh, N., Singh, R. K., Bhunia, A. K., Strohshine, R. L. *Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing Escherichia coli O157:H7 on lettuce and baby carrots*. Food Science & Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie. 2002
- 20 Solsona, F. *Water disinfection for small community supplies*. IRC "Small Community Supplies" OPS/CEPIS. 2001
- 21 Unitek S.A. *Tratamiento integral de aguas*. Unitek S.A.
- 22 Wegelin, M. *Filtración gruesa de flujo horizontal; manual de diseño, construcción y operación*. Centro internacional de Referencia para Disposición de Residuos (Dübendorf, CH). CEPIS. 1988
- 23 Wegelin, M.; Canonica, S.; Mechsner, K.; Fleischmann, T.; Pesaro, F.; Metzler, A. *Solar water disinfection (SODIS), destined for worldwide use?*. Revista "Waterlines" Voi 16, No. 3. 1998
- 24 Wright, H.B. y Cairns, W.L. *Desinfección de Agua por Medio de Luz Ultravioleta*. Trojan Technologies Inc.



# ANEXO N° 1

## INFORMACION DE LAS LOCALIDADES DONDE SE DESARROLLAN EL SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO

### **LOCALIDAD : Carash**

#### **Ubicación**

El caserío de Carash, está ubicada en la margen izquierda del río Carash que es un tributario del río Mosna. Pertenece al distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash.

Geográficamente se ubica entre las coordenadas 8946000N y 265000E UTM. Su altura media sobre el nivel del mar es de 3175 m.

#### **Clima**

El clima es templado, correspondiente a un valle interandino Quechua, con lluvias entre los meses de diciembre hasta abril. La temperatura promedio es 18° y la precipitación anual se estima que es superior a los 500 mm.

#### **Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Carash es mediante una carretera asfaltada de 365 Km hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay. Desde aquí mediante carretera asfaltada de 25 Km hasta la laguna Querococha, luego 55 Km de carretera afirmada hasta la capital distrital de San Marcos, desde allí una trocha carrozable de 2 Km hacia el Este por la rivera del Río Carash, pasando por el puente hacia el margen izquierdo, y al caserío de Huanchá, se tiene que pasar el puente hacia el margen derecho del Río Carash y subir hasta llegar a Carash.

#### **Educación**

Carash cuenta con los servicios educativos:

Inicial: PRONOEI con 20 niños y una Animadora.

Primaria: 1º hasta el 6º grado con 63 alumnos asistentes y 3 profesores.

#### **Salud**

Los servicios de salud lo reciben en el Centro de Salud de San Marcos, cuentan con un enfermero que realiza visitas periódicas, cuenta con un promotor de salud

de la localidad para cumplir los programas específicos (vacunaciones). Las enfermedades que frecuentemente se presentan son: bronquitis, neumonías, diarreas y prasinosis

### **Vivienda**

La totalidad de las viviendas son de muros de tierra compactada, tapias ó adobones con techos de teja ó calaminas mayormente hasta de dos pisos. Las viviendas son independientes del tipo nuclear aunque con ambientes integrados. Pocas viviendas tienen acabados interiores y exteriores, la mayor parte son rústicas.

El número total de viviendas es de 89. de las cuales 75 cuentan con conexiones domiciliarias de agua y 38 viviendas cuentan con conexiones de desagüe.

### **Actividad económica**

#### **AGRÍCOLAS**

Cuentan con pequeñas parcelas de cultivo, bajo riego y en secano. Los cultivos principales son el maíz, la papa, trigo y de pequeñas áreas de hortalizas, que es para autoconsumo.

#### **GANADEROS**

Cada familia cría un estimado de 05 animales entre asnos para carga, vacunos para arar la tierra, cerdos, ovejas y animales menores como gallina y cuyes.

#### **MINEROS**

En la zona también se puede ubicar las canteras de hormigón de río (Río Carash) y pequeñas canteras de rocas descompuestas cuarzosas que de la parte alta se utilizan como agregados de arena para concreto.

Este material se está considerando en el aporte comunal.

### **Población**

El Caserío de Carash cuenta con 427 habitantes que corresponden a 89 familias, teniendo como promedio a 4.8 miembros por familia

**LOCALIDAD : Carhuayoc****Ubicación**

Carhuayoc está ubicado en el distrito de San Marcos, Provincia de Huari, departamento de Ancash, en la margen derecha del río Carash.

**Clima**

El clima es templado, correspondiente a un valle interandino Quechua, con lluvias entre los meses de diciembre hasta abril. La temperatura promedio es 18° y la precipitación estimada anual es superior a los 500 mm.

**Vías de comunicación**

Se accede a la población de Carhuayoc a través de una carretera afirmada que sigue la ruta de la mina Antamina, desde la ciudad de San Marcos cuya distancia es de 4.5 Km

**Educación**

Carhuayoc cuenta con los servicios educativos:

Inicial: CEI para niños de entre 3 .a 5 años de edad.

Primaria: 1° hasta el 6° grado con 275 alumnos asistentes y 10 profesores.

Secundaria: Colegio de Nivel Secundario

**Salud**

Cuenta con un Puesto de Salud que está a cargo de una Técnica en Enfermería, cuentan además con 3 promotoras de Salud que apoyan en programas específicos, las enfermedades más comunes son EDAS manifestándose con mayor frecuencia en los niños.

**Vivienda**

Las casas son de adobe o tapial, con cimiento de barro y piedra, techos de madera y teja, los ambientes con que generalmente cuentan las casas son: dormitorio, patio, cocina un ambiente que generalmente sirve como depósito y un corral donde se ubican los animales.

**Actividad económica****AGRÍCOLAS**

Cuentan con pequeñas parcelas de cultivo, bajo riego y en seco. Los cultivos principales son el maíz, la papa, trigo y de pequeñas áreas de hortalizas, que es para autoconsumo, comunalmente tienen áreas de terrenos que las siembran.

**GANADEROS**

Cada familia cuenta con una pequeña cantidad de animales entre asnos para carga, vacunos para arar la tierra, cerdos, ovejas y animales menores como gallina y cuyes.

**OTROS**

Algunos trabajan como obreros en la mina de Antamina y otros se dedican al tejido en telar, los socios de la comunidad reciben anualmente una cantidad de dinero producto del alquiler de 4 volquetes, 1 retroexcavadora, 1 cargador frontal y una camioneta que lograron adquirir con la venta de las tierras a la compañía minera.

**Población**

El Caserío de Carhuayoc cuenta con 1067 habitantes que corresponden a 175 familias, teniendo como promedio a 6.1 miembros por familia

**LOCALIDAD : Challhuayacu Sector Centro****Ubicación**

Challhuayaco Sector Centro, pertenece al distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Arequipa, se encuentra a la margen derecha del río Mosna. Se encuentra ubicado entre las cotas 3360 m.s.n.m. y 3420 m.s.n.m.

**Clima**

El clima es templado, correspondiente a un valle interandino Quechua, con lluvias entre los meses de noviembre hasta abril. La temperatura promedio es 17° y la precipitación anual se estima que es superior a los 500 mm.

### **Vías de comunicación**

Challhuayaco Sector centro, se encuentra ubicada a 12 km al sur del distrito de San Marcos pasando por el distrito de Chavin, desde Chavin se llega al centro poblado Machac, de acá existe una trocha carrozable pasando por el caserío de Chullush, llegando finalmente a Challhuayaco. Dista 3 horas a pié desde San Marcos y 45 minutos usando vehículo.

### **Educación**

Challhuayacu cuenta con los servicios educativos:

Inicial: I.E. Inicial N° 419 con 27 niños y un docente

Primaria: I.E. Primaria N° 86363 con 171 alumnos asistentes y 6 profesores.

### **Salud**

Challhuayacu cuenta con un Puesto de Salud en el cual atiende una Técnica de Enfermería, también existen dos promotores de salud que se encargan de realizar labores educativas y preventivas además de transferir pacientes al Puesto de Salud de Chavin por ser mas próximo y al Centro de Salud de San Marcos, las enfermedades más frecuentes que afectan principalmente a los niños son las infecciones respiratorias agudas (IRA) entre las cuales se presentaron casos de neumonía, también se presentaron casos de diarreas y enfermedades en la piel.

### **Vivienda**

En Challhuayaco Sector Centro hay un total de 98 viviendas de las cuales 77 están habitadas y 19 deshabitadas estas viviendas están ubicadas alrededor de la plaza y en los barrios de Cruz, Cuta y Pukawayi. La totalidad de las viviendas son de muros de tierra compactada, tápiales o adobones con techo de teja o calamina.

### **Actividad económica**

El caserío de Challhuayaco como la mayoría de caseríos de la zona cuenta con una economía de subsistencia, basada en dos actividades fundamentales: la agricultura en seco (octubre a febrero siembran y de abril a julio cosechan), de productos como la papa y el maíz, y la crianza de ganado criollo como son las

ovinos, porcino, vacunos, cuyes y animales menores. Existen casos puntuales de comuneros que se dedican al tejido.

A la actividad agrícola mayormente se dedican los hombres, mientras que las mujeres se dedican, adicionalmente de las labores domesticas, a apoyar en el pastoreo del ganado, a la agricultura, al hilado y tejido.

### **Población**

El Cáserío de Challhuayacu cuenta con 377 habitantes que corresponden a 77 familias, teniendo como promedio a 4.9 miembros por familia

### **LOCALIDAD : Chuyo**

#### **Ubicación**

El caserío de Chuyo está ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, en la margen derecha del río Mosna a una altitud de 3600 msnm

#### **Clima**

El clima es templado, correspondiente a un valle interandino Quechua, con lluvias entre los meses de diciembre hasta abril. La temperatura promedio es 18° y la precipitación estimada anual es superior a los 500 mm.

#### **Vías de comunicación**

Chuyo es un caserío alejado de la ciudad de San Marcos con la cual se conecta a través de la carretera que va desde San Marcos a Chavín y desde aquí a Chuyo hay una trocha cuyo recorrido a pie dura aproximadamente dos horas.

#### **Educación**

Chuyo cuenta con los servicios educativos:

Inicial: PRONOEI para niños de 3 a 5 años, cuenta con 20 niños y una animadora.

Primaria: I.E. Primaria N° 86462 cuenta con 44 alumnos asistentes y 3 docentes.

### **Salud**

La población de Chuyo utiliza los servicios del Centro de Salud de Chavín por su cercanía y los promotores están inscritos y trabajan con este establecimiento de salud cuya labor principal está orientada al aspecto preventivo, las enfermedades más frecuentes que se presentan son las diarreas, infecciones respiratorias agudas e infecciones en la piel.

### **Vivienda**

El caserío de Chuyo cuenta con un total de 147 viviendas habitadas. El material que predomina es la tapia y el adobe con techos de teja y calamina, los ambientes están compartidos en: la cocina, dormitorios, depósitos y corrales donde se ubican los animales.

### **Actividad económica**

La actividad principal de los pobladores de Chuyo es la agricultura en minifundios de subsistencia, también se dedican al pastoreo de ganado complementando con la crianza de animales menores, las mujeres se dedican al hilado y al tejido.

### **Población**

El Caserío de Chuyo cuenta con 218 habitantes que corresponden a 50 familias, teniendo como promedio a 4.4 miembros por familia

### **LOCALIDAD : Huancha**

#### **Ubicación**

El caserío de Huancha está ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huarí, departamento de Ancash, en la margen izquierda de río Carash, aproximadamente en las coordenadas 8946100 N y 264800 E UTM, a una altitud aproximada de 3,100 m.s.n.m.

#### **Clima**

El clima del caserío de Huancha es templado, correspondiente a un valle interandino, con temperatura promedio de 18°C. La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación



anual estimada superior a los 500 mm. , mientras que la temporada de estiaje corresponde a los meses de Mayo a Octubre.

### **Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Huancha es mediante una carretera asfaltada de 365 Km. hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay, desde aquí también mediante carretera asfaltada de 35 Km. hasta el Túnel Cahuish, luego 42 Km. de carretera afirmada hasta el Distrito de San Marcos, desde acá se conecta a Huancha mediante una carretera afirmada de 2 km aprox. en dirección a localidad de Carhuayoc y la empresa minera Antamina.

### **Educación**

Huancha cuenta con los servicios educativos:

Inicial: PRONOEI para niños de 3 a 5 años, cuenta con 10 niños y una animadora.

### **Salud**

Cuentan con dos promotoras de salud que se encargan de realizar labores de planificación familiar, control del embarazo, enfermedades de transmisión sexual, nutrición, prevención de la violencia familiar y charlas educativa y preventiva además de transferir pacientes al Centro Médico de San Marcos.

### **Vivienda**

El caserío de Hancha cuenta con 56 viviendas, en su totalidad son de muros de tierra compactada, tápiales o adobones con obra blanca y los techos son de teja o calamina.

Las viviendas se encuentran distribuidas en dos sectores: Huancha y cruz, el sector Huancha se encuentra ubicado en una zona limítrofe con el caserío de Pacash y al margen derecho de río Carash mientras que el sector cruz se encuentra ubicado en la margen derecha del río Carash. La mayoría de viviendas se encuentran en el sector cruz, distribuidas a lo largo de la carretera carrozable que une los distritos de San Marcos y centro poblado de Carhuayoc, al margen derecho del río Carash.

### **Actividad económica**

El caserío de Huancha cuenta como en la mayoría de los caseríos con una economía de subsistencia, basada en dos actividades fundamentales: la agricultura en secano y riego (octubre a febrero siembran y de abril a julio cosechan) de productos como la papa y el maíz, y la crianza de ganado criollo como son las ovinos, porcino, vacunos, cuyes y animales menores, cuya venta les permite adquirir semillas y peones para la siembra de los productos, existiendo escasos tejedores.

### **Población**

El Caserío de Huancha cuenta con 202 habitantes que corresponden a 56 familias, teniendo como promedio a 3.6 miembros por familia

### **LOCALIDAD : Huaripampa Bajo**

#### **Ubicación**

Huaripampa Bajo es un sector del Centro Poblado de Huaripampa, está ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huarí, Departamento de Ancash, en la margen derecha del río Mosna.

#### **Clima**

El clima Huaripampa Bajo es templado, correspondiente a un valle interandino, con temperatura promedio de 18°C .La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm.

#### **Vías de comunicación**

Dista 1 hora a pie desde San Marcos capital distrital y 20 minutos en vehículo a través de una carretera afirmada.

En este sector se concentran las principales instituciones del centro poblado de Huaripampa.

## **Educación**

En este sector se brinda el servicio educativo en sus tres niveles y la población en edad escolar del centro poblado usa estos servicios.

I.E.I. (Institución Educativa Inicial) N° 416 con 20 niños (8 varones y 12 mujeres) y 01 docente.

I.E.P. (Institución Educativa de Primaria) N° 86459 con 135 alumnos (75 varones, 60 mujeres) y 06 docentes.

Colegio de Secundaria República de Canadá, tiene 190 alumnos (107 varones, 83 mujeres)

## **Salud**

Huaripampa Bajo cuenta con un Puesto de Salud en el que atiende a toda la población del centro poblado de Huaripampa, éste Puesto de Salud depende del Centro de Salud de San Marcos y cuenta con una Técnica en Enfermería que es la jefe y una Técnica en Enfermería practicante.

En este sector existen cuatro Promotores de Salud que apoyan al personal de Enfermería, brindan primeros auxilios, planificación familiar, atención de partos y en casos complicados lo derivan al establecimiento de salud

Las enfermedades más frecuentes que afectan a la población de Huaripampa Bajo, principalmente a los niños, son las EDAs, parasitosis intestinal, y conjuntivitis, enfermedades infecciosas relacionadas con la falta de higiene, también se han presentado casos de neumonías.

## **Vivienda**

En Huaripampa Bajo hay un total de 77 viviendas, de las cuales 59 están habitadas y 18 deshabitadas.

Las viviendas son de material rústico, en su mayoría de tapial con techo de teja, tienen de 4 a 6 habitaciones y están ubicadas de manera dispersa, otras se concentran alrededor de la plaza.

## **Actividad económica**

Las familias se dedican principalmente a la agricultura en minifundios y a la crianza de animales de raza criollo. Hay familias que están cultivando bio huertos con el apoyo de la institución IDMA ( Instituto de Desarrollo del Medio

Ambiente). También hay algunos pobladores quienes trabajan en la empresa Antamina y otros que desempeñan una actividad secundaria a su actividad principal, para complementar sus ingresos económicos y se refiere a tejidos y albañilería.

### **Población**

El Caserío de Huaripampa Bajo cuenta con 265 habitantes que corresponden a 56 familias, teniendo como promedio a 4.7 miembros por familia

### **LOCALIDAD : Lucma**

#### **Ubicación**

El caserío de Lucma esta ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, aproximadamente en las coordenadas 8940000 N y 262000 E UTM a una altitud aproximada de 3,100 m.s.n.m.

#### **Clima**

El clima del caserío de Lucma corresponde al clima de los callejones andino, con temperatura promedio de 16°C. La temporada de lluvia corresponde a los meses de Diciembre a Mayo, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm.

#### **Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Lucma es mediante una carretera asfaltada de 365 Km. hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay, desde aquí también mediante carretera asfaltada de 35 Km. hasta el Túnel Cahuish, luego 39 Km. de carretera afirmada hasta el distrito de San Marcos. Desde este punto existen dos vías de acceso al caserío de Lucma, el primero de ellos es por la carretera que conduce de San Marcos a Chavín, desde donde hay una carretera hasta Lucma pero también se puede llegar a pie, dista aproximadamente una hora y media desde San Marcos.

**Educación**

El caserío de Lucma tiene un PRONOEI para niños de 3 a 5 años y que son en número de 34, a cargo de una Animadora

Los niños de Lucma acuden a la Escuela de Primaria N° 86465 de Millhuish, que tiene del 1º al 4º grado.

**Salud**

Cuentan con una promotora de salud desde 1989 capacitada por el MINSA y CARE que brinde orientaciones básicas o medidas preventivas sobre EDAS, IRAS, control del crecimiento del niño, control de madres gestantes, planificación familiar, etc. y para su atención médica refieren los casos al Centro de Salud de Chavín.

**Vivienda**

En Lucma existen 32 viviendas de las cuales 25 están habitadas, todas ellas se encuentran concentradas y construidas de material de adobe y tapia, con techos de tejas y calaminas, utilizando la mano de obra del propietario, predominan las viviendas particulares de tipo doméstico con espacio destinado para el corral de animales y el huerto familiar.

**Actividad económica**

En el caserío de Lucma la mayoría se dedican a la agricultura con cultivos de papa, trigo, cebada, alverjas, maíz, y choclo para el mercado en la campaña grande que se inicia en el mes de setiembre y termina en el mes de julio. La crianza de ganado ovino, aves de corral y animales como el cuy, conejo para la venta al mercado como ayuda al consumo familiar.

**Población**

El Caserío de Lucma cuenta con 114 habitantes que corresponden a 28 familias, teniendo como promedio a 4.1 miembros por familia

**LOCALIDAD : Manyampampa****Ubicación**

Manyampampa, se encuentra ubicada a 6 Km. al oeste del distrito de San Marcos en la margen derecha del río Carash Geográficamente se ubica entre las coordenadas 8947500N y 265500E UTM.

Su altura media sobre el nivel del mar es de 3350 m.

**Clima**

El clima es templado, correspondiente a un valle interandino Quechua, con lluvias entre los meses de noviembre hasta abril. La temperatura promedio es 17° y la precipitación anual se estima que es superior a los 500 mm.

**Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Manyampampa es mediante una carretera asfaltada de 365 Km. hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay, desde aquí también mediante carretera asfaltada de 35 Km. hasta el Túnel Cahuish, luego 45 Km. de carretera afirmada hasta la capital del distrito de San Marcos, desde este punto a 4 Km., por la trocha carrozable a Carhuayoc, hasta el desvío a Manyampampa, desde ahí 2 km. al norte en trocha carrozable, pasando por el caserío de Pacash, con un tiempo aproximado desde la capital del distrito de San Marcos de 30 minutos en camioneta rural y 1 hora y media a pie.

**Educación**

Manyampampa cuenta con un local de PRONOEI para niños entre 3 y 5 años, asistiendo 12 niños en total a cargo de una animadora.

**Salud**

Cuentan con dos promotores de salud que se encargan de realizar labores educativas y preventivas además de transferir pacientes al Puesto de Salud de Carhuayoc y al Centro Médico de San Marcos, las enfermedades más frecuentes son las neumonías, diarreas y parasitosis.

### **Vivienda**

Manyampampa cuenta con 35 viviendas de las cuales 28 están habitadas, la totalidad de las viviendas son de muros de tierra compactada, tápiales o adobones con techo de teja o calamina.

Las viviendas se encuentran distribuidas en cuatro sectores: Centro, Gotupuquio, Queropampa y Ayarajra.

### **Actividad económica**

El caserío de Manyampampa como la mayoría de caseríos de la zona cuenta con una economía de subsistencia, basada en dos actividades fundamentales: la agricultura en secano (octubre a febrero siembran y de abril a julio cosechan), de productos como la papa y el maíz, y la crianza de ganado criollo como son las ovinos, porcino, vacunos, cuyes y animales menores. Existen casos puntuales de comuneros que se dedican al tejido.

A la actividad agrícola mayormente se dedican los hombres, mientras que las mujeres se dedican, adicionalmente de las labores domésticas, a apoyar en el pastoreo del ganado, a la agricultura, al hilado y tejido.

### **Población**

El Caserío de Manyampampa cuenta con 129 habitantes que corresponden a 30 familias, teniendo como promedio a 4.3 miembros por familia

### **LOCALIDAD : Millhuish**

#### **Ubicación**

El caserío de Millhuish está ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huarí, Departamento de Ancash, en la margen derecha del río Mosna.

Limita por el Norte con el caserío de Rancas, al Sur con el caserío de Lucma, al Este con el caserío de Vista Alegre y por el Oeste con el distrito de Chavín.

#### **Clima**

En Millhuish el clima es templado, correspondiente a un valle interandino Quechua, con lluvias entre los meses de noviembre hasta abril. La temperatura promedio es 17° y la precipitación anual se estima que es superior a los 500 mm.

**Vías de comunicación**

Distancia 1 hora 15 minutos a pié desde San Marcos capital distrital, con la cual se conecta mediante la carretera principal que une los pueblos de la zona del Callejón de Conchucos y para llegar a Millhuish se toma una trocha carrozable desde un punto de la mencionada carretera.

**Educación**

Millhuish cuenta con los servicios educativos:

Una escuela de Primaria que es la I.E.P. unidocente N° 86465, cuenta con 24 alumnos y 1 docente, aquí acuden también los niños de Lucma.

**Salud**

Existe una Promotora de Salud que realiza labor preventiva y deriva pacientes al Centro de Salud de San Marcos.

Las enfermedades más frecuentes que afectan a la población, principalmente a los niños, son las infecciones respiratorias agudas (IRAS) y las enfermedades diarreicas agudas (EDAS), también se presentan casos de bartonella (verruga), enfermedad que está asociada al agua contaminada en charcos.

**Vivienda**

En Millhuish hay 28 viviendas habitadas y 9 viviendas deshabitadas. Las viviendas son de material rústico propio de la zona como son el tapial y el adobe, se ubican en los barrios llamados Jana y Ura.

**Actividad económica**

Las familias se dedican principalmente a la agricultura en minifundios y en segundo lugar a la crianza de animales de raza criollo que constituyen su fuente de ahorros para emergencias, pues los pueden vender cuando es necesario.

La temporada de siembra es de Septiembre a Diciembre y la cosecha de Mayo a Agosto. La producción agrícola es de bajos rendimientos, mayormente para auto consumo, siembran y cosechan maíz, trigo, cebada, papa, arveja, frejol.

**Población**

El Caserío de Millhuish cuenta con 108 habitantes que corresponden a 28 familias, teniendo como promedio a 3.8 miembros por familia



**LOCALIDAD : Opayaco****Ubicación**

El caserío de Opayaco esta ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, a 5 Km. al norte de la zona urbana del distrito de San Marcos, en el margen derecho del río Mosna aproximadamente en las coordenadas 8951000 N y 265000 E UTM, con una altitud de 3,100 msnm.

**Clima**

El clima del caserío de Opayaco es templado, correspondiente a un valle interandino, con temperatura promedio de 20°C .

La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm. , mientras que la temporada de estiaje corresponde a los meses de Mayo a Octubre.

**Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Opayaco es mediante una carretera asfaltada de 365 Km. hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay, desde aquí también mediante carretera asfaltada de 35 Km. hasta el Túnel Cahuish, luego 45 Km. de carretera afirmada hasta la capital del distrito de San Marcos, desde aquí una trocha carrozable de 5 Km. hacia el norte por la carretera a Huari pasando por el caserío de Orcosh, con un tiempo aproximado desde la capital del distrito de San Marcos de 20 minutos en camioneta rural.

**Educación**

Cuenta con un Centro Educativo de Primaria N° 86461 para niños entre 1° y 4°, con 31 alumnos, un local de PRONOEI para niños entre 3 y 5 años y un local de PROJAMEC para niños menores de 3 años.

**Salud**

Opayaco cuenta con cuatro promotores de salud que se encargan de realizar labores educativas y preventivas además de transferir pacientes al Puesto de Salud de Huaripampa y al Centro Medico de San Marcos. Las enfermedades más frecuentes son EDAS, IRAS, parasitosis y desnutrición.

### **Vivienda**

La totalidad de las viviendas son de muros de tierra compactada, tápiales o adobones con techo de teja o calaminas.

La mayoría de viviendas se encuentran distribuidas a lo largo de la carretera a Huari,.

### **Actividad económica**

El caserío de Opayaco como la mayoría de caseríos de la zona cuenta con una economía de subsistencia, basada en dos actividades fundamentales: la agricultura en secano (octubre a febrero siembran y de abril a julio cosechan), y la crianza de ganado criollo como son las ovinos, porcino, vacunos, cuyes y animales menores, existen casos puntuales de comuneros que se dedican al tejido, así como también existen otros comuneros que laboran en la Compaa Minera Antamina en diferentes actividades y en turnos rotativos.

El Caserío de Opayaco cuenta con 226 habitantes que corresponden a 66 familias, teniendo como promedio a 3.4 miembros por familia

### **LOCALIDAD : Pacash**

#### **Ubicación**

El caserío de Pacash esta ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, a 4 Km del distrito de San Marcos, en el margen derecho del río Mosna, se sitúa a una altitud de 3,250 msnm.

#### **Clima**

El clima del caserío de Pacash es templado, correspondiente a un valle interandino, con temperatura promedio de 18°C .

La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm.

### **Vías de comunicación**

Podemos acceder al caserío de Pacash desde la capital distrital de San Marcos mediante una carretera afirmada que pasa por los caseríos de Huancha y Carhuayoc, la distancia es de 4 Km.

### **Educación**

Pacash cuenta con i.E. Primaria N° 86386 para los grados del 1° al 6°, cuenta con 110 alumnos y 4 profesores y para el nivel inicial cuenta con un PRONOEI

### **Salud**

Pacash cuenta con un promotor de salud que se encargan de realizar labores educativas y preventivas además de transferir pacientes al Centro Médico de San Marcos. Los principales problemas de salud son las diarreas e infecciones respiratorias.

### **Vivienda**

Las casas de Pacash son de materiales propios de la zona como adobe y tapial, los techos son de tejas y calaminas, la mayoría cuentan con 5 o mas ambientes aparte del corral que les sirve para albergar a los animales domésticos

### **Actividad económica**

El caserío de Pacash cuenta con una economía de subsistencia, basada en dos actividades fundamentales: la agricultura en secano (octubre a febrero siembran y de abril a julio cosechan), y la crianza de ganado criollo como son las ovinos, porcino, vacunos, cuyes y animales menores, existen casos puntuales de comuneros que se dedican al tejido, así como también existen otros comuneros que laboran en la ciudad de San Marcos.

### **Población**

El Caserío de Pacash cuenta con 504 habitantes que corresponden a 90 familias, teniendo como promedio a 5.6 miembros por familia

## **LOCALIDAD : Pichiu San Pedro**

### **Ubicación**

El centro poblado menor de Pichiu San Pedro esta ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, a 20 Km., al sur de la ciudad de San Marcos, en la margen derecha del río Mosna aproximadamente en las coordenadas 8931500 N y 261500 E UTM, con una altitud aproximada de 3500 m.s.n.m.

### **Clima**

El clima del centro poblado menor de Pichiu San Pedro es templado, correspondiente a un valle interandino Quechua, con temperatura promedio de 17°C , máxima de 24°C y mínima de 12°C.

La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm.

### **Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al centro poblado menor de Pichiu San Pedro es mediante una carretera asfaltada de 365 Km. hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay, desde aquí también mediante carretera asfaltada de 35 Km. hasta el Túnel Cahuish, luego 25 Km. de carretera afirmada hasta un punto de desvío antes del poblado de Machac , desde aquí una trocha carrozable de 3 Km. hacia el sur pasando por el centro poblado menor de Pichui Quiñuarajra .Existe movilidad de camionetas rurales desde la capital del distrito de Chavín de 60 minutos en camioneta rural.

### **Educación**

Pichiu San Pedro cuenta con un Centro Educativo inicial N° 410 para niños entre 3 y 5 años, con 28 alumnos y un profesor, además cuenta con un Centro Educativo de primaria N° 86896 para niños entre 1° y 6°, con 144 alumnos , 5 profesores y un personal de servicio.

### **Salud**

En cuanto al servicio de salud, cuenta con un Puesto de Salud, atendido por una técnica en enfermería, y dos promotores de salud que se encargan de realizar

labores educativas y preventivas además de transferir pacientes al Puesto de Salud.

### **Vivienda**

En Pichiu San Pedro hay 117 viviendas, de las cuales 92 están habitadas. la totalidad de las viviendas son de muros de tierra compactada, tápiales o adobones con techo de teja o calamina. Las viviendas se encuentran distribuidas en cuatro sectores: San Pedro o Barrio Centro, Paccha, Ururpa y Cutapampa.

### **Actividad económica**

El centro poblado menor de Pichiu San Pedro cuenta como en la mayoría de los caseríos con una economía de subsistencia, basada en dos actividades fundamentales: la agricultura en secano (octubre a febrero siembran y de abril a julio cosechan) de productos como la papa y el maíz, y la crianza de ganado criollo como ovinos, porcino, vacunos, y animales menores. Existen un porcentaje pequeño que se dedican al tejido, carpinteros y herreros.

### **Población**

El Caserío de Pichiu San Pedro cuenta con 487 habitantes que corresponden a 107 familias, teniendo como promedio a 4.5 miembros por familia

### **LOCALIDAD : Pujún**

#### **Ubicación**

El caserío de Pujún, se encuentra ubicada al lado Este de la ciudad de San Marcos, en la cuenca alta del río Carash, pertenece al distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash.

Geográficamente se delimita entre las coordenadas (8943000MN y 8945800 MN) ; (266100ME y 268000ME) UTM. Su altura va desde los 3500 m.s.n.m. hasta 4000 m.s.n.m.

### **Clima**

El clima es templado, correspondiente a un valle Quechua y Suni, con lluvias entre los meses de Diciembre hasta Abril. La temperatura promedio es 18° y la precipitación anual se estima que es superior a los 600 mm.

### **Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Pujún es mediante una carretera asfaltada de 365 Km hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay. Desde aquí mediante carretera asfaltada de 25 Km hasta la laguna Querococha, luego 55 Km de carretera afirmada hasta la capital distrital de San Marcos, desde allí una trocha carrozable de 2 Km hacia el Este por la rivera del Río Carash, pasando por el puente hacia el margen izquierdo, desde el caserío de Huanchá, llegando al caserío de Carash. Y finalmente, desde este caserío, 4 Km de camino de herradura cuesta arriba, para llegar al caserío de Pujún.

### **Educación**

PPRONOI: 30 alumnos y un promotor.

I.E. Primaria N° 86469 desde el 1° hasta el 6° grado con 230 alumnos con 7 profesores.

La educación secundaria lo reciben en los colegios cercanos, ya sea del Centro Poblado Menor Carhuayoc ó de la capital distrital de San Marcos.

### **Salud**

Pujún cuenta con un promotor de salud de la localidad para cumplir los programas específicos, los servicios de salud lo reciben desde el Centro de Salud de San Marcos, mediante visitas periódicas de enfermeros. Las enfermedades más frecuentes son las bronquitis, neumonías, gripes, resfríos y diarreas.

### **Vivienda**

El número total de viviendas es de 113, la totalidad de las viviendas son de muros de tierra compactada, tapiales ó adobones con techos de teja, calaminas y pajas mayormente de un solo piso. Las viviendas son independientes del tipo

nuclear aunque con ambientes integrados. Pocas viviendas tienen acabados interiores y exteriores, la mayor parte son rústicas.

### **Actividad económica**

El caserío de Pujún se mantiene de una agricultura que son comerciales con cultivos mayormente en secano (Septiembre a Junio) de papa, olluco, oca, trigo, crianza de animales para subsistencia como: ovejas, chanchos y animales menores.

Sus ingresos igual que la mayoría de los pobladores de esta cuenca dependen de las actividades de tejidos de frazadas, ponchos y la venta de tubérculos de papa y oliuco. Los terrenos de cultivo de papa y oliuco colindan directamente con la mina Antamina. La comunidad ha manifestado su preocupación de que sus cosechas aparentemente están en descenso últimamente, presumen que la polvareda de la mina tiene sus impactos.

### **Población**

El Caserío de Pujun cuenta con 588 habitantes que corresponden a 113 familias, teniendo como promedio a 5.2 miembros por familia

## **LOCALIDAD : Quishu**

### **Ubicación**

El caserío de Quishu esta ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, a 2 Km. , en línea recta, al sur de la capital del distrito de San Marcos, en la margen derecho del río Mosna aproximadamente en las coordenadas 8945000 N y 263000 E UTM, con una altitud aproximada de 3300 m.s.n.m.

### **Clima**

El clima del caserío de Quishu es templado, correspondiente a un valle interandino, con temperatura promedio de 18°C. La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm.

### **Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Quishu es mediante una carretera asfaltada de 365 Km. hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay, desde aquí también mediante carretera asfaltada de 35 Km. hasta el Túnel Cahuish, luego 39 Km. de carretera afirmada hasta el distrito de San Marcos, Luego un camino de herradura de 2.5 Km. subiendo hacia el sur por el margen derecho del río Mosna, dista aproximadamente 1 hora a pie.

### **Educación**

Cuenta con un local de PRONOEI para niños entre 3 y 5 años, con 10 alumnos y con un Centro Educativo N° 86460 para niños de 1° al 4° grado de primaria, con 28 alumnos y un profesor.

### **Salud**

Cuenta con dos promotores de salud que se encargan de realizar labores educativas y preventivas además de transferir pacientes al Centro Médico de San Marcos, las enfermedades más frecuentes son las infecciones respiratorias agudas, neumonías, diarreas, acarosis y enfermedades de la piel.

### **Vivienda**

Quishu cuenta con un total de 29 viviendas, la totalidad de ellas son de muros de tierra compactada, tápiales o adobones con techo de teja o calamina. Las viviendas se encuentran distribuidas en cuatro sectores: Centro, Mullipampa, Huarcon y Cashapatac.

### **Actividad económica**

El caserío de Quishu como la mayoría de caseríos de la zona cuenta con una economía de subsistencia, basada en dos actividades fundamentales: la agricultura gran parte bajo riego, de productos como la papa y el maíz, y la crianza de ganado criollo como son ovinos, porcinos, vacunos, cuyes y animales menores. Existen casos puntuales de comuneros que se dedican al tejido así como otros que se dedican a realizar trabajos de mano de obra no calificada en la capital del distrito de San Marcos



## **Población**

El Caserío de Quishu cuenta con 183 habitantes que corresponden a 39 familias, teniendo como promedio a 4.7 miembros por familia

## **LOCALIDAD : Rancas**

### **Ubicación**

El caserío de Rancas esta ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huarí, departamento de Ancash, a 5 Km., en línea recta, al sur de la zona urbana del distrito de San Marcos, en la margen derecha del río Mosna aproximadamente en las coordenadas 8943500 N y 262500 E UTM, con una altitud aproximada de 3350 msnm.

### **Clima**

El clima del caserío de Rancas es templado, correspondiente a un valle interandino, con temperatura promedio de 18°C.

La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm.

### **Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Rancas es mediante una carretera asfaltada de 365 Km. hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay, desde aquí también mediante carretera asfaltada de 35 Km. hasta el Túnel Cahuish, luego 42 Km. de carretera afirmada hasta el caserío de Huarimayo, a partir del cual se camina 0.5 Km. cruzando el río Mosna, en dirección del distrito de Chavin de Huantar, para encontramos con el caserío de Rancas.

Existe otro acceso desde la capital del distrito de San Marcos que es a través de una trocha carrozable en la margen derecha del río Mosna, aproximadamente 20 minutos en camioneta rural y una hora a pie, pasando por el caserío de Quishu, que dista 5 km. del caserío Rancas.

### **Educación**

Rancas cuenta con un con local de PRONOEI para niños entre 3 y 5 años, con 16 alumnos y una animadora, además cuenta con un Centro Educativo de nivel Primaria N° 86464 para niños entre 1° y 4°, con 40 alumnos y 2 profesores.

### **Salud**

Cuentan con dos promotores de salud que se encargan de realizar labores educativas y preventivas además de transferir pacientes al Centro Medico de San Marcos, las enfermedades más frecuentes son neumonías, diarreas y enfermedades de la piel.

### **Vivienda**

En Rancas hay un total de 81 viviendas, 68 de ellas están habitadas, la totalidad de las viviendas son de muros de tierra compactada, tápiales o adobones con techo de teja o calamina.

Las viviendas se encuentran distribuidas en cinco sectores: Huarcon, Pariayoc, Rancas Alto, Rancas Centro y Huamayoc.

### **Actividad económica**

El caserío de Rancas cuenta como en la mayoría de los caseríos con una economía de subsistencia, basada en dos actividades fundamentales: la agricultura en secano y riego (octubre a febrero siembran y de abril a julio cosechan) de productos como la papa y el maíz, y la crianza de ganado criollo como son las ovinos, porcino, vacunos, cuyes y animales menores, cuya venta les permite adquirir semillas y peones para la siembra de los productos, existiendo escasos tejedores.

### **Población**

El Caserío de Rancas cuenta con 313 habitantes que corresponden a 81 familias, teniendo como promedio a 3.9 miembros por familia

**LOCALIDAD : Runto****Ubicación**

El caserío de Runto, se encuentra ubicada arriba entre las márgenes izquierda del río Carash y el margen derecho del Río Mosna. Pertenece al distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash. Geográficamente se ubica entre las coordenadas 8945500MN y 264000ME UTM.

Su altitud respecto al nivel del mar es de 3300 msnmClima

El clima es templado, correspondiendo a un valle interandino Quechua, con lluvias entre los meses de Septiembre hasta Abril.

La temperatura promedio es 18° y la precipitación anual se estima superior a los 500 mm.

**Vías de comunicación**

No cuenta con carretera. El acceso al caserío Runto es mediante 2 Km de camino de herradura que parte desde la ciudad de San Marcos. El acceso a la ciudad de San Marcos desde la Capital de la República de Lima es con 365 Km de carretera asfaltada hasta la localidad de Cátac, distrito de Recuay y desde aquí mediante carretera afirmada de 70 Km hasta la capital distrital de San Marcos.

**Educación**

Runto cuenta con los servicios educativos de:

PRONOI cuenta con 19 niños y una promotora

Primaria hasta el Cuarto grado con 62 alumnos, y con 02 profesores.

Alfabetización , con 20 adultos la mayoría mujeres . y una promotora

La educación Secundaria lo reciben en los de San Marcos.

**Salud**

Los servicios de salud lo reciben desde el Centro de Salud de San Marcos, en forma directa, cuentan también con un promotor de salud de la localidad para cumplir los programas específicos como vacunaciones.

Las enfermedades más frecuentes son las bronquitis, neumonías, gripes resfríos, diarreas y parásitosis sobre todo en los niños.

### **Vivienda**

Runto cuenta con número total de 77 viviendas, la totalidad son de muros de tierra compactada ó adobones, con techos de teja ó calaminas. La mayoría es de un solo piso. Ninguna vivienda tienen acabados interiores y exteriores la mayor parte son rústicas, se ubican dispersos, en cuatro sectores importantes: Cochapampa, Pampa, Rucus y Chuquin.

### **Actividad económica**

El caserío de Runto se mantiene de la agricultura. Las siembras de los cultivos agrícolas lo realizan entre los meses de Octubre a Mayo y casi la totalidad es en seco, salvo el riego de pequeños huertos. Se cultivan el maíz y la papa, principalmente. La otra actividad lo constituyen la crianza de animales como ovejas, charchos y animales menores.

Existe otra actividad de tallado en cuero (talabartería) preparando sillas de montar ó monturas y aparejos de cabalgar que comercializaban en toda la región. Algunos van desde la preparación de cuero. (curtiembre hasta los acabados). Esta actividad van en descenso quedando actualmente cerca de 20 personas que tienen este oficio.

### **Población**

El Caserío de Runto cuenta con 385 habitantes que corresponden a 77 familias, teniendo como promedio a 5 miembros por familia

### **LOCALIDAD : Salvia**

#### **Ubicación**

El caserío de Salvia está ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, Departamento de Ancash, en la margen derecha del río Mosna..

#### **Clima**

El clima del caserío de Salvia es templado, correspondiente a un valle interandino, con temperatura promedio de 18°C.

La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm

### **Vías de comunicación**

Se conecta con la capital distrital a través de una trocha carrozable que llega hasta el cruce con la carretera principal que continúa a Chavín y a San Marcos. Dista aproximadamente una hora en vehículo y 4 horas a pié hasta la capital distrital

### **Educación**

En Salvia no existe ningún servicio educativo, los pocos niños que habitan en este caserío asisten a la escuela de Pichiu-Quinuarajra que queda a diez minutos a pié.

### **Salud**

Los pacientes acuden al Puesto de Salud de Pichiu-San Pedro, cuentan con un promotor de salud.

Las enfermedades más frecuentes que afectan a la población, principalmente a los niños, son la infecciones respiratorias agudas (IRAS) y las enfermedades diarreicas agudas (EDAS), también se presentan casos de enfermedades de la piel.

### **Vivienda**

En Salvia existen 33 viviendas, de las cuales 29 están habitadas. Las viviendas son de material rústico propio de la zona como el tapial y el adobe con techo de tejas y algunas de calamina y se ubican en los barrios de Shiraucro, Salvia Centro y Wicush.

Las viviendas están mayormente concentradas, lo que facilita las reuniones y otras actividades con las familias.

### **Actividad económica**

Las familias se dedican principalmente a la agricultura de subsistencia en minifundios, y también crían animales de raza criollo que representan su fuente de ahorros y de lo cual pueden disponer cuando es necesario.

En cuanto a ganado, crían ovejas, cabras, cerdos, caballos y vacunos.

Actualmente están recibiendo apoyo de la institución Cáritas de Huari para la crianza familiar de cuyes, con lo cual mejoren su nutrición e ingresos económicos.

**Población**

El Caserío de Salvia cuenta con 111 habitantes que corresponden a 29 familias, teniendo como promedio a 3.8 miembros por familia

**LOCALIDAD : Tupec****Ubicación**

El caserío de Tupec esta ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, aproximadamente en las coordenadas 8°9'45,000 N y 265,000 E UTM y a una altura media de 3,500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

**Clima**

El clima del caserío de Tupec es templado, correspondiente a un valle interandino, con temperatura promedio de 18°C. La temporada de lluvia corresponde a los meses de Noviembre a Abril, presentándose una precipitación anual estimada superior a los 500 mm.

**Vías de comunicación**

El acceso desde la ciudad de Lima al caserío de Tupec es mediante una carretera asfaltada de 365 Km. hasta el distrito de Catac, provincia de Recuay, desde aquí también mediante carretera asfaltada de 35 Km. hasta el Túnel Cahuish, luego 39 Km. de carretera afirmada hasta el distrito de San Marcos. Desde este punto existen dos vías de acceso al caserío de Tupec, el primero de ellos es pasando por el caserío de Runto por un camino de herradura de 2.5 Km. de longitud, y el segundo de ellos por un trocha carrozable de 2 Km. de longitud hasta el caserío de Carash, y 0.5 Km. por un camino de herradura.

**Educación**

Cuentan con un Centro Educativo Primario N° 86854 para niños del 1° al 4° grado de primaria, con un solo docente y 21 alumnos.

**Salud**

Cuentan con una promotora de salud que se encarga de realizar labores educativas y preventivas a las familias del caserío, además de transferir pacientes al Centro Médico de San Marcos. Las enfermedades más frecuentes son las infecciones respiratorias agudas, neumonías, casos de diarreas sobre todo en los niños

**Vivienda**

En Túpec existen 34 viviendas, de las cuales 28 están habitadas, éstas están construidas de material de adobe o tapia (adobes grandes), con techos de tejas y calaminas, predominan las viviendas particulares de tipo domestico con espacio destinado para el corral de animales y el huerto familiar.

**Actividad económica**

En el caserío de Tupec la mayoría se dedican a la agricultura con cultivos de papa, trigo, cebada, alverjas, maíz. La crianza de ganado ovino, aves de corral y animales como el cuy, conejo para la venta al mercado como ayuda al consumo familiar.

**Población**

El Caserío de Tupec cuenta con 129 habitantes que corresponden a 32 familias, teniendo como promedio a 4 miembros por familia

## ANEXO N° 2



## DIAGNOSTICO DE LOS RESERVORIOS DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS

### LUCMAPAMPA

#### Descripción

Se ubica en el lugar denominada Lucmapampa, el área se encuentra cercada, fue construido el año 1993, para reemplazar un antiguo reservorio cuya capacidad era de 30 m<sup>3</sup> que luego de la construcción quedó fuera de servicio.

De acuerdo a su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio de cabecera, en este reservorio se almacena una parte de las aguas que provienen del manantial Lucmapampa con un caudal aproximado de 2.95 Lps.

El reservorio de Lucmapampa es una estructura que tiene una base de sección cuadrada de 5,00 m de lado y 2,70 de altura, haciendo un volumen total de 67.5 m<sup>3</sup>, la altura máxima de agua es de 2.55 m, el volumen útil es de 63 m<sup>3</sup> tomando en cuenta de que las paredes y el techo miden 0.20 m de espesor.

La entrada de inspección es circular y de diámetro 0.60 m que está protegido con una tapa de fierro, además cuenta con 2 tubos de ventilación de fierro galvanizado de 75 mm de diámetro.

La caseta de válvulas es de sección cuadrada de 1,20 m. de lado y 1,50 m. de altura, se encuentran instaladas cuatro válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce

Todas las tuberías son de PVC, los diámetros de las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose son de 100 mm.

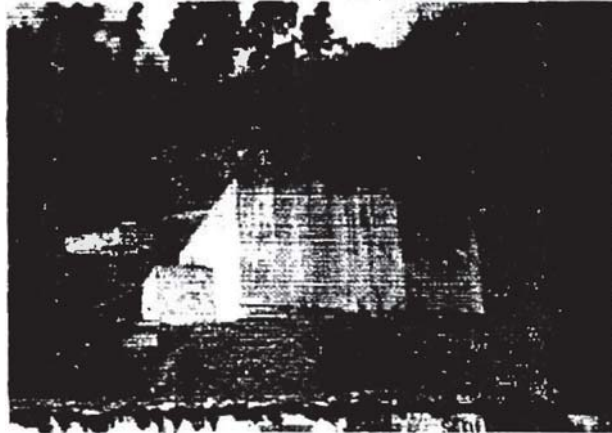
#### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, el ducto de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, la tubería de ventilación no cuenta con malla de protección.

La tubería de aducción a la salida del reservorio se encuentra en la superficie del terreno sin ningún tipo de protección y expuesto al calor teniendo en cuenta que es de material PVC. Lo mismo ocurre con la tubería de rebose.

La caseta de válvulas es reducida para que una persona pueda operar cómodamente, las válvulas de compuerta no cuentan con uniones flexibles tipo dresser o bridas para su desmontaje.

Reservorio Lucmapampa



Fuente: Municipalidad de San Marcos

### **Reservorio Tukuwagan**

#### **Descripción**

Está ubicado en la zona urbana de San Marcos a un costado del cementerio, en un lugar parcialmente cercado, su construcción fue financiada por FONCODES en el año 1999, según información proporcionada por los representantes municipales

El reservorio de Tukuwagan cuyo volumen útil es de 92 m<sup>3</sup>, tiene una altura máxima de agua de 2.87 m, su base es de sección circular cuyo diámetro es 6.40 m y su altura total es de 3.24 m. el ingreso por la parte superior tiene un diámetro de 0.60 m protegida por una tapa sanitaria de metal, asimismo cuenta

con dos tubos de fierro galvanizado que sirve como ventilación cuyo diámetro es de 100.

La caseta de válvulas se ubica al lado del reservorio, en el cual existe espacio donde se encuentran el equipo para dosificación de cloro a gas en desuso.

Las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose se encuentran dentro de la caseta de válvulas y son de fierro galvanizado de 100 mm de diámetro.

### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en regular estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación sin malla de protección.

La caseta de válvulas se encuentra a buen recaudo y asegurado con puerta de metal que evita el ingreso y la manipulación por personas extrañas.

Todas las uniones son del tipo flexible.

La desinfección mediante el cloro gas no ha prosperado por la simple razón de que es un elemento de difícil obtención en la localidad, asimismo el acceso al reservorio es demasiado accidentado. Como en muchos casos se ha realizado gastos innecesarios ya que el equipo se encuentra en desuso y malográndose.



Fuente: Municipalidad de San Marcos

## Reservorio Carhuayoc

### Descripción

El reservorio de Carhuayoc se encuentra ubicado en el sector del mismo nombre, en el cual existe un cerco de alambre y postes de concreto prefabricado que protege la instalación de manos extrañas ya que es una zona accesible a las personas y animales, el sistema de abastecimiento de agua fue ejecutada en el año 1994 por FONCODES que fue mejorado en la caseta de válvulas y las tapas sanitarias para un mejor manejo del mismo.

De acuerdo a su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio de cabecera, en este reservorio se almacena las aguas que provienen de la captación con un caudal aproximado de 3.5 Lps.

El reservorio de Carhuayoc es una estructura que tiene las siguientes dimensiones interiores: 2.20 m x 2.20 m y 1.65 m de altura, haciendo un volumen útil de 8.0 m<sup>3</sup>, el espesor del muro es de 0.15 m y de la losa del techo es de 0.15 m.

La entrada de inspección tiene como medidas 0.60 m x 0.60 m que está protegido con una tapa de fierro, además cuenta con 1 tubo de ventilación de PVC de 75 mm de diámetro sin su respectiva malla de protección.

La caseta de válvulas tiene las siguientes dimensiones: 1.15 m x 1.10 m y 0.95 m de altura y con un espesor de 0.15 m, además cuenta con su respectiva tapa sanitaria de fierro corrugado es de sección cuadrada de 0.80 m. de lado, se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce

Todas las tuberías son de PVC, los diámetros de las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose son de 2", 2", 4" y 4" respectivamente.

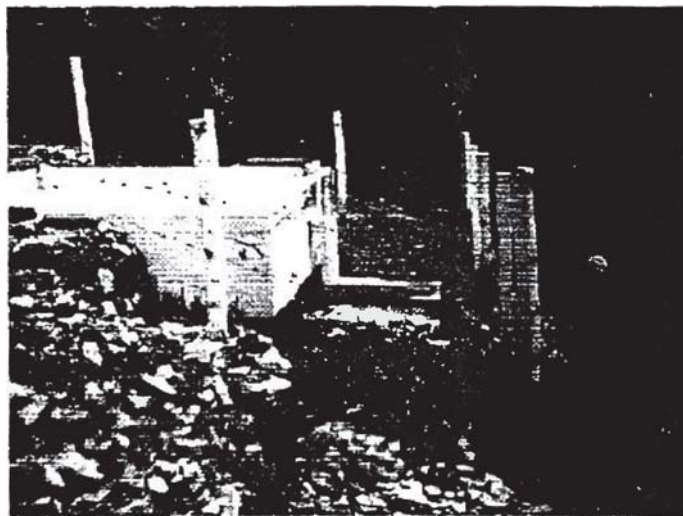
### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en regular estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación sin malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

Todas las uniones son del tipo flexible.

A pesar de contar con la protección debida, se le debe de dar el mantenimiento respectivo.



## **Reservorio de Pacash**

### **Descripción**

El reservorio de Pacash se encuentra ubicada en la misma localidad, en el cual el área se encuentra cercada por un alambrado y postes de concreto prefabricado que evita que extraños puedan ingresar y manipular.

Por su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio apoyado, en este reservorio se almacena el agua que viene a un caudal de 0.5 l/s.

El reservorio es una estructura que tiene una base de sección cuadrada de 2,00 m de lado y 1,25 de altura, haciendo un volumen total útil de 5 m<sup>3</sup>, tomando en cuenta de que las paredes tienen un espesor de 0.20 m y el techo es de concreto armado de espesor de 0.20 m.

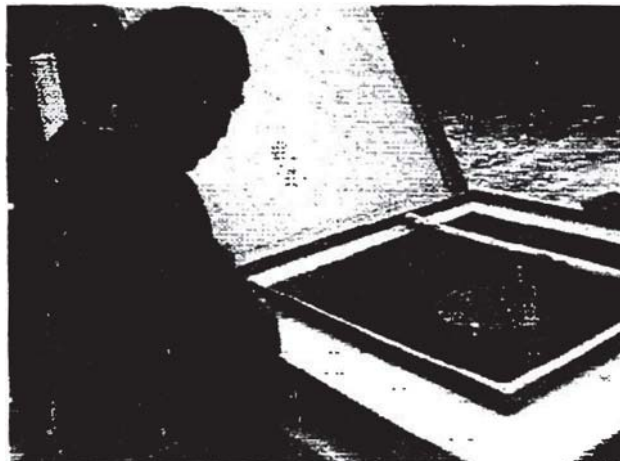
La entrada de inspección es cuadrada de lado igual a 0.60 m que está protegido con una tapa de fierro , además cuenta con 1 tubo de ventilación de fierro galvanizado con su respectiva malla de protección de 75 mm de diámetro.

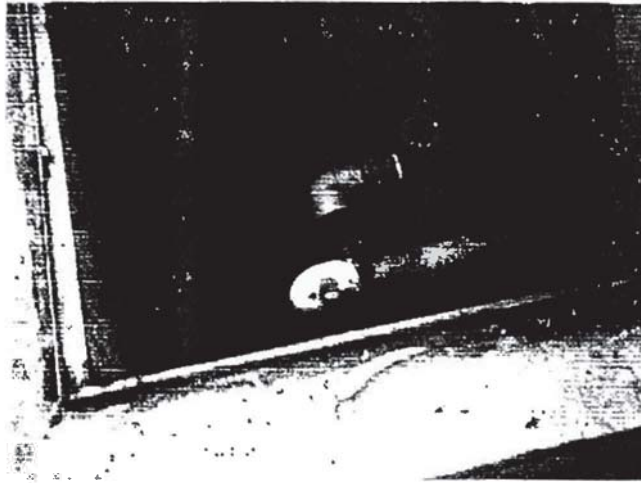
La caseta de válvulas es de sección cuadrada de 1,00 m. de lado y 0.80 m. de altura, se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce, tiene también una tapa de fierro para evitar manipulaciones por extraños.

Todas las tuberías son de PVC, los diámetros de las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose son de 1 1/2" , 1" , 3" , 3" respectivamente .

#### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, el ducto de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, la tubería de ventilación cuenta con malla de protección, se recomienda una vigilancia y mantenimiento más seguido.





## **Reservorio de Runtu**

### **Descripción**

El reservorio de Runtu se ubica en el lugar denominada Sector Pampa, en el cual el área se encuentra cercada por un enmallado que se encuentra deteriorado por ajenos.

Por su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio apoyado, en este reservorio se almacena el agua que viene a un caudal de 0.6 l/s.

El reservorio es una estructura que tiene una base de sección cuadrada de 2,00 m de lado y 1,25 de altura, haciendo un volumen total útil de 5 m<sup>3</sup>, tomando en cuenta de que las paredes tienen un espesor de 0.20 m y el techo es de concreto armado de espesor de 0.20 m.

La entrada de inspección es cuadrada de lado igual a 0.60 m que está protegido con una tapa de fierro, además cuenta con 1 tubo de ventilación de fierro galvanizado de 75 mm de diámetro.

La caseta de válvulas es de sección cuadrada de 1,00 m. de lado y 1,50 m. de altura, se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y

aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce, tiene también una tapa de hierro para evitar manipulaciones por extraños.

Todas las tuberías son de PVC, los diámetros de las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose son de 1", 1 ½" , 3", 3" respectivamente.

### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, el ducto de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, la tubería de ventilación no cuenta con malla de protección, el problema viene a ser el cerco que por acción de extraños se ha deteriorado y es recomendable una vigilancia y mantenimiento más seguido.





## Reservorio de Huancha

### Descripción

El reservorio de Huancha se ubica en el mismo poblado que se encuentra ubicado al margen izquierdo del río Carash.

Por su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio apoyado, en este reservorio se almacena el agua que viene a un caudal de 1.2 l/s. No se encuentra cercado por lo tanto es susceptible a que extraños puedan manipularlo, como ya ha ocurrido algunas veces.

El reservorio es una estructura que tiene una base cuyas dimensiones interiores son 1.63 x 1.62 x 1.26 m dando un volumen útil de 2.51 m<sup>3</sup> que resulta insuficiente para la regulación y su respectiva distribución, los muros tienen un espesor de 12 cm y la losa armada del techo tiene 8 cm de espesor, la entrada para la inspección del reservorio es de 0.62 m x 0.46 m.

Cuenta con una caseta de válvulas muy precaria.

Por las razones de desabastecimiento expuestas, se está poniendo en funcionamiento un nuevo reservorio cuya capacidad útil es de 6 m<sup>3</sup>, que reúne las condiciones necesarias para el normal abastecimiento de agua a la población.

### Evaluación

La estructura del reservorio aún en funcionamiento, se encuentra en mal estado de conservación, incluido la caseta de válvulas, la entrada de inspección es de concreto y no es seguro, está propenso a la manipulación, el reservorio nuevo que es de 6 m<sup>3</sup> de capacidad que recién se pondrá en funcionamiento cuenta con todas los elementos respectivos desde la tapa sanitaria que es de plancha metálica hasta la caseta de válvulas.

Adolece de un cerco perimétrico que se debe construir a fin de evitar manipulaciones por extraños.



## Reservorio de Carash

### Descripción

El reservorio de Carash se encuentra ubicado en el sector denominado Puctó, en el cual existe un cerco que protege la instalación de manos extrañas, éste reservorio fue construido en el año 1995 por FONCODES pero debido al descuido en operación y mantenimiento requería de unos cambios y acondicionamientos que se realizaron posteriormente.

De acuerdo a su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio de cabecera, en este reservorio se almacena una parte de las aguas que provienen del manantial con un caudal aproximado de 2.0 Lps.

El reservorio de Carash es una estructura que tiene una base de sección cuadrada de 2,00 m de lado y 2.25 de altura, haciendo un volumen útil de 5 m<sup>3</sup> hay que tomar en cuenta de que las paredes y el techo miden 0.20 m de espesor.

La entrada de inspección es cuadrada cuyo lado mide 0.60 m que está protegido con una tapa de fierro, además cuenta con 1 tubo de ventilación de fierro galvanizado de 75 mm de diámetro.

La caseta de válvulas es de sección cuadrada de 1,0 m. de lado , se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce

### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación cuenta con malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

A pesar de contar con la protección debida, se le debe de dar el mantenimiento respectivo, ya que las tapas de metal están oxidadas, se les recomienda pintarlos con pintura anticorrosivo así como a la estructura del reservorio.



## Reservorio Pichiu San Pedro

### Descripción:

El reservorio de Pichiu san Pedro se encuentra en la zona denominada Paccha, éste reservorio fue construido por FONCODES y entregado a la población en el año de 1995, el mismo que fue acondicionado posteriormente ya que se encontraba deteriorándose debido a la falta de un buen mantenimiento principalmente en los componentes como la tapa sanitaria y la ventilación. El reservorio se encuentra protegido por un cerco perimétrico con alambre y postes prefabricados que necesita su respectivo mantenimiento.

Por las características se trata de un reservorio apoyado cuyo volumen útil es de  $5.5 \text{ m}^3$ , siendo las dimensiones interiores de  $2.05 \text{ m} \times 2.05 \text{ m}$  de base con una altura de  $1.31 \text{ m}$ .

La estructura es de concreto armado de  $0.15 \text{ m}$  de espesor, la entrada para inspección es de  $0.60 \text{ m} \times 0.60 \text{ m}$  el cual está protegida por una tapa sanitaria de metal que impide la manipulación por extraños, además cuenta con 1 tubo de ventilación de fierro galvanizado de  $75 \text{ mm}$  de diámetro.

La caseta de válvulas es de concreto armado cuyas dimensiones interiores son las siguientes:  $0.60 \times 0.51 \times 0.52 \text{ m}$ ., con un espesor de  $16 \text{ cm}$ . los laterales y  $10 \text{ cm}$ . el frente, cuenta con su tapa sanitaria de material de fierro, el cual brinda la seguridad para evitar manipulaciones y robos de los accesorios. Se encuentran instaladas las válvulas de compuerta de bronce tipo mariposa de  $1 \frac{1}{2}''$ . Una para controlar la tubería de limpia y la otra para la tubería de salida, estas conexiones son de tipo flexible.

### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación cuenta con malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

A pesar de contar con la protección debida, se le debe de dar el mantenimiento respectivo, ya que algunas personas inescrupulosas deterioran el cerco perimétrico.

## **Reservorio de Manyampampa**

### Descripción

El reservorio de Manyampampa se ubica en la cota 3,447 m.s.n.m. en el cual, el área está protegida por un cerco de alambre desarrollado en columnas de concreto prefabricadas a fin de evitar contaminación y manipuleo del reservorio y caseta de válvulas por elementos extraños.

Por su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio apoyado, en este reservorio se almacena el agua que viene desde el manantial de Chuchos y Yacurajara con un caudal de 0.25 l/s.

El reservorio es una estructura que tiene las siguientes dimensiones en la parte interna del reservorio: 2.08 x 2.11 x 1.02 m, haciendo un volumen total útil de 4.5 m<sup>3</sup>, los muros armados de las paredes y techo son de 0.15 m de espesor.

La entrada de inspección en el techo es cuadrada de lado igual a 0.60 m que está protegido con una tapa de fierro, además cuenta con una escalera de gato de dos pasos de fierro corrugado de 1/2" y con un tubo de ventilación de fierro galvanizado de 100 mm de diámetro.

La caseta de válvulas es de concreto armado de sección cuadrada de 0.70 m. de lado y con una altura de 0.80 m, el espesor de los muros es de 0.11 m, en ella se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce, la caseta de válvulas tiene también una tapa de fierro para evitar manipulaciones por extraños.

Todas las tuberías son de PVC y las válvulas de compuerta son de bronce de tipo mariposa, los diámetros de las tuberías son: de ingreso 1", de salida 3/4", de limpieza 1 1/2" y rebose de 2".

#### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, el ducto de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, así como la caseta de válvulas, la tubería de ventilación no cuenta con malla de protección, se recomienda una vigilancia y mantenimiento continuo y sostenido en el tiempo.

### **Reservorio de Lucma**

#### Descripción

El reservorio de Lucma se encuentra en la zona del mismo nombre, donde se alimenta de la captación denominado Laurepuquio, éste sistema fue desarrollado por el Ministerio de Salud al principio de los años 1990, el mismo que fue acondicionado posteriormente debido a la falta de agua ya que existían problemas con la fuente en la época de estiaje, en la actualidad el caudal mínimo en la época de estiaje es de 0.09 lps, también existían problemas en los componentes como la tapa sanitaria y la ventilación. Actualmente el reservorio se encuentra protegido por un cerco perimétrico con alambre y postes prefabricados.

El reservorio de Lucma, por las características se trata de un reservorio apoyado cuyo volumen útil es de 2.09 m<sup>3</sup>, siendo las dimensiones interiores de 1.20 m x 1.20 m de base con una altura de 1.45 m.

La estructura es de concreto armado de 0.15 m de espesor, la entrada para inspección es de 0.60 m x 0.60 m el cual está protegida por una tapa sanitaria de metal que impide la manipulación por extraños, además cuenta con 1 tubo de ventilación de fierro galvanizado de 75 mm de diámetro.

La caseta de válvulas es de concreto armado cuyas dimensiones interiores son las siguientes: 0.80 x 0.80 x 0.52 m., con un espesor de 15 cm., cuenta con su tapa sanitaria de material de fierro, el cual brinda la seguridad para evitar manipulaciones y robos de los accesorios. Se encuentran instaladas las válvulas de compuerta de bronce tipo mariposa de 1". Una para controlar la tubería de limpia y la otra para la tubería de salida, estas conexiones son de tipo flexible.

#### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en regular estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación cuenta con malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

A pesar de contar con la protección debida, siempre se le debe de dar el mantenimiento respectivo.

### **Reservorio de Challhuayacu**

#### Descripción

El reservorio de Challhuayacu está ubicado en la zona denominada Sector Centro en el cual, el área está protegida por un cerco de alambre en columnas de concreto prefabricadas a fin de evitar contaminación y manipuleo del reservorio y caseta de válvulas por elementos extraños, ésta estructura fue construido por el Ministerio de Salud en el año de 1985 y fue refaccionado por la ONG CARE PERU en el año de 1988.

Por su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio de tipo apoyado, en este reservorio se almacena el agua que viene desde varios manantiales que en conjunto acumulan un caudal de 0.25 l/s.

El reservorio es una estructura que tiene las siguientes dimensiones en la parte interna: 2.0 x 2.0 x 1.75 m, haciendo un volumen total útil de 7.0 m<sup>3</sup>, los muros armados de las paredes y techo son de 0.15 m de espesor.

La entrada de inspección en el techo es cuadrada de lado igual a 0.60 m que está protegido con una tapa de hierro, además cuenta con un tubo de ventilación de hierro galvanizado de 75 mm de diámetro.

La caseta de válvulas es de concreto armado de con los lados de 0.80 m x 1.0 m y una altura de 0.80 m, el espesor de los muros es de 0.15 m, en ella se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce, las uniones son flexibles y la caseta de válvulas tiene también una tapa de hierro para evitar manipulaciones por extraños.

Todas las tuberías son de PVC y las válvulas de compuerta son de bronce de tipo mariposa, los diámetros de las tuberías son: de ingreso 1 1/2", de salida 1", de limpieza 1 1/2" y rebose de 2".

### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, el ducto de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, así como la caseta de válvulas, la tubería de ventilación no cuenta con malla de protección, se recomienda una vigilancia y mantenimiento continuo.





## Reservorio de Tupec

### Descripción

El reservorio de Tupec está ubicada en el caserío del mismo nombre, donde se alimenta de las captaciones de Saivia Tupec y Tupec con un caudal de 0.15 l/s, el sistema de agua fue ejecutada por FONCODES y entregado a la población en el año de 1996, el mismo que fue acondicionado posteriormente ya que carecía de algunos elementos esenciales adecuados como la tapa sanitaria de metal, tubería de ventilación adecuada, etc. El reservorio se encuentra protegido por un cerco perimétrico con alambre y postes prefabricados.

Por las características se trata de un reservorio de base cuadrada apoyado cuyo volumen útil es de 7.7 m<sup>3</sup>, siendo las dimensiones interiores de 2.30 m x 2.30 m de base con una altura de 1.46 m.

La estructura es de concreto armado de 0.15 m de espesor, la entrada para inspección es de 0.60 m x 0.60 m el cual está protegida por una tapa sanitaria de metal que impide la manipulación por extraños, además cuenta con 1 tubo de ventilación de fierro galvanizado de 75 mm de diámetro.

La caseta de válvulas es de concreto armado cuyas dimensiones interiores son las siguientes: 0.80 x 0.80 x 0.80 m., con un espesor de 0.15 m., cuenta con su tapa sanitaria de material de fierro, el cual brinda la seguridad para evitar manipulaciones y robos de los accesorios. Se encuentran instaladas las válvulas de compuerta de bronce tipo mariposa de 1 ½". Una para controlar la tubería de limpia y la otra para la tubería de salida, estas conexiones son de tipo flexible.

### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación cuenta con malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

A pesar de contar con la protección debida, se le debe de dar el mantenimiento respectivo.

## **Reservorio de Opayaco**

### **Descripción**

El reservorio de Opayaco se encuentra ubicado en el sector del mismo nombrea una cota de 3003.30 m.s.n.m., en el cual existe un cerco de alambre y postes de concreto prefabricado que protege la instalación de manos extrañas, éste reservorio fue construido en el año 1990 por FONCODES que fue mejorado posteriormente debido al funcionamiento inapropiado e implementado para un mejor manejo del mismo.

De acuerdo a su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio de cabecera, en este reservorio se almacena una parte de las aguas que provienen de las captaciones Capulí, Porocsa Rajra 1 y 2 y Turish Puquio, con un caudal total aproximado de 0.7 Lps.

El reservorio de Opayaco es una estructura que tiene una base de sección cuadrada de 2.75 m de lado y 1.55 m de altura, haciendo un volumen útil de 11.7 m<sup>3</sup>, el espesor del muro así como la losa armada del techo es de 0.15 m.

La entrada de inspección es cuadrada cuyo lado mide 0.60 m que está protegido con una tapa de hierro, además cuenta con 1 tubo de ventilación de hierro galvanizado de 75 mm de diámetro con su respectiva malla.

La caseta de válvulas tiene las siguientes dimensiones: 1.35 m x 0.90 m x 0.80 m y con un espesor de 0.15 m, además cuenta con su respectiva tapa sanitaria de hierro corrugado es de sección cuadrada de 0.80 m. de lado, se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce

Todas las tuberías son de PVC, los diámetros de las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose son de 1 ½", 1", 2" y 2" respectivamente.

## Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación cuenta con malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

Todas las uniones son del tipo flexible.

A pesar de contar con la protección debida, se le debe de dar el mantenimiento respectivo.

## Reservorio de Rancas

### Descripción

El reservorio de Rancas se encuentra ubicado en el sector Rancas Alta-Pariayoc, el cual se encuentra ubicado en la cota de 3290.15 m.s.n.m., en el cual existe un cerco de alambre y postes de concreto prefabricado que protege la instalación de manos extrañas ya que es una zona accesible a las personas y animales, el sistema de abastecimiento de agua fue ejecutada en el año 1994 por FONCODES que fue mejorado en la caseta de válvulas y las tapas sanitarias para un mejor manejo del mismo.

De acuerdo a su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio de cabecera, en este reservorio se almacena las aguas que provienen de la captación Ishpag con un caudal aproximado de 1.0 Lps.

El reservorio de Rancas es una estructura que tiene las siguientes dimensiones interiores: 1.95 m x 2.0 m y 1.25 m de altura, haciendo un volumen útil de 4.87 m<sup>3</sup>, el espesor del muro es de 0.13 m y de la losa del techo es de 0.12 m.

La entrada de inspección tiene como medidas 0.55 m x 0.58 m que está protegido con una tapa de fierro, además cuenta con 1 tubo de ventilación de PVC de 50 mm de diámetro sin su respectiva malla de protección.

La caseta de válvulas tiene las siguientes dimensiones: 1.20 m x 1.10 m y 1.15 m de altura y con un espesor de 0.15 m, además cuenta con su respectiva tapa sanitaria de fierro corrugado es de sección cuadrada de 0.80 m. de lado, se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce

Todas las tuberías son de PVC, los diámetros de las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose son de 1", 1", 2" y 2" respectivamente.

### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación sin malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

Todas las uniones son del tipo flexible.

A pesar de contar con la protección debida, se le debe de dar el mantenimiento respectivo.

### **Reservorio de Chuyo**

#### Descripción

El reservorio de Chuyo se encuentra ubicado en el sector del mismo nombre, en el cual existe un cerco de alambre y postes de concreto prefabricado que protege la instalación de manos extrañas, éste reservorio fue construido alrededor del año 1990 por FONCODES que fue mejorado posteriormente debido al funcionamiento inapropiado e implementado para un mejor manejo del mismo.

De acuerdo a su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio de cabecera, en este reservorio se almacena las aguas que provienen de la captación con un caudal total aproximado de 0.8 Lps.

El reservorio de Chuyo es una estructura que tiene una base de sección cuadrada de 2.0 m de lado y 1.50 m de altura, haciendo un volumen útil de 6.0 m<sup>3</sup>, el espesor del muro así como la losa armada del techo es de 0.15 m.

La entrada de inspección es cuadrada cuyo lado mide 0.60 m que está protegido con una tapa de fierro, además cuenta con 1 tubo de ventilación de fierro galvanizado de 75 mm de diámetro con su respectiva malla.

La caseta de válvulas tiene las siguientes dimensiones: 0.80 m x 0.90 m x 0.80 m y con un espesor de 0.15 m, además cuenta con su respectiva tapa sanitaria de fierro corrugado es de sección cuadrada de 0.80 m. de lado, se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce

Todas las tuberías son de PVC, los diámetros de las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose son de 1 ½", 1", 2" y 2" respectivamente.

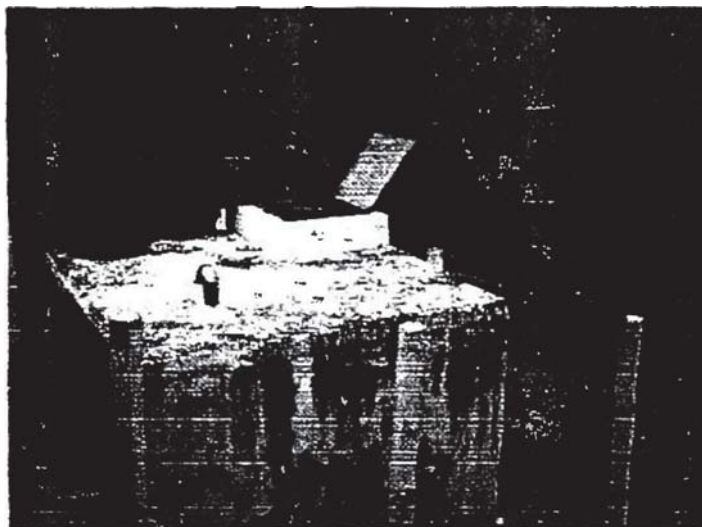
#### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación cuenta con malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

Todas las uniones son del tipo flexible.

A pesar de contar con la protección debida, se le debe de dar el mantenimiento respectivo.



### Reservorio de Quishu

#### Descripción

El reservorio de Quishu se encuentra ubicado en el sector del mismo nombre, el cual se encuentra ubicado en la cota de 3342.26 m.s.n.m., en el cual existe un cerco de alambre y postes de concreto prefabricado que protege la instalación de manos extrañas, el sistema de abastecimiento de agua fue ejecutada por FONCODES en el año 1997 que posteriormente fue mejorado por SUM CANADA – Municipalidad de San Marcos en el sistema de válvulas y las tapas sanitarias para un mejor manejo del mismo.

De acuerdo a su ubicación y funcionamiento se trata de un reservorio de cabecera, en este reservorio se almacena las aguas que provienen de la captación Ishpag con un caudal aproximado de 1.57 Lps.

El reservorio de Quishu es una estructura que tiene las siguientes dimensiones interiores: 2.05 m x 2.05 m y 1.20 m de altura útil, haciendo un volumen útil de 5.00 m<sup>3</sup>, el espesor del muro es de 0.15 m y de la losa del techo es de 0.15 m.

La entrada de inspección tiene como medidas 0.60 m x 0.60 m que está protegido con una tapa de fierro, además cuenta con 1 tubo de ventilación de fierro galvanizado de 75 mm de diámetro con su respectiva malla de protección.

La caseta de válvulas tiene las siguientes dimensiones: 0.67 m x 0.61 m y 0.75 m de altura y con un espesor de 0.11 m, además cuenta con su respectiva tapa sanitaria de fierro corrugado es de sección cuadrada de 0.80 m. de lado, se encuentran instaladas las válvulas de compuerta en las tuberías; de ingreso, aducción, limpieza e interconexión entre las tuberías de ingreso y aducción, las válvulas de compuerta son roscadas y de bronce

Todas las tuberías son de PVC, los diámetros de las tuberías de ingreso, aducción, limpieza y rebose son de 1", 1 1/2", 2" y 2" respectivamente.

### Evaluación

La estructura del reservorio se encuentra en buen estado de conservación, la entrada de inspección cuenta con su respectiva tapa sanitaria, y la tubería de ventilación cuenta con malla de protección.

La caseta de válvulas cuenta con su respectiva tapa sanitaria que evita la manipulación de personas extrañas.

Todas las uniones son del tipo flexible y las válvulas son de bronce.

A pesar de contar con la protección debida, se le debe de dar el mantenimiento respectivo.