

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE CLORO EN LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA, HACIENDO USO DEL MÉTODO DEL NIVEL ESTÁTICO EN RESERVORIO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL DEL CASERÍO EL TAMBO - DISTRITO DE JOSÉ GÁLVEZ-2014

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: David Elias Horna Horna

ASESOR: Ing. Wilson Eduardo Vargas Vargas

Cajamarca - Perú

Diciembre - 2014



Agradeciendo al Divino Dios, por darle sentido y hacer formar parte en esta etapa de mi vida, a mis padres como esencia estructural de la familia que junto con mis hermanos me brindaron la solidez en la realización de este proyecto.

En el devenir del tiempo y ocurrencia de contextos, donde el cual contempla este proyecto de investigación, que con fin de aportar y complementar con experiencias de desarrollo y conocimientos bases en una cultura sostenible, refieren un interés esencial el fomentar la investigación como medio generador del desarrollo cognoscitivo, tal como es en el campo amplio de la Ingeniería Civil; por tal razón el rescatar y agradecer a los docentes de las diferentes áreas de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, por todos los conocimientos brindados en este camino de formación profesional, en especial a mi asesor el Ing. Wilson Eduardo Vargas Vargas, quien de la mano de mi asesor metodológico el Mg. Cs. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre, que quienes con sus aportes, orientación e interés brindado se fundamentó el presente proyecto de investigación, el cual en conjunto se consiguió concretizar.

Agradecimiento especial al presidente de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento del Caserío El Tambo, quien puso a disposición responsable las estructuras del reservorio y captación del Sistema de Agua Potable Rural El Tambo, como finalidad de registro de datos base de esta investigación, así como la facilitación de la información con los registros de la potabilización en el reservorio.

Agradeciendo también a Manuel Escalante Rojas y José Escalante Rojas, amigos del Caserío El Tambo, quienes registraron los datos de campo esenciales para esta investigación.

EL AUTOR



**A LA PATRONA DEL DISTRITO DE JOSÉ GÁLVEZ.
SANTISIMA VIRGEN DEL ROSARIO.**

Que con tu sabiduría supiste alentar a cada uno de tus creyentes, guiándonos en el arduo camino de la vida; que hoy y cada día surgimos con una base de aporte hacia la comunidad; que de aquí a un tiempo regresaremos a formar parte de tu comunidad.

**A MIS PADRES.
FELIX HORNA DIAZ Y GILDA LUZ HORNA MEJIA.**

Por saber conllevar la responsabilidad de ser padres, que con su vivir hicieron integrar a cada uno de sus hijos en esta sociedad cambiante, quienes con su respaldo van logrando su anhelo, LA FAMILIA.

**A MIS HERMANOS.
FELIX, PAULO, LAURA, SARA, FATIMA Y MANUEL.**

Por compartir los momentos de la infancia, verme crecer y verlos crecer, puesto que nunca es tarde para concretizar las metas; por los momentos vividos y por los vivir.



AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.1.1. LA CLORACIÓN COMO MÉTODO DE DESINFECCIÓN.....	7
2.1.2. CONSIDERACIONES PARA LA CLORACIÓN COMO MÉTODO DE DESINFECCIÓN.....	7
2.1.2.1. PRODUCTOS DISPONIBLES.....	7
2.1.2.2. PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS DEL CLORO.....	8
2.1.2.3. MECANISMOS DE LA DESINFECCIÓN CON CLORO.....	9
2.1.3. SISTEMAS DE DESINFECCIÓN.....	10
2.1.3.1. BAJO PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	11
2.1.3.1.1. TANQUE CON VÁLVULA FLOTADOR.....	12
2.1.3.1.2. TUBO CON ORIFICIO EN FLOTADOR.....	12
2.1.3.1.3. SISTEMA VASO/BOTELLA.....	12
2.1.3.2. BAJO PRESIÓN POSITIVA O NEGATIVA.....	12
2.1.3.2.1. BOMBA DIAFRAGMA (POSITIVA).....	12
2.1.3.2.2. DOSIFICADOR POR SUCCIÓN (NEGATIVA).....	13
2.1.3.3. GENERADOR DE HIPOCLORITO DE SODIO IN SITU. ELECTRÓLISIS DE CLORURO DE SODIO IN SITU.	13
2.1.3.3.1. PRODUCCIÓN POR CELDAS CON FUENTE ELÉCTRICA O SOLAR.....	13
2.1.3.3.2. DOSIFICADOR DE CARGA CONSTANTE O POR GOTEO...	14

2.1.3.4. EROSIÓN.....	15
2.1.3.4.1. DE TABLETAS Y PÍLDORAS DE HIPOCLORITO DE CALCIO	
2.1.3.5. DIFUSIÓN.....	15
2.2. BASES TEÓRICAS.....	17
2.2.1. MARCO CONCEPTUAL DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	18
2.2.1.1. INDICADORES SOBRE ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS EN EL CONTEXTO MUNDIAL.	18
2.2.1.2. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO RURAL EN EL PERÚ.....	19
2.2.1.3. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO EN HOGARES DE NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS EN PERÚ 2007-2010.....	20
2.2.1.3.1. DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL EN AGUA.....	20
2.2.1.3.2. DISCUSIÓN.....	24
2.2.1.4. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE RURAL EN REGION CAJAMARCA.....	25
2.2.1.5. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO EN HOGARES DE NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS EN REGION CAJAMARCA.....	26
2.2.1.6. NORMAS BASICAS DE CALIDAD DEL AGUA.....	27
2.2.1.6.1. AGUA DE CONSUMO HUMANO.....	27
2.2.1.6.2. REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	28
2.2.1.7. DESINFECCION Y POTABILIZACION DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	31
2.2.2. DISEÑO DE COMPONENTES DEL SAP.....	34
A. DEMANDA DEL AGUA.....	34
a) PERIODO DE DISEÑO.....	34
b) POBLACIÓN ACTUAL Y FUTURA.....	34
c) DOTACIÓN DE AGUA.....	35
2.2.1.1. DISEÑO LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....	35

2.2.1.1.1. CAUDAL DE DISEÑO.....	35
2.2.1.1.2. CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA.....	36
2.2.1.1.3. TUBERÍAS.....	37
2.2.1.1.4. DIÁMETROS.....	37
2.2.1.1.5. DIMENSIONAMIENTO.....	37
a) LA LÍNEA GRADIENTE HIDRÁULICA (L. G. H.).....	38
b) PÉRDIDA DE CARGA UNITARIA (HF).....	38
c) PRESIÓN.....	38
d) COMBINACIÓN DE TUBERÍAS.....	39
2.2.1.2. DISEÑO DEL RESERVORIO.....	40
2.2.1.3. DISEÑO DEL NIVEL ESTÁTICO EN RESERVORIO.....	42
2.2.1.3.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	42
a) PERDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍA.....	42
b) PERDIDAS LOCALIZADAS.....	43
c) BERNOULLI.....	45
d) EFECTO VENTURI.....	46
e) VASOS COMUNICANTES.....	47
2.2.1.3.2. INTERPRETACIÓN DE DISEÑO DEL NIVEL ESTÁTICO POR VASOS COMUNICANTES.....	50
2.2.1.3.3. INTERPRETACIÓN HIDRÁULICA DEL NIVEL ESTÁTICO.....	51
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	54
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
3.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	57
3.1.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
a) PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	59
b) TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	61
i. INTERPRETACIÓN DE DISEÑO DEL NIVEL ESTÁTICO POR VASOS COMUNICANTES.....	62

ii. DISEÑO HIDRÁULICO DEL NIVEL ESTÁTICO.....	64
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
5.1 CONCLUSIONES.....	80
5.2 RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	84
ANEXOS.....	85



1. Clasificación de equipos de cloración.....	20
2. Perú: cobertura en agua y saneamiento por ámbitos.....	19
3. Perú: Viviendas particulares con ocupantes con déficit de agua y saneamiento básico por tipo de carencia, según provincia.....	25
4. Parámetros de calidad de agua para consumo humano.....	28-41
5. Pérdidas de carga considerando Qmd y diámetro de tubería de PVC.....	44
6. Coeficientes K por pérdidas locales por accesorio.....	45-46



1. Población mundial con y sin acceso a una fuente mejorada de agua potable en 1990, 2004 y 2015.....	18
2. Indicadores de calidad de agua para consumo, según área geográfica en niños menores de cinco años, Perú 2007-2010.....	21
3. Indicadores de calidad de agua para consumo, según ámbito geográfica en niños menores de cinco años, Perú 2007-2010.....	22
4. Interpretación del nivel estático por vasos comunicantes	52-53
5. Interpretación hidráulica del nivel estático.....	54-55
6. Ubicación geográfico caserío El Tambo.....	59-60



Considerando y constatando in-situ el estado situacional del *componente reservorio del Sistema de Agua Potable Rural del Caserío El Tambo*, el cual en su operación presenta flujo de agua de rebose de manera continua en horas de la noche, ante esta situación y por el proceso de tratamiento del agua que en el reservorio se efectúa, se formuló la determinación de la optimización del consumo del cloro en la potabilización del agua mediante el empleo de una innovación tecnológica denominado Nivel Estático, debido a que al producirse pérdidas de agua en el rebose del reservorio, conllevando así desperdicios de cloro como partículas que son arrastrados al entorno exterior del área destinada para el reservorio, generando así pérdidas económicas a la JASS del Caserío El tambo a lo largo del tiempo, e inclusive convirtiéndose un aspecto ambiental contaminando el suelo, flora y cursos de agua naturales cercanos. Es esencial mencionar que debido a que la presión dinámica de llegada al reservorio SAP El Tambo es mínima, el control de flujo de rebose mediante el control del nivel estático se comporta como vasos comunicantes. Frente a este contexto se planteó la determinación del ahorro del cloro como medio sostenible de un Sistema de Agua Potable Rural por Gravedad sin Tratamiento (PT), para lo cual se contó con registro de información de la JASS, el registró en campo de la frecuencia de potabilización, datos de dosis y cantidades de cloro vertidas al reservorio del SAP, así como la determinación de caudales de rebose durante nueve semanas. Según el análisis de los datos se pudo constatar que en el SAP Rural del Caserío El Tambo en el año 2014, que mediante el empleo del Nivel Estático como control se está optimizando en un 10.09 % en el consumo de cloro en el proceso de potabilización de agua para consumo humano, dejando claro la utilización del Nivel Estático en otros SAPs Rurales en donde exista constante pérdida de agua clorada por rebose, reduciendo así la eficiencia del nivel de servicio mediante la cantidad de cloro residual requerida al poblador más alejado; aumentando así potencialmente las enfermedades especialmente en los niños en una comunidad.

Palabras claves: Sistema de Agua Potable Rural, Reservoirio, flujo de rebose, Nivel estático, Potabilización, JASS.

ABSTRACT



Considering and verifying in-situ water reservoir situational status of Rural Water System of the small village El Tambo, which in its operation component has overflow water flow continuously in at night; in this situation and the water treatment process that takes place in the reservoir, determining consumption optimization of chlorine in water purification was made by using a technological innovation called Static Level regard without using it; because the cause lost in the overflow reservoir, which entails loss of chlorine as particles that are entrained to the external environment of the area used for the reservoir, thus generating economic JASS Caserio losses The dairy over time, and even becoming an environmental issue contaminating soil, flora and natural waterways nearby. It is essential to mention because the dynamic pressure of the reservoir SAP arrival Tambo is minimal, the overflow flow control by controlling the static level behave like communicating vessels. Given this context, the determination of the savings of chlorine as a sustainable means of a Drinking Water System Bed Gravity without treatment (PT), for which he had information record JASS, the recorded field frequency is raised water treatment, dose data and amounts of chlorine discharged into the reservoir of the SAP, and the determination of flow overflow for a month and a half. According to the data analysis it was found that the SAP Rural small town El Tambo in 2014, which by using the Static Level and control is optimized by 10.09 % in the consumption of chlorine in the water purification process drinking water, making it clear the use of the Static Level International Rural SAPs where there is constant loss of chlorinated water overflow, thereby reducing the efficiency of the service level by the amount of residual chlorine required to farthest settler; thus potentially increasing disease especially in children in a community.

Keywords: Rural Drinking Water System, reservoir, stream overflow, static level, Purification, and JASS.



Dentro de la conceptualización actual y coyuntura social en estos últimos tiempos, el agua factor vital e imprescindible en el desarrollo sustentable de una localidad, y por ende, el manejo y aprovechamiento óptimo del recurso hídrico, nos llevará a emplear un esquema de sensibilización en el uso del recurso vital; así mismo, en el proceso de tratamiento como es la potabilización del agua en un reservorio de un sistema de agua potable rural, el cual debe complementarse apropiadamente a esta base de optimización tanto en el uso de recursos e insumos empleados por la organización encargada de la administración y mantenimiento de un sistema de agua potable.

Para el entendimiento del presente, es necesario mencionar la importancia de la cloración del agua como proceso para consumo humano, la cual es crítica en comunidades pequeñas y zonas rurales, donde puede ser la única forma de tratamiento asequible. Actualmente, el objetivo de la cloración del agua es asegurar que el consumidor reciba agua esencialmente saludable mediante la destrucción de los agentes patógenos y que mantenga una barrera protectora contra los gérmenes dañinos a la salud humana que se podrían introducir en el sistema de abastecimiento, suprimiendo de esta manera la posterior contaminación microbiológica del agua (Guía de Instalación de Sistemas de Desinfección, COSUDE 2007).

Es por tal por lo antes descrito, y por las frecuentes pérdidas de flujo de agua observada por el rebose del reservorio del SAP Rural El Tambo, en el cual considerando que el flujo de rebose del reservorio tiene contacto con el cloro en el proceso de tratamiento, que sumado a los otros reservorios tales como el SAP Huacapampa Viejo y SAP Huacapampa donde se registran frecuentes pérdidas de flujos de rebose, dando resultado que residuos de cloro son arrastrados como desperdicio de rebose, siendo no aprovechado en la potabilización del agua; frente a esta realidad existen experiencias tal como es el Nivel Estático en reservorio, el cual viene desarrollándose desde del año 2003 por la ONG CARE-PERU, siendo conceptualizada con la finalidad de controlar el flujo de rebose de agua cruda referente

al proceso de potabilización del agua apta para el consumo humano en un reservorio de un Sistema de Agua Potable Rural, considerando que dicho flujo de agua con residuos de cloro es un factor de pérdidas económicas a lo largo del tiempo en un JASS, así como un aspecto ambiental línea abajo del reservorio, el cual en su influencia produce la contaminación del suelo, flora y cauces naturales por efecto del desperdicio de flujo contaminado.

No obstante a la inclusión del Nivel Estático y a su finalidad propuesta, no existen registros de diferencias de consumo de cloro (Con nivel estático y sin nivel estático) en la potabilización del agua en un reservorio agua potable, por tanto no se tiene una cuantificación de ahorro en el proceso de potabilización del agua en lo que al consumo de cloro se refiere; según lo detallado se puede indicar que el uso del N.E (Nivel Estático), tiene una función importante en la optimización del consumo del cloro en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano, enfatizándose en aquellos sistemas donde en sus reservorios frecuente el desperdicio de flujo de agua en su rebose, reiterando que dicho flujo arrastra cloro dosificado (según capacidad de reservorio) el cual debió aprovecharse para el consumo humano, reduciendo así la eficiencia de la potabilización del agua en el reservorio y disminuyendo así la concentración de cloro residual (mg / l) que recibe el poblador más alejado.

Visto los registros a nivel rural en el Perú de niveles de desnutrición infantil y EDA (Enfermedad diarreica aguda), así como los niveles de servicio en un sistema de agua potable rural por gravedad sin planta de tratamiento, surge la necesidad de implantar alternativas de solución en una manera práctica y sostenible en la operación y mantenimiento mediante innovaciones técnicas que permitan optimizar los recursos en la potabilización del agua, entendiéndose que en zonas rurales en horarios nocturnos no se registran consumos del elemento vital, sumado a que en algunos casos como el SAP Rural El tambo, donde el aforo realizado en la captación en época de estiaje es mayor que el caudal de diseño, formando esta diferencia de caudal no aprovechada al rebose del reservorio del SAP, el cual en épocas de lluvia acrecienta comprometiendo los recursos del proceso de potabilización del elemento vital, y disminuyendo la eficiencia del proceso de potabilización puesto que se presentan pérdidas del agente potabilizador tal como es el cloro, es por tal con el

método del nivel estático estamos comprometiendo a una calidad de nivel de servicio con agua potable de calidad.

1.1. Formulación del problema.

¿Cuánto comprende el ahorro del consumo de cloro en la potabilización de agua sin usar el método del nivel estático, respecto al uso del método nivel estático en el reservorio del Sistema de Agua Potable Rural Caserío El Tambo - 2014?

1.2. Justificación de la investigación.

Para fundamentar esta investigación es importante enfatizar la importancia del proceso de cloración en un Sistema de Agua potable Rural, acentuando como medio el de brindar mejor salubridad al agua potable para el consumo humano, es por tal debido a las observaciones de pérdidas frecuentes de flujo de agua en tubería de rebose del reservorio del SAP El Tambo, nos lleva a realizar una comparación de consumos de cloro en la potabilización del agua cruda en reservorio empleando el método del nivel estático; además fundamentando que el flujo de agua de rebose observado es considerable, por tanto el cloro desperdiciado en el flujo de rebose representa a largo plazo una pérdida económica significativa en el proceso de potabilización del agua en el Sistema de Agua Potable rural El Tambo 2014, así como un aspecto ambiental en el entorno.

Se menciona solamente al reservorio del Sistema de Agua Potable Rural El tambo, puesto que en las observaciones realizadas en los SAPs en el entorno del distrito, solamente se cuenta con dos SAPs donde en su operación contempla la adaptación del control del nivel estático dentro del componente reservorio como medio de control de flujo de rebose, considerando el SAP Rural El Tambo y el SAP rural Huacapampa, en donde en este último en horas de la noche el agua para consumo humano es utilizado para riego de parcelas en corrales de sus casas de los usuarios del SAP por razones que este proceso de observación se realizó en época de estiaje, cortando así el flujo de rebose en el reservorio y determinando el consumo de cloro en funciones no contempladas dentro de la operación de un SAP Rural, determinado consumos de cloro no contemplados dentro de los parámetros de diseño:

Según estos condicionantes, se puede determinar una alteración al determinar los datos a comparar; por tanto se procedió a realizar el tratamiento de datos del SAP Rural El Tambo como el SAP más estable en su administración y operación, no perjudicando el agua contemplada para consumo humano del reservorio.

1.3. Alcances o delimitación de la investigación.

Según los alcances de este proyecto la investigación contemplará al reservorio del Sistema de Agua potable Rural del Caserío de El tambo.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Determinar el ahorro de consumo de cantidad de cloro en la potabilización del agua mediante el uso del método de nivel estático en el reservorio del Sistema de Agua Potable Caserío El Tambo - 2014.



2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

La población rural actual del país es de aproximadamente 8 millones de habitantes (35 por ciento de la población total), de los cuales alrededor de 3,0 millones no tienen acceso al agua potable y 5,5 millones carecen de una adecuada eliminación de excretas y aguas residuales.

Del total de localidades con servicio de agua potable, se estima que sólo el 30 por ciento recibe los servicios en condiciones apropiadas en cantidad, calidad y continuidad; que alrededor del 40 por ciento tiene sus servicios con problemas de gestión y su infraestructura encontrándose en mal estado y, que el 30 por ciento restante tiene sus servicios en estado deficiente o no funcionan. En lo que se refiere a condiciones de saneamiento para las comunidades rurales, se estima que un 40 por ciento tiene acceso a una letrina o a un sistema de alcantarillado convencional, pero estos son carentes de sostenibilidad.

La insuficiencia de servicios de agua y saneamiento adecuados en el ámbito rural incide directamente en: mortalidad infantil, elevados índices de prevalencia de enfermedades de transmisión fecal – oral, inasistencia a las escuelas debido a las EDAs o al cumplimiento de la tarea de acarreo del agua y la pérdida de horas-hombre laborales y disminución de la productividad por enfermedades vinculadas a la carencia o mala calidad de los servicios de agua y saneamiento, que afectan la precaria economía del poblador rural.

Para enfatizar el presente documento, es necesario referenciar y considerar cierta información bibliográfica, así como registros de diversas instituciones que contemplen y fundamenten la esencia de la presente investigación, forjando como objetivo fundamental contribuir al conocimiento del sector; en relación a las opciones técnicas sencillas, de bajo costo e innovadoras implementadas en los últimos años, que mediante los cuales se pretende dar acceso al abastecimiento de agua potable de calidad a poblaciones rurales en las distintas regiones naturales del país.

Para entender el meollo del presente documento, es primordial atender al agua como complemento vital en el factor de salubridad y calidad para el nivel de servicio de una comunidad en su Sistema de agua Potable, enfocándose en el apoyo de innovaciones tecnológicas que vienen practicándose con el fin de optimizar el proceso de potabilización, garantizando así una mayor eficiencia en el tratamiento de agua potable para consumo humano.

El Perú al estar constituido en tres grandes regiones geográficas las poblaciones asentadas en estas, presentan características diferentes que responden a su medio ambiente natural y costumbres ancestrales, formándose así una gran variedad de poblaciones rurales con costumbres muy propias, situación que ha obligado al sector a desarrollar una gama de tecnologías apropiadas a cada región teniendo en cuenta aspectos sociales y factores económicos a fin de hacer sostenibles los proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento. Es así que a partir de la década del 60, se inicia en el país el planteamiento de tecnologías, utilizadas en los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento, para las localidades del medio rural que tienen poblaciones hasta 2000 habitantes o hasta 400 viviendas.

La cooperación internacional desde la década de los 80s y a través de ONGs y convenios bilaterales con el Gobierno, viene desarrollando actividades encaminadas a mejorar las condiciones sanitarias de las áreas rurales, mediante la aplicación de tecnologías apropiadas que incluyen facilidades para una mejor gestión, operación y mantenimiento de los sistemas, cuyos resultados están muy poco difundidos.

Desde el 2004 el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a través del Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural (PRONASAR) viene promoviendo la implementación y/o rehabilitación de sistemas de agua y saneamiento rural mediante operadores Técnico Sociales y Supervisores, fortaleciendo a gobiernos locales para que asuman su rol supervisor de las Juntas Administradoras de su jurisdicción, quienes operan y mantienen los sistemas garantizando la sostenibilidad en el tiempo.

Para fines prácticos de ahorro en un SAP Rural, se realizaron mejoras en los componentes de éste, considerando experiencias e investigaciones, que con un fin común contribuyen en la optimización de recursos en la *ejecución, operación y mantenimiento* en un Sistema de Agua Potable Rural por gravedad, acentuándose en mejorar las condiciones y nivel de servicio con el objetivo de brindar el agua de calidad para consumo humano; es así que se detalla ciertas experiencias que complementan el desarrollo sostenible en un SAP Rural.

2.1.1. La cloración como método de desinfección

Es un mecanismo de desinfección de mayor aplicación en los sistemas de abastecimiento de agua rural, debido a que:

- Es accesible.
- Tiene alta capacidad oxidante que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica
- Tiene potencia germicida de espectro amplio
- Tiene propiedades residuales.
- El equipo para su dosificación es usualmente sencillo, confiable y de bajo costo.
- Además, en el ámbito de pequeñas comunidades hay varios dosificadores de “tecnología apropiada” que resultan fáciles de usar y de aceptar por los operadores locales.
- Los productos basados en el cloro se consiguen fácilmente
- Es económico y
- Es eficaz con relación a sus costos.

2.1.2. Consideraciones para la cloración como método de desinfección.

2.1.2.1. Productos disponibles.

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

- Cloro gaseoso (no aplicable al ámbito rural) El uso de cloro gas no es recomendable para caudales menores a 500 m³/día, lo que a una dotación de 100 litros por habitante por día, típica del medio rural, significa que el cloro gas solo es recomendable para poblaciones mayores de 5,000 habitantes.
- Cal clorada.

- Hipoclorito de sodio.

- Hipoclorito de calcio.

2.1.2.2. Propiedades de los productos del cloro

Las diversas variedades comerciales del cloro se obtienen por métodos diferentes, y de ellos dependen la concentración de cloro activo, su presentación y estabilidad. En el siguiente cuadro se listan las principales propiedades de cada una de estas variedades.

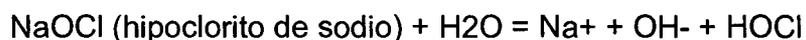
. Propiedades de los productos del cloro.

Nombre y formula	Nombre comercial o común	Aspecto	% Cloro activo	Estabilidad en el tiempo	Seguridad	Envase usual
Cal clorada CaO.2CaCl 2O. 3H2O	Cal clorada, Polvo blanqueador, hipoclorito de calcio, cloruro de cal	Polvo blanco seco	15 a 35%	Media. Se deteriora rápidamente cuando se expone a temperatura alta, humedad y/o luz solar. Pérdida de 1% al mes.	Corrosivo	Latas de 1.5 kg Tambores de 45 - 135 kg Bolsas plásticas o de papel de 25 - 40 kg, otros.
Hipoclorito de sodio NaClO	Hipoclorito de sodio, blanqueador líquido, lejía, agua lavandina, agua sanitaria	Solución líquida amarillenta	1 a 15% como máximo. Concentraciones mayores a 10% son inestables.	Baja. Pérdida de 2- 4% por mes; mayor si la temperatura excede los 30°C	Corrosivo	Diversos tamaños de botellas de plástico y vidrio, y garrafones
	Hipoclorito de sodio por electrólisis <i>in situ</i>	Solución líquida amarillenta	0.1 - 0.6 %	Baja	Oxidante	Volumen variable
Hipoclorito de calcio Ca(ClO)2.4 H2O	HTH, Perclorón	Polvo, gránulos y tabletas. Sólido blanco	Polvo: 20 - 35% Granulado: 65 - 70% Tabletas: 65 - 70%	Buena. Pérdida de 2- 2.5% por año	Corrosivo. Inflamación posible al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.	Latas de 1.5 kg, tambores 45 - 135 kg, baldes de plástico

2.1.2.3. Mecanismos de la desinfección con cloro

La cloración del agua potable se lleva a cabo en la práctica mediante el burbujeo del cloro gaseoso o mediante la disolución de los compuestos de cloro y su posterior dosificación. El cloro en cualquiera de sus formas, se hidroliza al entrar en contacto con el agua, formando ácido hipocloroso (HOCl) de la siguiente forma:

En el caso del hipoclorito de sodio, la reacción que tiene lugar es:

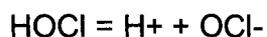


O en el caso del hipoclorito de calcio y la porción activa de la cal clorada, la reacción es:



Durante el proceso químico de la desinfección, se producen compuestos tales como cloraminas, dicloraminas y tricloraminas en presencia de amoníaco en el agua. Las cloraminas sirven igualmente como desinfectantes aunque reaccionen de una manera sumamente lenta. Asimismo, se forman el ácido clorhídrico (HCl) y los hidróxidos de calcio y sodio, los cuales no participan en el proceso de desinfección.

La especie desinfectante es el ácido hipocloroso (HOCl), el cual se disocia en iones hidrógenos (H⁺) e hipoclorito (OCl⁻) y adquiere sus propiedades oxidantes:



Ambas fracciones de la especie son microbicidas, y actúan inhibiendo la actividad enzimática de las bacterias y virus, y produciendo su inactivación.

Tanto el ácido hipocloroso (HOCl) como el ión hipoclorito (OCl⁻) están presentes hasta cierto punto cuando el pH varía entre 6 y 9 (el rango usual para el agua natural y potable).

Cuando el valor de pH del agua clorada es 7.5, el 50% de la concentración de cloro presente será ácido hipocloroso no disociado y el otro 50% será ión hipoclorito.

Los diferentes porcentajes de HOCl y OCl⁻ a diferentes valores de pH pueden verse en la figura. Las diferentes concentraciones de las dos especies significan una considerable diferencia en la propiedad bactericida del cloro, ya que estos dos

compuestos presentan diferentes propiedades germicidas. En realidad, la eficiencia de HOCl es por lo menos 80 veces mayor que la del OCI-.

Por esta razón, cuando es monitoreado el cloro del agua, es aconsejable vigilar el pH, ya que esto dará una idea del potencial real bactericida de las especies desinfectantes presentes. La turbiedad es otro factor importante de tener en cuenta al momento de la desinfección, ya que una excesiva turbiedad reducirá la efectividad por absorción del cloro, y por otro lado protegerá a las bacterias y virus de su efecto oxidante.

2.1.3. Sistemas de desinfección

La selección del equipo dosificador o alimentador de cloro, tal como se había mencionado, depende de tres factores:

- Las características del producto clorado.
- La dosis de cloro en el agua.
- El caudal del agua a desinfectar.

Con base en estos factores es posible clasificar algunos de los equipos más usados, de la siguiente manera:

Cuadro N° 7. Clasificación de equipos

Clasificación	Equipo dosificador	Producto	Rango de servicio (habitantes)
Cloro gaseoso (No aplicable a sistemas rurales por su costo)	A presión (directo) Al vacío (Venturi o cycctor)	Gas Cloro Gas Cloro	5.000 habitantes a grandes ciudades
Solución	Bajo presión atmosférica, de carga constante		
	Tanque con válvula de flotador Tubo con orificio en flotador Sistema vaso /botella	Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca	< 5.000
	Bajo presión positiva o negativa		
	Bomba de diafragma(positiva) Dosificador por succión(negativa)	Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca	[2.000 – 300.000]
	Generador de hipoclorito de sodio <i>in situ</i>		< 5.000 hab.
Sólido	Dosificador de erosión Otros dosificadores (flujo difusión)	Hipoclorito de Calcio Cal clorada	[2.000 – 50.000] < 2.000

2.1.3.1. Bajo presión atmosférica

Fuera del gas, todos los otros productos químicos basados en el cloro son líquidos o siendo sólidos pueden ser disueltos y usados como una solución. Ésta es la manera más popular de desinfectar en el medio rural. Es sencilla, fácil, económica y pueden usarse muchos dispositivos de tecnología apropiada disponibles. Existen varias maneras de alimentar una solución, y con base en ello se pueden clasificar a los equipos dosificadores según su fuerza de impulsión. Así se tiene a aquellos que trabajan bajo presión atmosférica y aquellos que trabajan bajo presión positiva o negativa.

En el caso de los dispositivos que trabajan bajo presión atmosférica se han diseñado de carga variable como el dosificador de paletas en canal o el de rueda de Arquímedes.

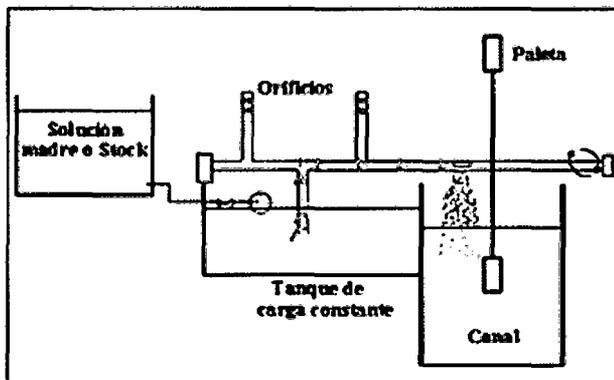


Fig. 3. Dosificador de paletas en canal

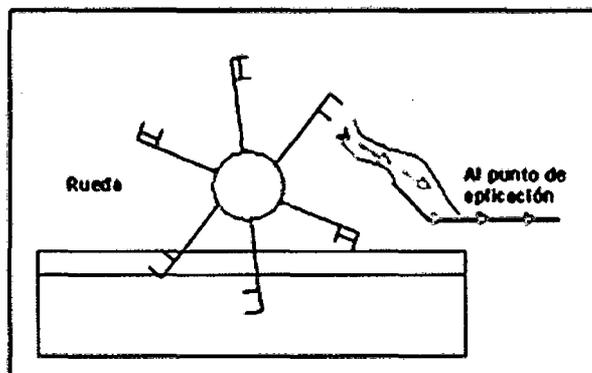


Fig. 4. Rueda de Arquímedes

Sin embargo, los más usados han sido los que operan bajo el principio de "carga constante" debido fundamentalmente a su mayor precisión y confiabilidad. Un sistema de carga constante está compuesto de dos elementos: un tanque de carga constante que contiene una solución stock a ser dosificada y un mecanismo de regulación. Aquí se muestran tres de los sistemas más recomendados, los cuales están hechos con materiales fácilmente obtenibles en el ámbito local. De ellos tal vez el más popular ha sido el sistema de tubo con orificio en dispositivo flotante, el cual se utiliza en numerosos países.

2.1.3.1.1. Tanque con válvula flotador

El corazón de este sistema es una válvula de flotador, de la misma clase que la usada en los depósitos de inodoro. Uno o dos tanques contienen la solución stock (o matriz o madre o concentrada) a ser alimentada, y la válvula de flotador se coloca en un tanque pequeño. El sistema, aunque sencillo y barato, es bastante exacto.

2.1.3.1.2. Tubo con orificio en flotador

Se ha usado ampliamente en varios arreglos diferentes. El elemento básico es un tubo de PVC con uno o más orificios. El tubo se fija a un dispositivo flotante y el orificio debe colocarse algunos centímetros debajo del nivel de la solución.

La solución ingresa al tubo y fluye hacia abajo a la tasa deseada de alimentación hacia el punto de aplicación. Una ventaja de este tipo de hipocloradores que no se corroe, debido a que está hecho de tubería plástica, además no hay válvulas que se descompongan, y se limpian fácilmente las obstrucciones producidas por depósitos de calcio o magnesio. La tasa de dosificación se puede ajustar fácilmente con tan solo cambiar la profundidad de inmersión de los orificios. Cuando se diseña, instala y mantiene adecuadamente, este tipo de clorador ha demostrado ser convenientemente exacto y fiable.

2.1.3.1.3. Sistema vaso/botella

Este sistema fue desarrollado en Argentina, para la desinfección de agua en zonas rurales. Consta de un tanque con la solución stock, un elemento de dosificación, conexiones y una válvula de regulación. Este sistema es económico, fácil de construir, operar y preciso.

2.1.3.2. Bajo presión positiva o negativa

2.1.3.2.1. Bomba diafragma (positiva)

Los “dosificadores de presión positiva” trabajan sobre el principio de que la solución de cloro es presurizada encima de la presión atmosférica y posteriormente inyectada a una cañería (tubería) de agua. El sistema de presión positiva más importante es la popular bomba de dosificación de diafragma.

2.1.3.2.2. Dosificador por succión (negativa)

Los “dosificadores de presión negativa” o de succión trabajan sobre el principio de que la solución de cloro es succionada por el vacío creado por un dispositivo Venturi o al conectar el equipo dosificador a una tubería de aducción. El sistema de presión negativa más usado es el dispositivo Venturi, instalándose en la misma tubería presurizada de agua de abastecimiento o en una línea alterna como se mostrará más adelante.

2.1.3.3. Generador de hipoclorito de sodio in situ.

Electrólisis de cloruro de sodio in situ.

Dada su importancia, una desinfección no puede ser intermitente. En tal sentido, el aprovisionamiento continuo del producto desinfectante es un requisito fundamental que deberá ser tomado en cuenta al momento de seleccionar el mecanismo de desinfección.

Es por ello que en pequeñas localidades o comunidades rurales alejadas o de difícil acceso, donde la continuidad del aprovisionamiento de hipoclorito no pueda ser asegurada, ya sea por la disponibilidad del transporte o por la capacidad económica de adquisición en el momento oportuno, una alternativa que deberá ser evaluada es la generación de hipoclorito de sodio in situ.

2.1.3.3.1. Producción por celdas con fuente eléctrica o solar.

Esta técnica consiste en someter una solución de cloruro de sodio de concentración aproximada al 3% a un proceso de electrólisis, lo que permite obtener unos 400 litros al día de una solución estable de concentración alrededor del 0,6% de hipoclorito de sodio. A través de este mecanismo, es posible suministrar agua de calidad adecuada a una población de hasta 5.000 habitantes, ya sea por medio de sistemas convencionales de dosificación en sistemas comunales, o directamente en las viviendas a través de programas de desinfección intradomiciliarios.

Los dispositivos generadores de hipoclorito de sodio in situ requieren de energía eléctrica para su funcionamiento, por lo cual será un requisito contar con una fuente de energía estable. En caso de no contar con la misma, una alternativa de solución será acondicionar el equipo con paneles de energía solar y baterías.

Estos dispositivos hasta hace algunos años eran inadecuados técnicamente para ser aplicados como una alternativa de solución para los países en desarrollo, debido a su complejidad y elevado costo. Sin embargo, debido al uso de nuevos materiales como el titanio para la producción de ánodos dimensionalmente estables (“DSA anodes”), y a mejoras en las fuentes de energía, están comenzando a popularizarse. Para que los generadores de hipoclorito de sodio sean eficaces y apropiados para las condiciones existentes en zonas rurales y pueblos pequeños, tienen que:

- Ser económicos de adquirir, operar y mantener,
- Ser sencillos de operar y mantener,
- Ser fiables y duraderos, con producción uniforme,
- Ser capaces de usar sal de mesa (cloruro de sodio) disponible localmente, y
- Tener una capacidad de producción entre 0,5 y 2,0 kg de cloro activo en un periodo de 24 horas.

Se han desarrollado varios dispositivos comerciales en varios países del mundo, sobre los cuales existe un buen trabajo de evaluación técnica de los más populares preparado por el CEPIS/OPS. La aplicación de estos sistemas deberá regirse por las características y los requisitos del abastecimiento de agua en consideración.

2.1.3.3.2. Dosificador de carga constante o por goteo

Este dosificador por goteo permite dosificar hasta un caudal de 125 ml/s para una concentración de cloro de 0,5% (5,000 mg/l) Este dispositivo tiene una capacidad de tratar caudales hasta de 8 L/s.

Las características de este dosificador son:

Está construida con tubería de PVC para agua y desagüe.

Es desmontable

Su operación es sencilla.

Es resistente a la corrosión

2.1.3.4. Erosión

2.1.3.4.1. De tabletas y píldoras de hipoclorito de calcio

Equipo dosificador por erosión de tabletas y dosificadores de píldoras. Los equipos dosificadores que trabajan bajo el “sistema por erosión” utilizan tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración (HTH), las que se pueden obtener de distribuidores o prepararse localmente comprimiendo mecánicamente polvo de hipoclorito de calcio. Este sistema ha encontrado un lugar importante en la desinfección de abastecimientos de agua para comunidades pequeñas e individuales.

Los equipos son muy fáciles de manipular y mantener, además de ser baratos y duraderos; y las tabletas son más seguras que las soluciones de hipoclorito y el cloro gaseoso, y más fáciles de manejar y de almacenar.

Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Este mecanismo proporciona la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. Según las tabletas se van diluyendo, se reemplazan con otras nuevas que van cayendo por gravedad en la cámara.

La solución de cloro concentrada alimenta un tanque, un canal abierto o un reservorio, según sea el caso.

2.1.3.5. Difusión

Denominado Hipoclorador de flujo difusión. Este dispositivo, desarrollado por el MINSA está construido con materiales de PVC. El CEPIS/OPS ha desarrollado una nueva versión que tiene una capacidad para tratar caudales de 0,35 lt/s, con cloro residual entre 1,62 y 0,57 mg/l.

Este hipoclorador por difusión tiene una altura máxima de 60 cm, la distancia entre agujeros está entre 1,5 ó 3 cm; esto origina dos modelos, los cuales trabajan con caudales comprendidos entre 0,2 a 0,35 lt/s.

La altura efectiva del hipoclorador y la distancia entre los agujeros se determinan a partir de la dosis a aplicar, el cloro residual deseado, el caudal y el número de días de operación del hipoclorador.

Este hipoclorador tiene las siguientes características:

Está construida con tubería de PVC de agua y desagüe

Es desmontable

Su operación es sencilla

Trabaja con hipoclorito de calcio al 30 -35%

En el anexo a.3, se muestran los puntos de aplicación de cada uno de los sistemas de desinfección disponibles. Los anexos a.4 y a.5 muestran la aplicabilidad del cloro y los atributos de los distintos equipos y dosificadores.

2.2. BASES TEÓRICAS.

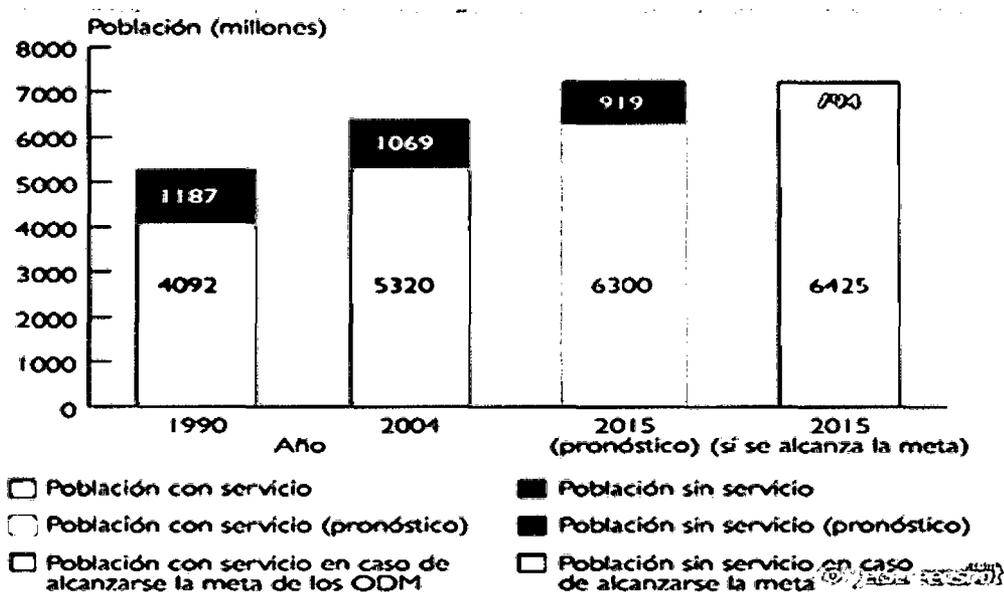
Si bien es cierto que el objetivo general de este proyecto de investigación es: Determinación de la optimización del consumo de cloro en la potabilización del agua en un reservorio de un SAP Rural específico, esto mediante el empleo de una innovación técnica denominado nivel estático; además, el cloro agente potabilizador del agua, el cual su uso es específicamente el de brindar la salubridad y calidad del agua para consumo humano en una comunidad rural, no obstante al prospecto ideal de un Sistema de Agua Potable Rural por Gravedad sin Planta de Tratamiento (Referido a sus componentes físicos y componentes de Administración, Operación y Mantenimiento de tal, basado en su aplicación efectiva mediante la JASS), existe una realidad ajena en un marco mundial el cual se ve reflejado en indicadores estadísticos de desnutrición y enfermedades infecciosas.

Es por tal es necesario complementar a esta investigación con el argumento que el *agua para consumo humano es esencial en el desarrollo de una comunidad rural*, considerando la importancia necesaria en la interpretación de la influencia de los SAPs en las comunidades y su cobertura en éstas; por tanto es necesario describir la expresión de este contexto en su extensión poblacional e indicadores que conllevan a esta realidad, priorizando el uso de agua potable tratada que cumplan los límites permisibles especificados en las Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano.

2.2.1. MARCO CONCEPTUAL DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

2.2.1.1. INDICADORES SOBRE ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS EN EL CONTEXTO MUNDIAL.

Fig.1.1 Población mundial con y sin acceso a una fuente mejorada de agua potable en 1990, 2004 y 2015.



- El número de personas sin acceso a una fuente mejorada de agua potable disminuyó en sólo 118 millones entre 1990 y 2004.

Fuente: Organización Mundial de la Salud y UNICEF, 2007. La meta de los ODM relativa al agua potable y el saneamiento: El reto del decenio para zonas urbanas y rurales.

En comunicado de prensa conjunto: OMS/UNICEF, con fecha 06 de marzo del año 2012, informó que el mundo ha cumplido con los Objetivos de Desarrollo del Milenio(ODM), de reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso al agua potable antes de la fecha límite del año 2015, quedando la meta de saneamiento todavía retrasada.

2.2.1.2. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO RURAL EN EL PERÚ.

El caso de las Sistemas Rurales en el Perú y las Comunidades Indígenas en Colombia, Robinson et al. (2006) comenta que: En un estudio de calidad de agua realizado en 80 sistemas de Abastecimiento Rural, en Perú, concluyeron que sólo el 37.5% realizan cloración y dentro de este grupo hay presencia de coliformes termo tolerantes en muestras tomadas y, esto genera preocupación pues las coliformes en un 12% están en las redes de distribución pero, a nivel intradomiciliario, alcanzan un 67%. De igual modo señalan, que el 63% de los sistemas evaluados, presentan alto riesgo sanitario por la infraestructura y el manejo intradomiciliario del agua. Asimismo, consideran que existen otros factores que contribuyen al deterioro de la calidad del agua, entre los cuales se distinguen factores internos como, organización comunitaria para la administración, operación y mantenimiento, deficiencia en el manejo educativo, hábitos de higiene arraigados en la población, poca disposición de pago por el servicio y otros factores externos como, falta del organismo rector, poca capacitación en educación sanitaria, operación y mantenimiento y, limitaciones para el seguimiento posterior a la implementación de sistemas.

Según ANA, RR.EE (2012), en el Informe País 2012- VI Foro Mundial del Agua, los avances logrados en la ampliación de cobertura de agua y saneamiento a nivel nacional, urbano y rural es el mostrado en la tabla siguiente:

Tabla 1.1. Perú: Cobertura de agua y saneamiento por ámbitos.

Año	Nacional		Urbano		Rural	
	Agua	Saneamiento	Agua	Saneamiento	Agua	Saneamiento
2011	76.1 %	65.2 %	90.0 %	82.0 %	35.4 %	16.1 %
2010	76.0 %	66.2 %	89.0 %	81.9 %	38.8 %	21.3 %

Fuente: Encuesta Nacional de Programas Estratégicos 2010-2011(ENAPRES).
Elaboración: MVCS-OGEI-Unidad Estadística.

2.2.1.3. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO EN HOGARES DE NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS EN PERÚ 2007-2010.

El Gobierno Peruano ha enfatizado estrategias de intervención articulada y políticas nacionales, que conlleven a la reducción de la desnutrición, en coherencia con políticas internacionales como los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que incluyen Reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso sostenible a agua potable. El acceso de la población al agua de calidad es un derecho. La mejora del saneamiento básico de la vivienda reduce la incidencia de enfermedades infecciosas entre 20 y 80%.

Para el año 2009, el abastecimiento por red pública dentro de la vivienda en el Perú, aumentó en 5,9% con relación a lo registrado en el año 2000. La disponibilidad de desagüe por red pública dentro de la vivienda en el 2009 solo alcanzó al 51,6% de la población, siendo 3,5% más que el 2000.

Los países de América Latina no han podido llegar a una cobertura total en abastecimiento y saneamiento de agua. El problema es aún más serio en calidad del agua y protección del recurso hídrico.

2.2.1.3.1. Determinación de cloro residual en agua.

Según Revista Peruana Médica Experimental y Salud Pública. 2010; 27(4): 506-1.

La proporción nacional de niños menores de cinco años en hogares con agua con cloro libre adecuado alcanza a 19,5% (IC95%: 15,9-23,1%), mientras que la correspondiente a agua libre de coliformes y E. coli es de 38,1% (IC95%: 33,6-42,9%).

Se evidencia asimismo, una marcada diferencia entre el área geográfica urbana y rural del país (figura 1). La proporción de niños en hogares con agua con cloro libre adecuado en el área urbana es de 24,2% (IC95%: 19,8-28,5%) y en el área rural es de 0,5% (IC95%: 0,0-1,4%). Con respecto

a la disposición de agua con ausencia de coliformes y *E. coli*, dicha proporción alcanza a 44,4% (IC95%: 39,1- 49,8%) en el área urbana y 4,9% (IC95%: 1,5-8,2) en la zona rural.

La proporción de niños menores de cinco años en hogares con agua con cloro libre adecuado y ausencia de coliformes y *E. coli*, varía por ámbitos geográficos, evidenciando una marcada desventaja para la sierra rural y selva del país (figura 2).

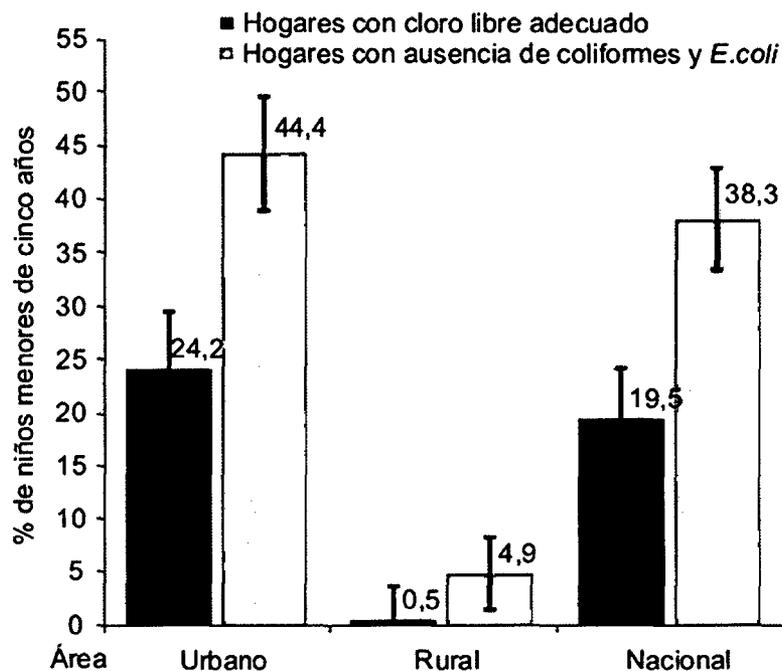


Figura 1. Indicadores de calidad de agua para consumo, según área geográfica en hogares de niños menores de cinco años, Perú 2007-2010.

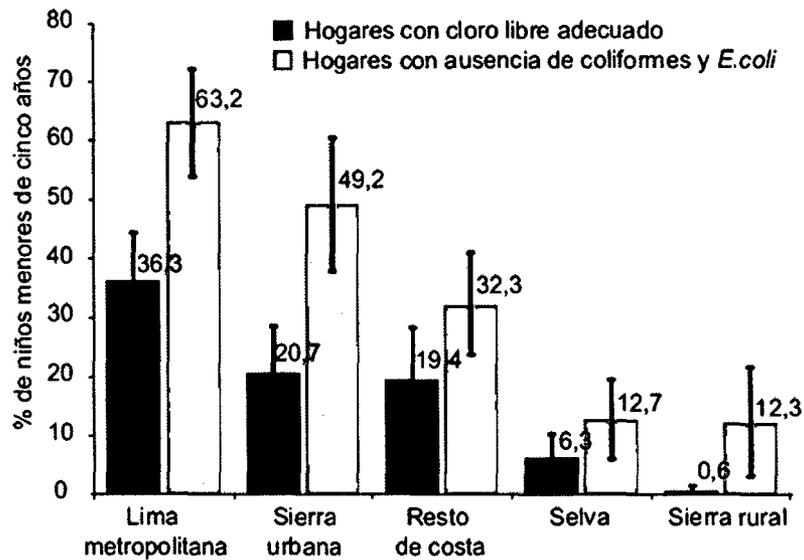


Figura 2. Indicadores de calidad de agua para consumo, según ámbitos geográficos en hogares de niños menores de cinco años, Perú 2007-2010.

La proporción de niños menores de cinco años en hogares con cloro libre adecuado y ausencia de coliformes y *E. coli*, varía según la fuente abastecimiento (figura 3). Así, cuando el agua provino de la red pública dentro de la vivienda, el cloro libre adecuado estuvo presente en 30,2% (IC95%: 25,2- 35,1%); mientras que en el agua de otra procedencia, estuvo presente en el 5,4% (IC95%: 2,7- 8,1%). Con respecto a la ausencia de coliformes y *E. coli*, la mayor proporción se encontró cuando el agua provino de la red pública dentro de la vivienda (52,6%; IC95%: 46,5- 58,7%), en comparación con los que procedían de otra fuente (16,6%; IC95%: 11,7- 21,4%).

Al evaluar la calidad de agua para consumo según el nivel de pobreza, podemos apreciar, tanto para cloro libre adecuado, como para ausencia de coliformes y *E. coli*, un deterioro de las cifras mientras más pobres son los hogares (figura 4).

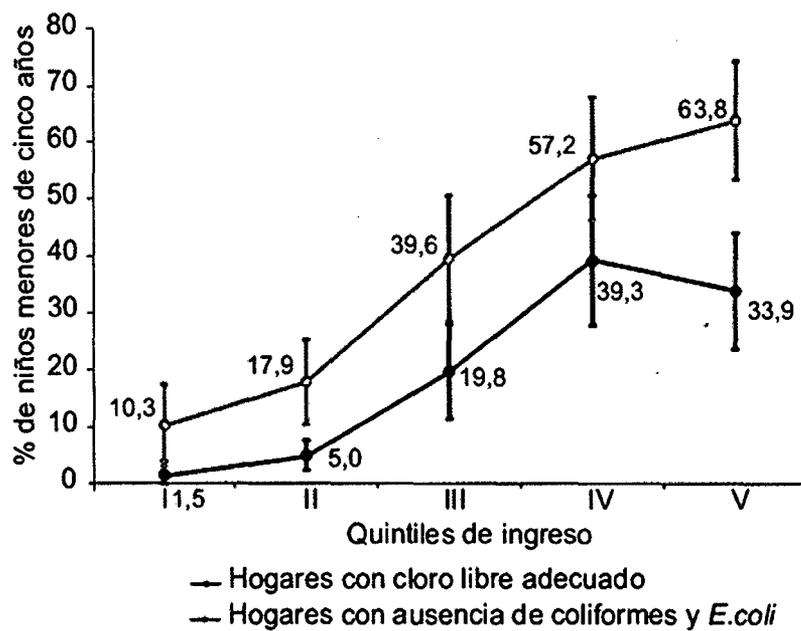


Figura 4. Indicadores de calidad de agua para consumo, según quintiles de ingreso en hogares de niños menores de cinco

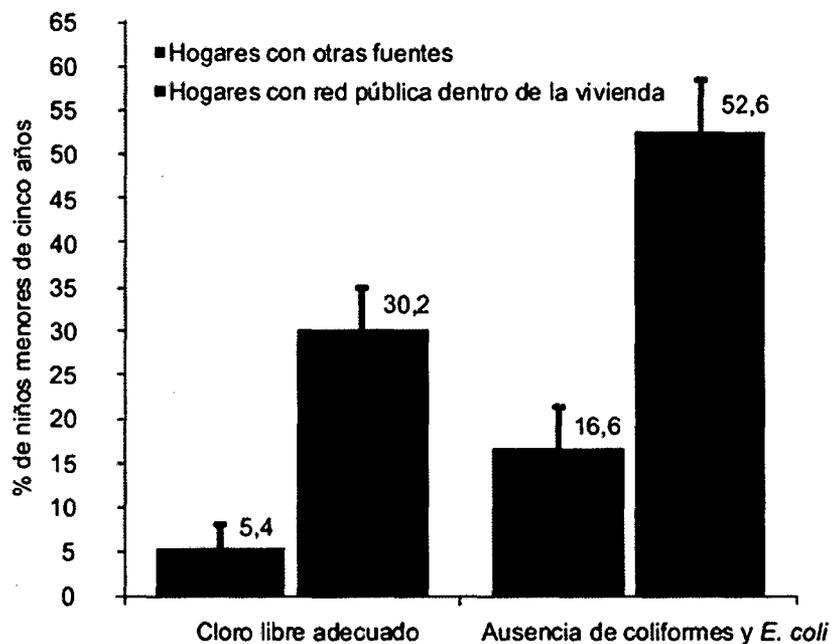


Figura 3. Indicadores de calidad de agua para consumo, según fuente de abastecimiento en hogares de niños menores de cinco años, Perú 2007-2010.

En relación con la evolución de los indicadores en el tiempo (figura 5), podemos apreciar que el cloro libre adecuado muestra una ligera reducción durante el periodo de estudio. Sin embargo, el comportamiento observado se acompaña de una acentuada reducción del indicador de ausencia de coliformes y *E. coli*.

2.2.1.3.2. Discusión.

Los resultados indican que a nivel nacional, aun los hogares con red pública dentro de la vivienda y del quintil más alto de ingresos, tienen problemas en la calidad del agua para consumo, pues presentan cloro libre inadecuado y elevada presencia de coliformes y *E. coli*. Es evidente la marcada desigualdad en estos indicadores en el área rural, ámbitos de sierra y selva, y los quintiles de ingreso más pobres.

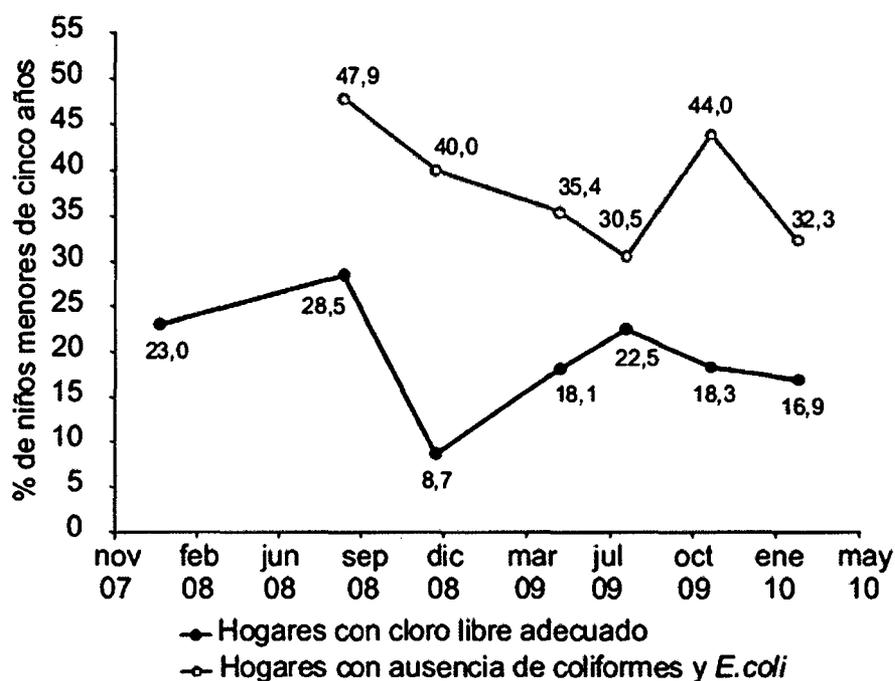


Figura 5. Comportamiento de los indicadores de calidad de agua para consumo en el tiempo en hogares de niños menores de cinco años, Perú 2007-2010.

2.2.1.4. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE RURALEN REGION CAJAMARCA.

Según PROPILAS (2011), la DRVCS administra y tiene operativo el Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento-SIRAS en plataforma web, registrando a octubre del 2011 al 66.4% de la población censada en Agua y Saneamiento, la cual abarcó a ocho de las trece provincias de la Región Cajamarca.

En la tabla siguiente se presenta un resumen estadístico de déficit de agua y saneamiento por provincias de la región Cajamarca, en lo que corresponde a la provincia de Cajamarca se puede apreciar que corresponde al 3.2% en viviendas censadas con ocupantes presentes, esto a nivel provincial.

Tabla 1.2 .Perú: Viviendas particulares con ocupantes presentes con déficit de agua y saneamiento básico por tipo de carencia, según provincia, 2007.

PROVINCIA	TIPO DE CARENCIA							
	TOTAL		UNICAMENTE AGUA		UNICAMENTE SANEAMIENTO		AGUA Y SANEAMIENTO	
	Absolut	%	Absolut	%	Absoluto	%	Absoluto	Total
Cajamarca	38150	100	1232	3.2	22977	60.2	13941	36.5
Cajabamba	14039	100	100	0.7	9212	65.5	4727	33.7
Celendín	17085	100	241	1.4	8479	49.6	8366	49.0
Chota	32102	100	954	3.0	11583	36.1	19565	60.9
Contumaza	6073	100	273	4.5	2592	42.7	3208	52.8
Cutervo	26103	100	1338	5.1	8339	31.9	16426	62.9
Hualgayoc	18488	100	528	2.9	7955	43.0	10005	54.1
Jaén	26922	100	4586	17.0	5652	21.0	16684	62.0
San Ignacio	23375	100	647	2.8	11698	50.0	11030	47.2
San Marcos	10798	100	124	1.1	6828	63.2	3846	35.6
San Miguel	12990	100	352	2.7	6001	46.2	6637	51.1
San Pablo	5077	100	226	4.5	2514	49.5	2337	46.0
Santa Cruz	10571	100	1273	12.0	956	9.0	8342	78.9

Fuente INEI: Censos nacionales 2007. XI de población y VI de vivienda.

2.2.1.5. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO EN HOGARES DE NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS EN REGION CAJAMARCA.

El problema de la desnutrición en Cajamarca, abarca el 43% de los niños menores de 5 años, por lo que, nuestra región se ubica en el tercer lugar con desnutrición crónica infantil en nuestro país. Este alto nivel de desnutrición crónica se debe a que están implicados diversos factores, que van desde malas prácticas de alimentación, deficiencia en los servicios de agua potable y saneamiento, analfabetismo y salud.

El agua no solo interviene en la alimentación humana, sino además es útil en la diseminación de enfermedades transmisibles por lo que el fin del sistema de agua potable, es transportar el agua en forma saneada de agentes extraños, refiriéndonos al agua subterránea y superficial. Este es el caso del proyecto, una población que se encuentra propensa a todo tipo de enfermedades por no contar con servicios básicos de agua potable y saneamiento.

Según la OMS, el 37 % de la población rural y 8 % de la población urbana aún no cuentan con acceso sostenible a una fuente de agua para consumo. La situación es más crítica en cuanto a saneamiento, ya que el 64 % de la población rural y 15 % de la población urbana no cuentan con acceso a sistemas de saneamiento sostenible. Por otra parte la calidad del servicio es deficiente ya que se puede ver que son pocos los sistemas de agua potable que son desinfectados y mantenidos en forma adecuada, lo cual, es consecuencia de una frágil organización de los usuarios, falta de un plan de seguimiento, monitoreo y evaluación por parte de los organismos involucrados en los proyectos de agua y saneamiento.

2.2.1.6. **NORMAS BASICAS DE CALIDAD DEL AGUA.**

Las normas de agua potable indican o fijan límites generales aceptables para las impurezas de las aguas que están destinadas al abastecimiento público (condiciones mínimas de calidad física, química y bacteriológica)

2.2.1.6.1. **Agua de consumo humano.**

El agua de consumo humano es aquella abastecida a cualquier predio para uso doméstico, sea para bebida, cocina, lavado o producción de alimentos debe cumplir con los requisitos que se indican a continuación:

- a) El agua no debe contener ningún elemento, organismo o sustancia (bien sea o no un parámetro reglamentado) a una concentración o valor que en conjunción con cualquier otro elemento, organismo o sustancia (bien sea o no un parámetro reglamentado) puede resultar peligroso a la salud pública;
- b) En el curso del año, el 80 por ciento de los resultados de los análisis correspondientes a los compuestos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua de consumo humano, no deben exceder la concentraciones o valores establecidos;
- c) Ninguna muestra de agua destinada a consumo humano, debe exceder las concentraciones o valores reglamentados para los compuestos que afectan la salud de los consumidores.
- d) El contenido de coliformes totales por 100 mililitros en el total de muestras tomadas a la salida de la planta de tratamiento, fuentes de agua subterránea, reservorios de servicio y/o dentro de las zonas de abastecimiento de agua, deben de cumplir con lo siguiente:
 - i. El 95 por ciento de las muestras no deben contener ningún coliforme total en donde cincuenta (50) o más muestras de agua han sido tomadas en el año; o
 - ii. Cuarenta y ocho (48) de las últimas cincuenta (50) muestras no deben contener ningún coliforme total en donde menos de cincuenta (50) muestras han sido tomadas en el año.

- e) Ninguna muestra de agua destinada a consumo humano debe contener coliformes termotolerantes en 100 mililitros de muestra de agua; y
- f) Donde el agua sea blanda, haya sido ablandada o desalinizada y es abastecida para bebida, cocina o producción de alimentos, debe cumplir con los requisitos mínimos de dureza y alcalinidad establecidos.

2.2.1.6.2. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano
 Según DS N° 031-2010-SA, Dirección General de Salud Ambiental
 Ministerio de Salud, Lima 2011, define lo siguiente:

ANEXO I
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

ANEXO II
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F ⁻ L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

ANEXO III
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrin	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

2.2.1.7. DESINFECCION Y POTABILIZACION DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El cloro es la sustancia más usada en el mundo como desinfectante para el agua de consumo humano. En 1902 se creó la primera planta de tratamiento de agua potable que empleaba cloro en el proceso de desinfección del agua. Fue en Middlekerke, Bélgica.

El cloro es el agente más utilizado en el mundo como desinfectante en el agua de consumo humano, debido principalmente a:

- Su carácter fuertemente oxidante, responsable de la destrucción de los agentes patógenos (en especial bacterias) y numerosos compuestos causantes de malos sabores.
- Su más que comprobada inocuidad a las concentraciones utilizadas.
- La facilidad de controlar y comprobar unos niveles adecuados.

Es fundamental mantener en las redes de distribución pequeñas concentraciones de cloro libre residual, desde las potabilizadoras hasta las acometidas de los consumidores, para asegurar que el agua ha sido convenientemente desinfectada. No obstante, es importante señalar que la ausencia de cloro libre residual no implica la presencia de contaminación microbiológica.

El cloro como agente desinfectante para el agua, los límites permisibles de calidad de agua, hacen que se haga un análisis del uso del cloro en el proceso de desinfección, considerando que según Reglamento Nacional de Construcciones, 2006 describe:

- Cloro residual.

El efluente de la planta deberá tener por lo menos 1 ppm de cloro residual o el necesario para que en el punto más alejado de la red exista no menos de 0.2 ppm. En las localidades en las que exista endemias de enfermedades diarreicas como el cólera, el residual en los puntos más alejados deberá ser de 0.5 ppm.

- Tiempo de contacto.

Se aceptará como mínimo entre 5 a 10 minutos. Siendo deseable un tiempo total de contacto de 30 minutos.

- Compuestos de cloro.
- a) Hipocloritos. Se podrán utilizar como desinfectante los compuestos de cloro tales como el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio.
- b) Hipocloradores de difusión. El hipoclorador por difusión tiene una altura máxima de 60 cm, la distancia entre los agujeros puede ser de 1,5 ó 3 cm; esto origina dos modelos, los cuales trabajan con caudales comprendidos entre 0,2 a 0,3 L/s. La altura efectiva del hipoclorador y la distancia entre los agujeros se determinan a partir de la dosis a aplicar, el cloro residual deseado, el caudal y el número de días de operación del hipoclorador. Este hipoclorador tiene las siguientes características:
 - Está construida con tubería de PVC de agua y desagüe.
 - Es desmontable.
 - Su operación es sencilla.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que no se ha observado ningún efecto adverso en humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable. No obstante, establece un valor guía máximo de cloro de 5 miligramos por litro, y afirma explícitamente que se trata de un valor conservador

Por otro lado, en la normativa española (Real Decreto 140/2003), el cual es aplicable a todos los abastecimientos españoles en materia de criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, el cual establece un nivel máximo de cloro libre residual de 1 miligramo por litro, identificándolo como un parámetro indicador, de modo que su incumplimiento no califica el agua como “no apta para el consumo humano”. Por otro lado, las comunidades autónomas, atendiendo a consideraciones coyunturales, pueden modificar estos límites, y exigir un residual mínimo de cloro residual en el agua.

Según Norma Boliviana 869, Instalaciones de Agua – Diseño de Agua

Potable, diciembre 2004, da las indicaciones que no debe aplicarse cloro en concentraciones mayores a 3 miligramos por litro de cloro, pues produce sabor y olor medicinal que provoca quejas en los usuarios. Concentraciones por encima de 3 miligramos por litro de cloro debe ser justificada por el personal técnico encargado

En el caso peruano referido en, Reglamento de Calidad del agua de Consumo Humano – 1995, describe las siguientes indicaciones:

En el caso de desinfección con cloro:

(i) En el curso del año, el 80 por ciento de los resultados de los análisis correspondiente al contenido de cloro residual libre no debe ser menor a 0.5 mg/l como Cl; y

(ii) Ninguna muestra debe tener una concentración de cloro residual libre por debajo de 0.3 mg/l como Cl;

(d) En aguas que contienen más de 15 unidades de color se aceptará que el contenido de cloro residual libre no sea menor a 0.2 mg/l y ninguna muestra debe tener una concentración menor a 0.1 mg/l.

Teniendo en consideración lo indicado es necesario enfatizar la importancia del tratamiento de agua en un reservorio, puesto que dependiendo de esto se garantizará la salubridad del agua potable para consumo humano, es por tal la optimización del recurso potabilizador y su mayor aprovechamiento en el sistema de agua potable rural resalta la importancia vinculada a la calidad de agua apta para el consumo humano, por tanto cualquier pérdida del agente potabilizador en el reservorio disminuirá la eficiencia del proceso de tratamiento, a lo cual con el Nivel Estático impedirá la pérdida del cloro cuando exista rebose en el reservorio.

2.2.2. DISEÑO DE COMPONENTES DEL SAP.

Para esta investigación es necesario comprometer los componentes físicos involucrados

2.2.1. Diseño línea de conducción.

2.2.2. Diseño de reservorio.

2.2.3 Diseño del Nivel Estático en Reservorio.

A. DEMANDA DEL AGUA

Para el cálculo de la demanda de agua se requiere analizar cuatro variables, que son:

a) Periodo de diseño

Según DIGESA, el periodo de diseño que debe considerarse de acuerdo al tipo de sistema a implementarse es:

Sistema	Periodo (años)
Gravedad	20
Bombeo	10
Tratamiento	10

Debe entenderse sin embargo, que en todos los casos la red de tuberías debe diseñarse para 20 años.

b) Población actual y futura

La población actual se obtendrá de la información de las autoridades locales, relacionándolo con los censos y con el conteo de viviendas y considerando los criterios indicados en el capítulo de información básica.

La población futura, se obtendrá con la fórmula siguiente:

$$Pf = Pa \frac{(1 + r)^t}{1,000}$$

Donde:

Pf : Población futura.

Pa : Población actual

r : Tasa de crecimiento anual por mil

t : N° de años

c) Dotación de agua

La dotación de agua se expresa en litros por personas al día (lppd) y DIGESA, recomienda para el medio rural los siguientes parámetros:

<u>Zona</u>	<u>Módulo (lppd)</u>
Sierra	50
Costa	60
Selva	70

La OMS recomienda los parámetros siguientes:

Población	Clima	
	Frío	Cálido
Rural	100	100
2,000 - 10,000	120	150
10,000 - 50,000	150	200
50,000	200	250

En el Fondo Perú Alemania, se ha considerado las dotaciones siguientes:

Tipo de proyecto	Dotación (lppd)
Agua potable domiciliaria con alcantarillado	100
Agua potable domiciliaria con letrinas	50
Agua potable con piletas	30

lppd = litros por persona al día

2.2.2.1. DISEÑO LÍNEA DE CONDUCCIÓN .

2.2.2.1.1. Caudal de diseño

Para el diseño de líneas de conducción se utiliza el caudal máximo diario (Qmd) para el período del diseño seleccionado.

$$Q_{md}(l/seg) = 1.3 Q_m$$

$$Q_m(l/seg) = \frac{\text{Dotación (lppd)} \cdot \text{Población futura}}{86400 \text{ seg (24h)}}$$

Para considerar:

Caudal máximo horario:

$$Q_{mh}(l/seg) = 2.0 Q_m$$

2.2.2.1.2. Carga estática y dinámica

La Carga Estática máxima aceptable será de 50 m y la Carga Dinámica mínima será de 3 m.

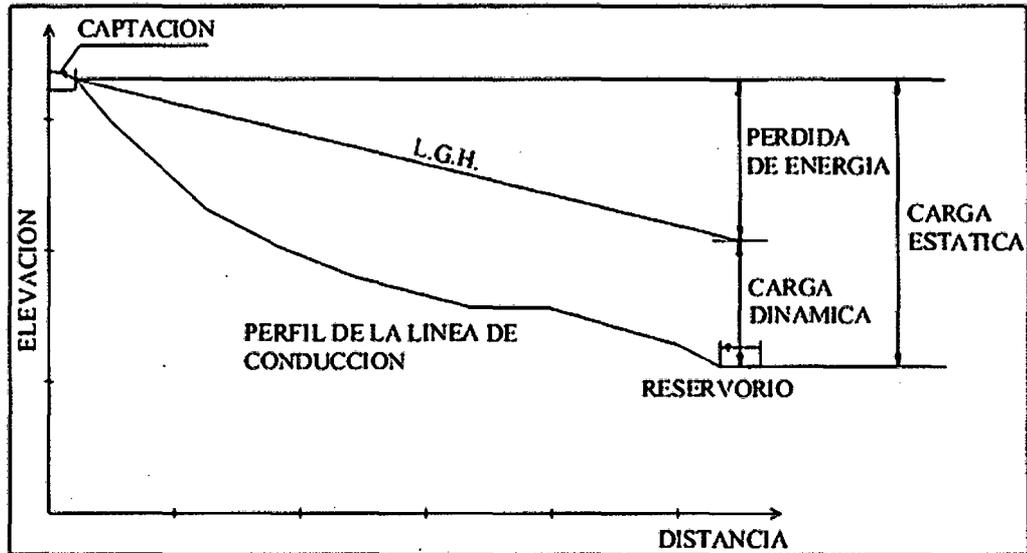


Figura 1. Cargas estática y dinámica de la línea de conducción

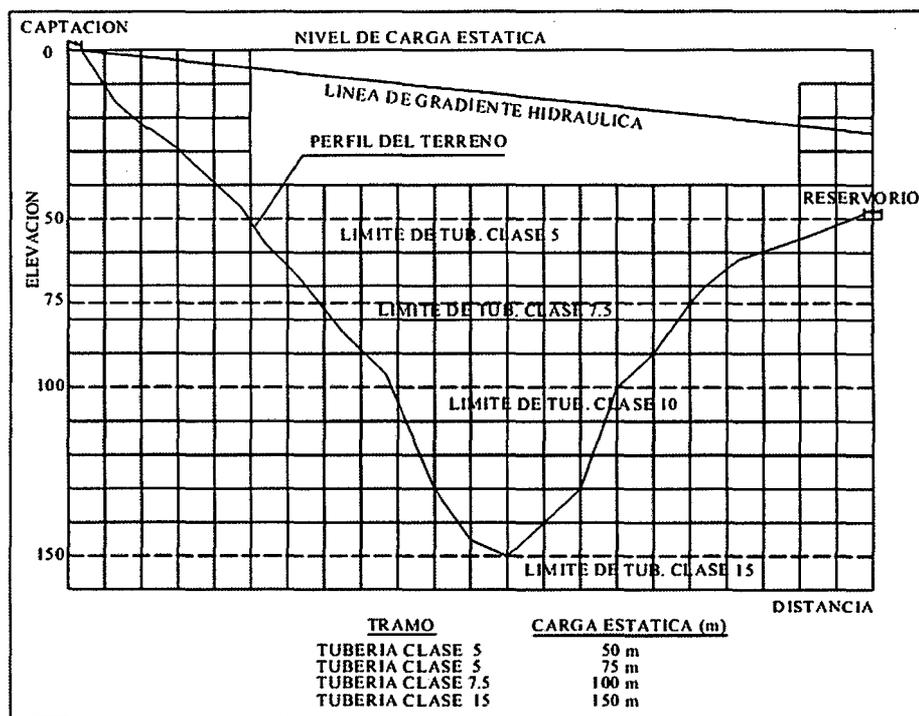


Figura 2. Presiones de trabajo para diferentes clases de tubería de PVC

2.2.2.1.3. Tuberías.

Para la selección de la clase de tubería se debe considerar los criterios que se indican en la figura 2.

2.2.2.1.4. Diámetros

El diámetro se diseñará para velocidades mínima de 0,6 m/s y máxima de 5,0 m/s.

El diámetro mínimo de la línea de conducción es de 3/4" para el caso de sistemas rurales.

2.2.2.1.5. Dimensionamiento

Para el dimensionamiento de la tubería, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

a) La Línea gradiente hidráulica (L. G. H.).

La línea gradiente hidráulica estará siempre por encima del terreno. En los puntos críticos se podrá cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.

b) Pérdida de carga unitaria (hf)

Para el propósito de diseño se considera:

Ecuación de Hazen y Williams.

$$hf = \frac{10.679 Q^{1.85}}{D^{4.87} C^{1.85}}$$

Hf = L. hf.

Donde :

hf : Perdida de carga por metro lineal de tubería

Hf : Perdida de carga total en tramo de tubería.

Q : Caudal de diseño de línea de conducción (Qmd ; m³/s)

D : Diámetro de diseño línea de conducción (m).

C : 140 para tuberías PVC.

c) Presión

En la línea de conducción, la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua. Se determina mediante la ecuación de Bernoulli.

$$Z_1 + P_1/\gamma + V_1^2/2g = Z_2 + P_2/\gamma + V_2^2/2g + Hf$$

Donde:

Z = Cota de cota respecto a un nivel de referencia arbitraria.

P/γ = Altura de carga de presión “P es la presión y γ el peso Especifico del fluido” (m)

V = Velocidad media del punto considerado (m/s).

Hf = Es la pérdida de carga que se produce de 1 a 2

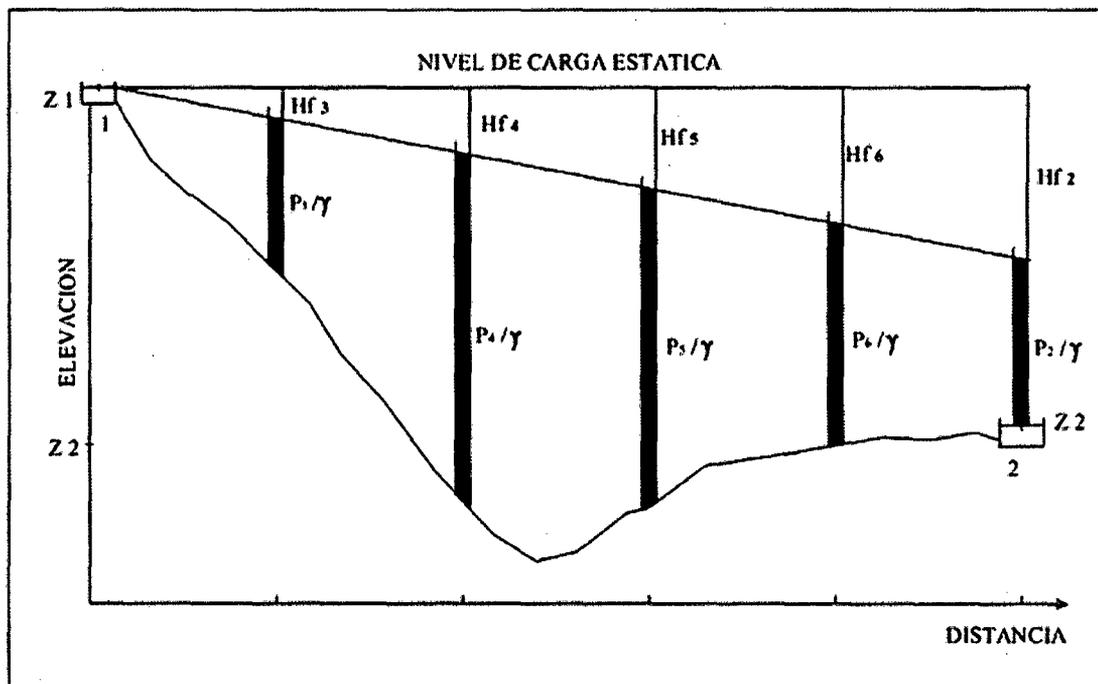


Figura 6. Equilibrio de presiones dispersas

d) Combinación de tuberías

Es posible diseñar la línea de conducción mediante la combinación de tuberías, tiene la ventaja de optimizar las pérdidas de carga, conseguir presiones dentro de los rangos admisibles y disminuir los costos del proyecto.

Se define lo siguiente:

- H_f = Pérdida de carga total (m).
- L = Longitud total de tubería (m).
- X = Longitud de tubería de diámetro menor (m).
- $L-X$ = Longitud de tubería de diámetro mayor (m).
- hf_1 = Pérdida de carga unitaria de la tubería de mayor diámetro.
- hf_2 = Pérdida de carga unitaria de la tubería de menor diámetro.

La pérdida de carga total descada H_f , es la suma de pérdidas de carga en los dos tramos de tubería (figura 7).

$$H_f = hf_2 \times X + hf_1 \times (L-X)$$

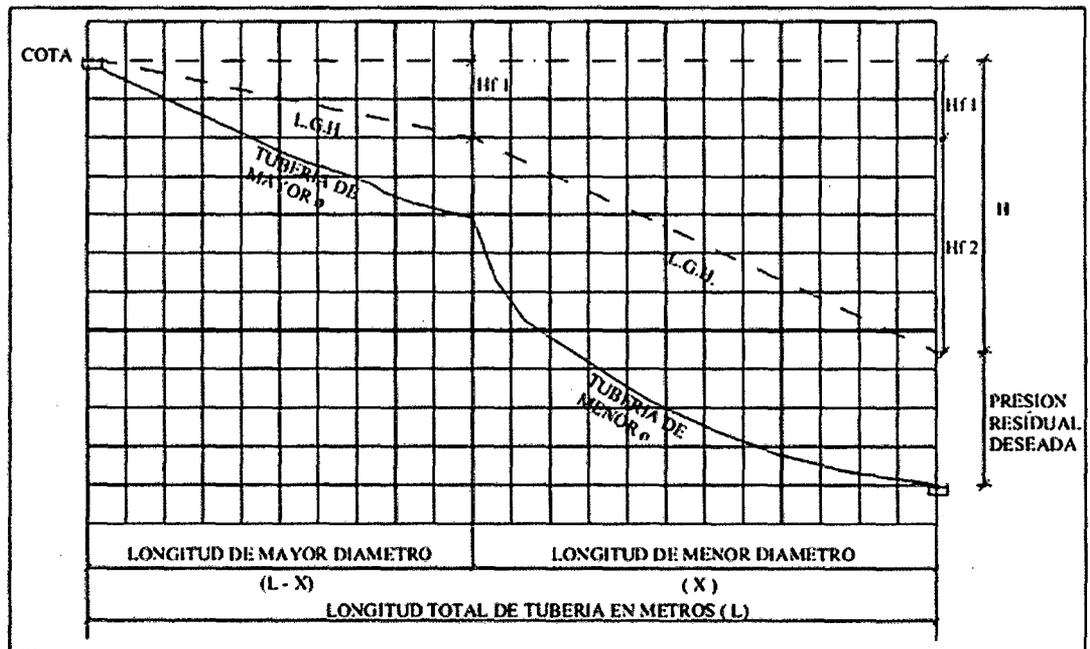


Figura 7. Perfil de la combinación de tuberías

2.2.2.2. DISEÑO DEL RESERVORIO.

Se debe de tener las consideraciones siguientes:

a) Tipo de reservorio

- ✓ Apoyado, cuando se ubica sobre el terreno.
- ✓ Elevado, cuando se ubica sobre estructura de soporte.

b) Objetivos

El reservorio debe cumplir los siguientes objetivos:

- ✓ Suministrar el caudal máximo horario a la red de distribución.
- ✓ Mantener presiones adecuadas en la red de distribución.
- ✓ Tener agua de reserva en caso se interrumpa la línea de conducción.
- ✓ Proveer suficiente agua en situaciones de emergencia como incendios.

c) Capacidad

Se recomienda el 25% del volumen de abastecimiento medio diario (Q md).
Esto equivaldría aun almacenamiento de 6 horas por día (aproximadamente

10 pm a 4 am).DIGESA recomienda 15% en proyectos por gravedad y 20% en proyectos con bombeo.

d) Materiales de construcción

Deben ser de concreto armado.

En reservorios pequeños se puede usar ferro-cemento, hasta un diámetro máximo de 5 m. y altura de 2 m.

e) Forma

Se recomienda el diseño circular por presentar la relación más eficiente de área/perímetro.

f) Componentes

El reservorio comprende el tanque de almacenamiento y la caseta de válvulas.

El tanque de almacenamiento, debe tener los siguientes accesorios:

- ✓ Tubos de entrada, salida, rebose, limpia y ventilación.
Canastilla de protección en tubo de salida.
- ✓ Tubo de paso directo (by-pass) para mantener el servicio durante el mantenimiento del reservorio.
- ✓ Tapa sanitaria y escaleras (externa e interna).
La caseta de válvulas, debe tener los accesorios siguientes:
- ✓ Válvulas para controlar paso directo (bypass), salida, limpia y rebose, pintados de colores diferentes para su fácil identificación.
- ✓ Tapa metálica con seguro para evitar su manipulación por extraños.

2.2.2.3. DISEÑO DEL NIVEL ESTÁTICO EN RESERVORIO.

2.2.2.3.1. Consideraciones de diseño.

Para interpretar el diseño de nivel estático, es necesario describir ciertos criterios de diseño en lo que procedimiento se refiere.

a) Perdidas por fricción en tubería.

Basado en la Ecuación de Hazen y Williams.

$$h_f = \frac{10.679 Q^{1.85}}{D^{4.87} C^{1.85}}$$

$$H_f = L \cdot h_f.$$

Donde :

h_f : Perdida de carga por metro lineal de tubería

H_f : Perdida de carga total en tramo de tubería.

Q : Caudal de diseño de línea de conducción (Q_{md} ; m³/s)

D : Diámetro de diseño línea de conducción (m).

C : 140 para tuberías PVC.

L : Longitud de tramo de tubería(m).

También se puede determinar la perdida de carga de un tramo, considerando la relación del caudal de diseño (Q_{md}), con el diámetro de diseño, según lo detalla el cuadro:

Cuadro: Perdidas de carga considerando Q_{md} y diámetro de Tubería PVC

	Diámetros de Tubería PVC			
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
Hf (m)	$5.5293 L \cdot (Q_{md})^{1.85}$	$0.7675 L \cdot (Q_{md})^{1.85}$	$0.1891 L \cdot (Q_{md})^{1.85}$	$0.0262 L \cdot (Q_{md})^{1.85}$

Donde :
 L Tramo(m)
 Q_{md} (l/s)

b) Pérdidas localizadas

Se consideran pérdidas localizadas, a las pérdidas puntuales producidas por accesorios a lo largo de una tubería:

La ecuación general de pérdidas de carga es.

$$hf_{loc} = K \frac{v^2}{2g}; \quad v = \frac{4Q}{D^2}$$

$$hf_{loc} = 0.0826 \cdot \frac{kQ^2}{D^4}$$

Para lo cual se tiene para diferentes accesorios y adaptaciones:

■ N° de diámetros (L/D) y coeficientes K para diferentes accesorios

Accesorios	L/D	Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		Valores de K												
Válv.de compuerta(abierta)	8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	
Válv.de globo(abierta)	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Válv.de retención horizontal(check)	100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
Válv.de retención horizontal oscilatoria(check)	50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6	
Válv.de pie de disco(de huso)con colador	420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
Válv.de pie de disco con bisagra	75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72	

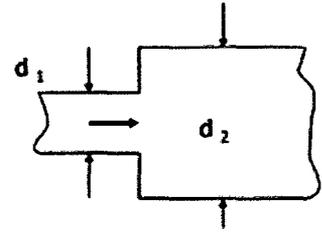
Adaptación de: Cameron Hydraulic data

© 1998 Cameron

Pérdida de carga en un ensanchamiento brusco:

$$H_{ens} = K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad V = \text{velocidad en } d_1$$

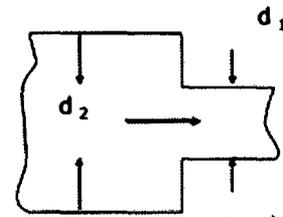
$$K = \left(1 - \left(\frac{d_1^2}{d_2^2} \right) \right)^2$$



Pérdidas de carga en una contracción brusca:

$$H_{cont} = K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad V = \text{velocidad en } d_1$$

$$K = 0.5 \left(1 - \left(\frac{d_1^2}{d_2^2} \right) \right)$$

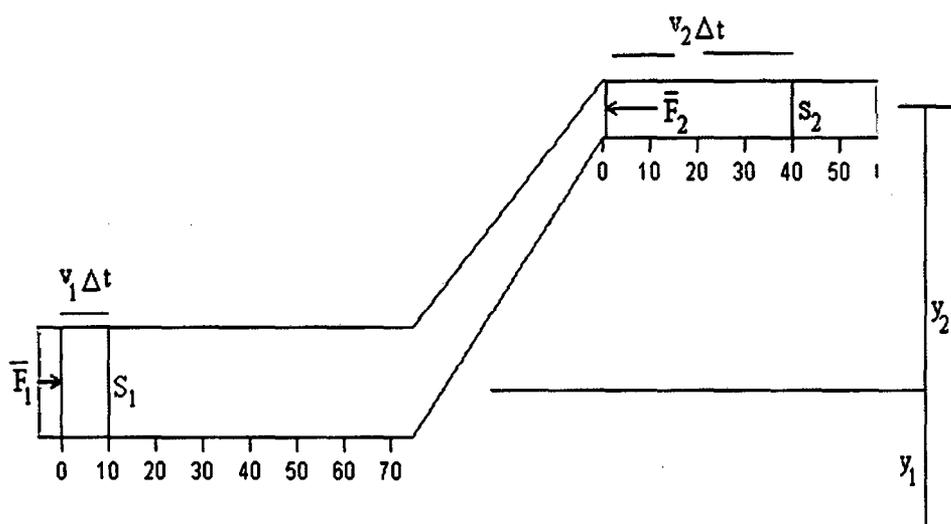


Valores de K, usando $h_{floc} = K \frac{v^2}{2g}$;

	Descripción	Todos los diámetros
		Valores de K
Salida de tubería 	Proyectada	1
	Arista en ángulo recto	
	Aristas redondeadas	
Entrada en tubería 	Proyectada (de borda)	0.78
Entrada en tubería rasante 	Aristas en ángulo recto	0.5
	$r/d = 0.02$	0.28
	$r/d = 0.04$	0.24
	$r/d = 0.06$	0.15
	$r/d = 0.15$ y más	0.04

c) Bernoulli.

Evaluemos los cambios energéticos que ocurren en la porción de fluido señalada en color amarillo, cuando se desplaza a lo largo de la tubería. En la figura, se señala la situación inicial y se compara la situación final después de un tiempo Dt . Durante dicho intervalo de tiempo, la cara posterior S_2 se ha desplazado v_2Dt y la cara anterior S_1 del elemento de fluido se ha desplazado v_1Dt hacia la derecha.



El elemento de masa Dm se puede expresar como $Dm = \rho S_2 v_2 Dt = \rho S_1 v_1 Dt = \rho DV$.

Comparando la situación inicial en el instante t y la situación final en el instante $t+Dt$. Observamos que el elemento Dm incrementa su altura, desde la altura y_1 a la altura y_2

- La **variación de energía potencial** es $DE_p = Dm \cdot gy_2 - Dm \cdot gy_1 = \rho DV \cdot (y_2 - y_1)g$.

El elemento Dm cambia su velocidad de v_1 a v_2 ,

- La **variación de energía cinética** es $DE_k = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$

El resto del fluido ejerce fuerzas debidas a la presión sobre la porción de fluido considerado, sobre su cara anterior y sobre su cara posterior $F_1=p_1S_1$ y $F_2=p_2S_2$.

La fuerza F_1 se desplaza $Dx_1=v_1Dt$. La fuerza y el desplazamiento son del mismo signo

La fuerza F_2 se desplaza $Dx_2=v_2Dt$. La fuerza y el desplazamiento son de signos contrarios.

- El trabajo de las fuerzas exteriores es $W=F_1Dx_1- F_2Dx_2=(p_1-p_2) \square V$.

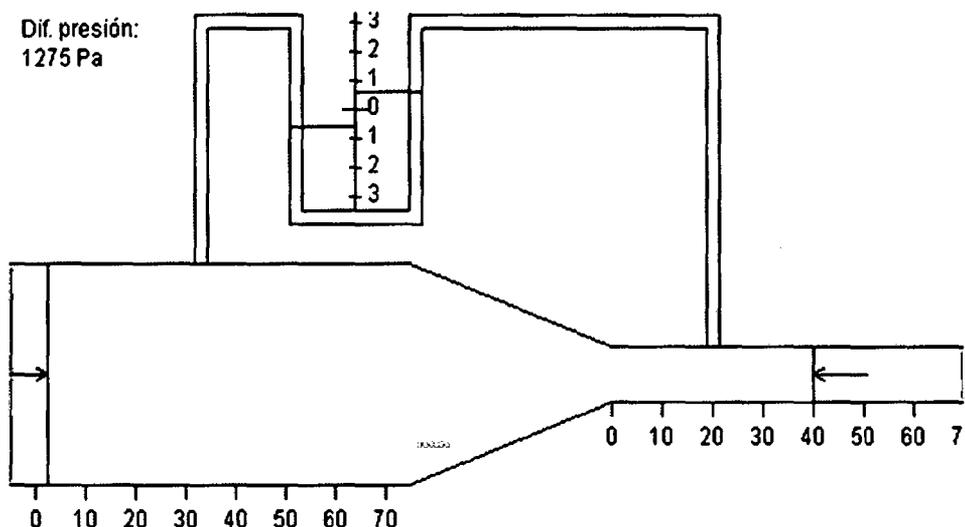
El teorema del trabajo-energía nos dice que el trabajo de las fuerzas exteriores que actúan sobre un sistema de partículas modifica la energía cinética y la energía potencial del sistema de partículas

$$W=\square E_k+\square E_p.$$

Simplificando el término $\square V$ y reordenando los términos obtenemos la ecuación de Bernoulli

$$p_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

d) Efecto venturi.



Cuando el desnivel es cero, la tubería es horizontal. Tenemos entonces, el denominado tubo de Venturi, cuya aplicación práctica es la medida de la velocidad del fluido en una tubería. El manómetro mide la diferencia de presión entre las dos ramas de la tubería.

La ecuación de continuidad se escribe

$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$

Que nos dice que la velocidad del fluido en el tramo de la tubería que tiene menor sección es mayor que la velocidad del fluido en el tramo que tiene mayor sección. Si $S_1 > S_2$, se concluye que $v_1 < v_2$.

La en la ecuación de Bernoulli con $y_1 = y_2$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Como la velocidad en el tramo de menor sección es mayor, la presión en dicho tramo es menor.

Si $v_1 < v_2$ se concluye que $p_1 > p_2$. El líquido manométrico desciende por el lado izquierdo y asciende por el derecho.

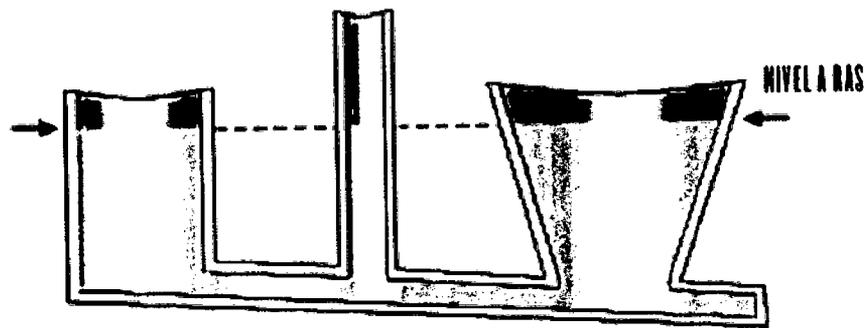
Podemos obtener las velocidades v_1 y v_2 en cada tramo de la tubería a partir de la lectura de la diferencia de presión $p_1 - p_2$ en el manómetro.

$$v_2 = S_1 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(S_1^2 - S_2^2)}}$$

e) Vasos comunicantes

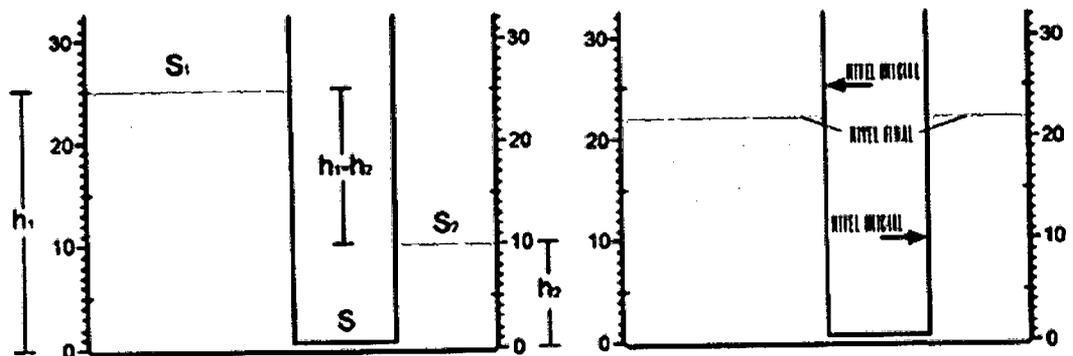
El sistema relacionado con la denominación de vasos comunicantes se constituye por dos o más recipientes unidos entre sí y que contienen líquidos. Dentro de ellos, el nivel del fluido se encuentra por encima de la zona de comunicación entre los vasos y, debido a la presión atmosférica que

soportan, alcanza la misma altura en cualquiera de ellos. La teoría que explica este principio busca establecer las condiciones de equilibrio que lo regulan y a partir de ella se consiguen llevar a la práctica diversas aplicaciones de los vasos comunicantes. Así, encontramos diferentes ejemplos en el funcionamiento del Canal de Panamá o de las canalizaciones del agua.



Teoría de los vasos comunicantes

Galileo estableció los dos principios que la definen: Cuando echamos un mismo líquido dentro de diversos recipientes conectados entre sí, incluso si tienen distinta forma y tamaño, la altura que alcanza es la misma en todos ellos. En cambio, cuando los vasos comunicantes contienen fluidos diferentes que no se mezclan homogéneamente, el más denso llena el tubo de comunicación y las alturas del resto de los recipientes resultan inversamente proporcionales a las densidades de los líquidos.



Del gráfico se tiene:

Dos recipientes de secciones S_1 y S_2 están comunicados por un tubo de sección S inicialmente cerrado. Si las alturas iniciales de fluido en los recipientes h_{01} y h_{02} son distintas, al abrir el tubo de comunicación, el fluido pasa de un recipiente al otro hasta que las alturas h_1 y h_2 del fluido en los dos recipientes se igualan.

Si $h_{01} > h_{02}$, la altura h_1 del fluido en el primer recipiente disminuye y aumenta la altura h_2 en el segundo recipiente. La cantidad total de fluido no cambia, de modo que:

$$S_1 h_1 + S_2 h_2 = S_1 h_{01} + S_2 h_{02} = (S_1 + S_2) h_{eq}$$

Donde: h_{eq} es la altura final de equilibrio.

2.2.2.3.2. Interpretación de diseño del Nivel Estático por Vasos Comunicantes.

Para plasmar el objetivo de este proyecto de investigación es necesario tener en consideración el funcionamiento de esta innovación tecnológica denominado Nivel Estático y por ende la importancia de la optimización del cloro en el tratamiento de agua en el reservorio de un Sistema de Agua Potable Rural.

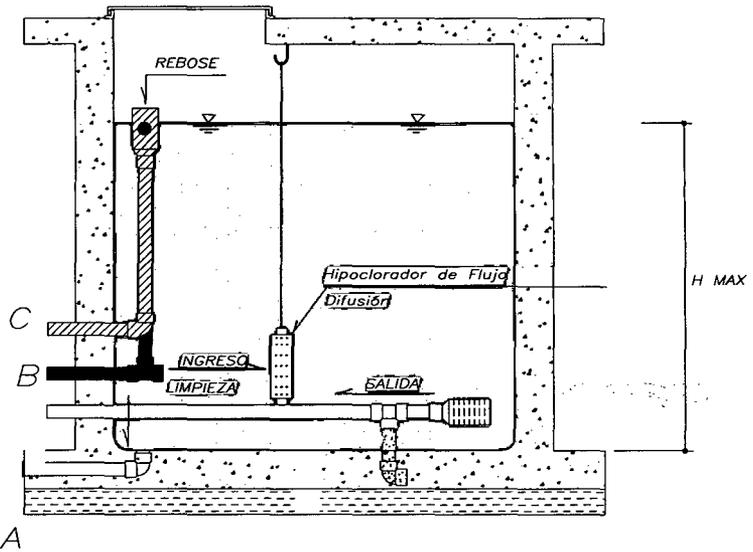
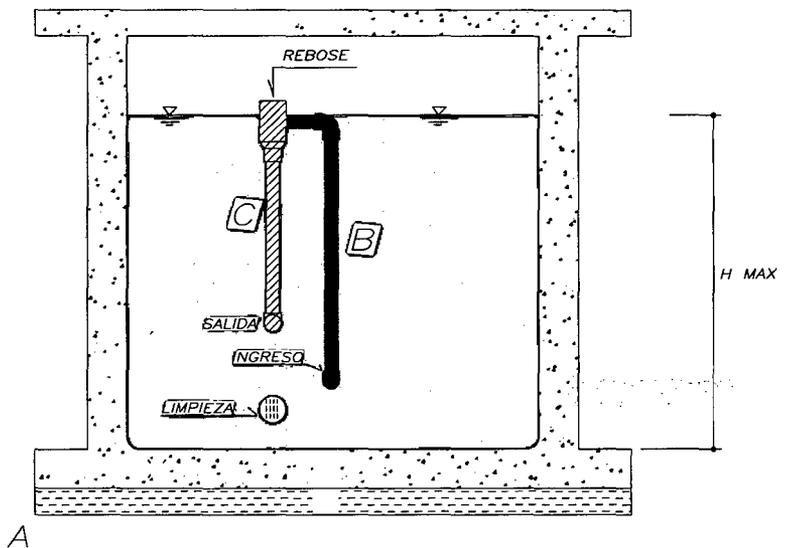


Fig1,2 : Vista de corte de un reservorio con el método nivel estático.



Donde: Agua clorada Agua cruda ingreso Agua cruda rebose

Según los esquemas refleja el funcionamiento del nivel estático:

Considerando el reservorio vacío, el caudal de agua cruda que viene desde la captación mediante la línea de conducción ingresa al reservorio por la tubería B, el cual va llenado la capacidad del reservorio A hasta su máxima capacidad(fig 2), el cual por vasos comunicantes y presiones deriva por el rebose el agua cruda por la tubería C al exterior, de esta manera se la tubería B se convierte una variante

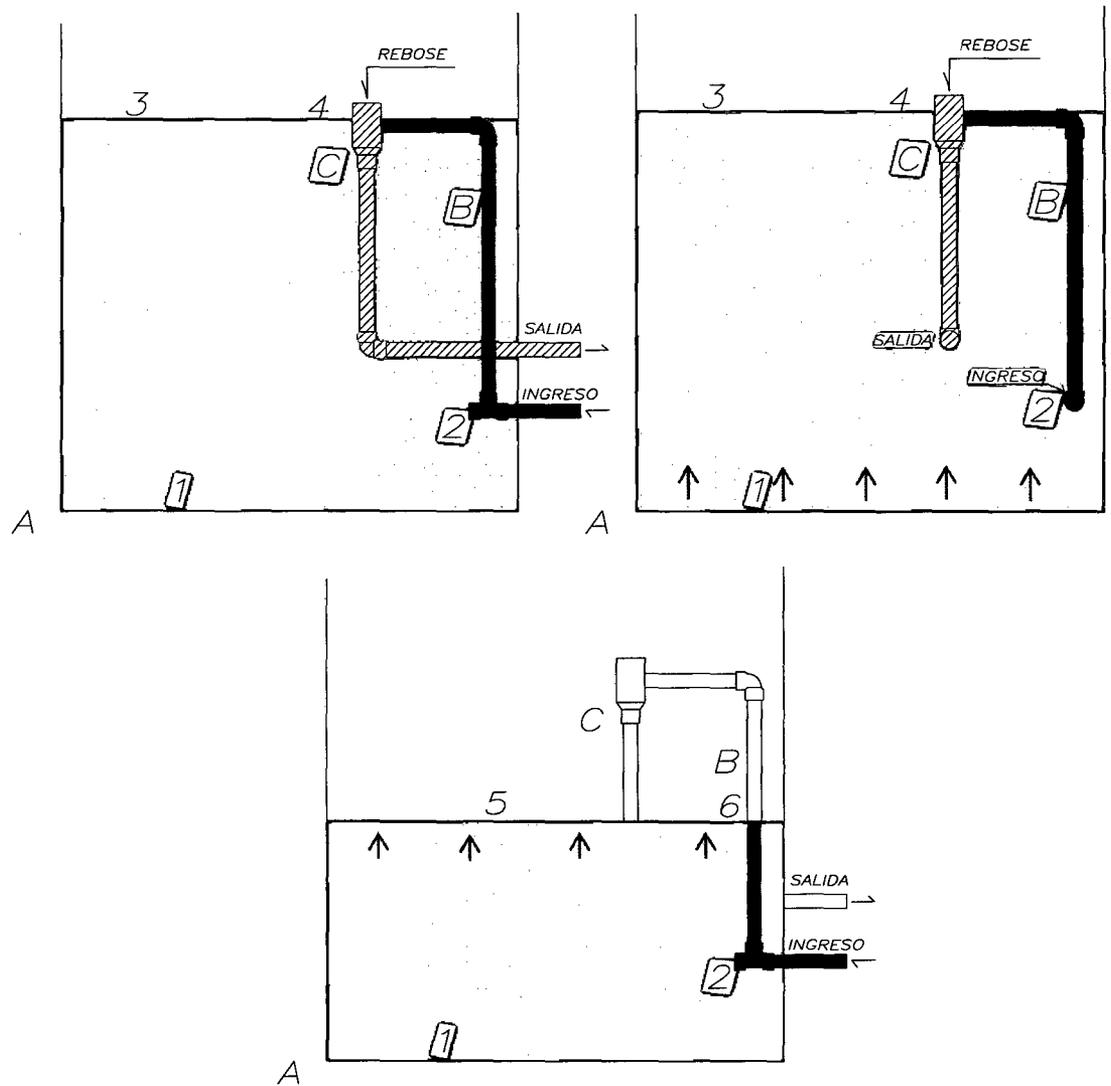


Fig 3: Funcionamiento del nivel estático.

Considerando:

Reservorio A, tubería de ingreso B, tubería de rebose C.

El flujo de agua cruda ingresa al reservorio (2), el cual desde la base de tal (1) va ascendiendo el nivel por acumulación de flujo de agua hasta el nivel de su máxima capacidad (3), puesto que en este nivel entra en funcionalidad los vasos comunicantes; debido a que el reservorio (volumen A) con la tubería de ingreso de flujo (B), se comportan como dos recipientes conectados en el ingreso (2), que al alcanzar su capacidad máxima el agua de la tubería B se deriva por el punto la campana de rebose (4) hacia el exterior; ya que el nivel acumulativo del agua va ascendiendo paralelamente en la tubería B (6) y reservorio A (5), tal como se muestra en la figura 3c.

2.2.2.3.3. Interpretación hidráulica del Nivel Estático.

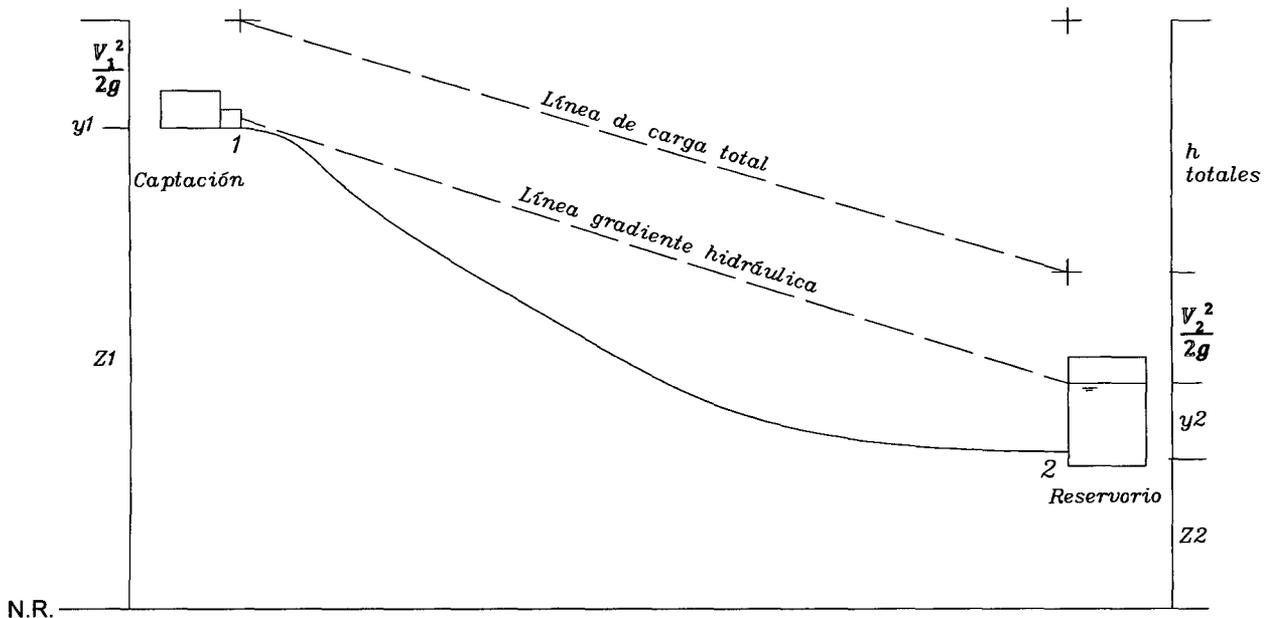


Fig 4. Esquema de presiones entre captación y reservorio.

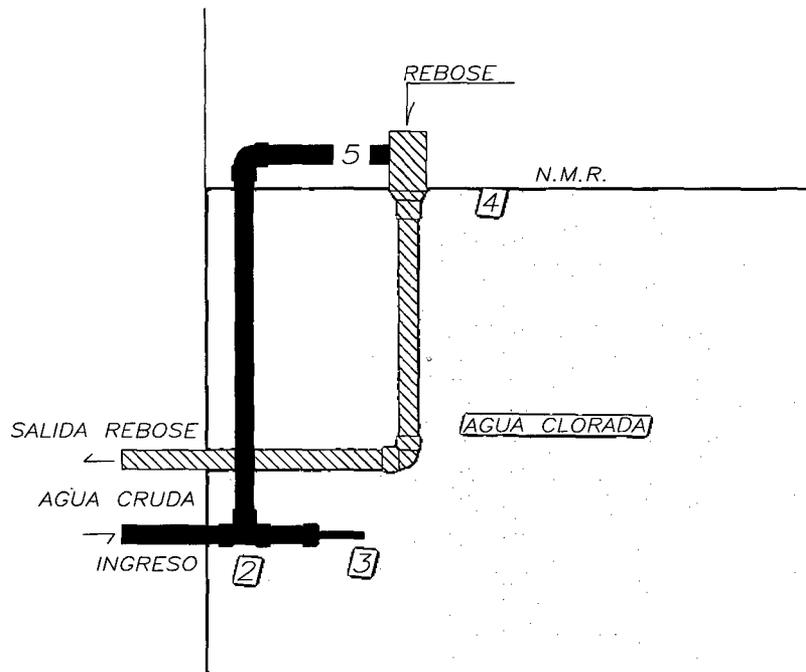


Fig 5. Esquema de funcionamiento del nivel estático.

Se tendrá en consideración lo siguiente:

- a) Determinación del/los diámetro/s de la tubería de conducción.
- b) Cálculo de las pérdidas de carga de la tubería de conducción entre capación e ingreso de reservorio (1) y (2).
- c) Interpretación del ahogamiento producido en ingreso de tubería a reservorio (3), el cual produce una energía cinética en (2) derivando el flujo de agua cruda hacia el nivel (5).
- d) Determinación de pérdidas locales y por tramo en la derivación del flujo de agua cruda (2 y 5).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

1. Base de datos

Es un conjunto exhaustivo (en su modelización del mundo real) de datos estructurados, fiables y homogéneos, organizados independientemente de su utilización y de su implementación en máquina, accesibles en tiempo real, compartibles por usuarios concurrentes que tienen necesidades de información diferentes y no predecibles en el tiempo.

2. Sistema de Agua Potable Rural.

Denominado al conjunto de componentes (físicos y A+O+M), cuya finalidad es la de brindar una agua apta para consumo humano.

3. Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS)

Asociación civil que se encarga, de manera exclusiva, de la prestación de servicios de saneamiento en uno o más centros poblados del ámbito rural.

4. Potabilización / Desinfección del agua

Se llama así al proceso de controlar la calidad bacteriológica del agua, con la finalidad de consumo humano.

5. Rebose en Reservorio.

Corresponde al flujo que se produce cuando el reservorio se encuentra en su máxima capacidad, derivándose por una tubería hacia el exterior como desperdicio mediante un cono de rebose.

6. Nivel Estático en Reservorio.

Innovación técnica que consiste en colocar una conexión de la tubería de ingreso del reservorio con el cono de rebose en el reservorio, que permita evacuar agua cruda antes de que ésta entre en contacto con el agua clorada del reservorio, ésta innovación técnica entra en operación cuando el reservorio se encuentre en su máxima capacidad. El objetivo de colocar este dispositivo es el de no perder agua clorada. Reemplaza a la válvula flotadora que tradicionalmente ha sido utilizada.

7. Reservorio.

Es un componente físico de un sistema de agua potable, cuya función es el almacenamiento de agua para mantener el normal abastecimiento durante el día

8. Agua cruda.

Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.

9. Cloro

Agente más utilizado en el mundo como desinfectante en el agua de consumo humano, debido principalmente a:

- Su carácter fuertemente oxidante, responsable de la destrucción de los agentes patógenos (en especial bacterias) y numerosos compuestos causantes de malos sabores.
- Su más que comprobada inocuidad a las concentraciones utilizadas.
- La facilidad de controlar y comprobar unos niveles adecuados.

10. Agua tratada.

Es el porcentaje de hogares que tienen acceso a agua segura; entendiéndose como tal, el agua que proviene de la red pública o de aquella que no proviene de la red pública pero que le dan tratamiento al agua antes de beberla; tales como: La hierven, clorifican, desinfectan solamente o consumen agua embotellada.

11. Cloro residual libre:

Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

12. Agua de consumo humano.

Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.

13. Consumo de Cloro.

Referido al gasto del cloro, producido en el proceso de potabilización en un reservorio de agua potable con fines de consumo humano.

14. Límite máximo permisible.

Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.

15. Línea gradiente hidráulica.

Es la línea que indica la presión en columna de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación.

16. Nivel de carga estática.

Representa la carga máxima a la que puede estar sometida una tubería al agua cuando se interrumpe bruscamente el flujo.

17. Pérdida de carga unitaria (h_f).

Es la pérdida de energía en la tubería por unidad de longitud debida a la resistencia del material del conducto al flujo del agua. Se expresa en m/km o m/m.

18. Pérdida por tramo (H_f).

Viene a representar el producto de pérdida de carga unitaria por la longitud del tramo de tubería.

19. Cinética en fluidos

Es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.

20. Potencial gravitacional en fluidos.

Es la energía debido a la altitud que un fluido posea.

21. Energía de flujo en fluidos.

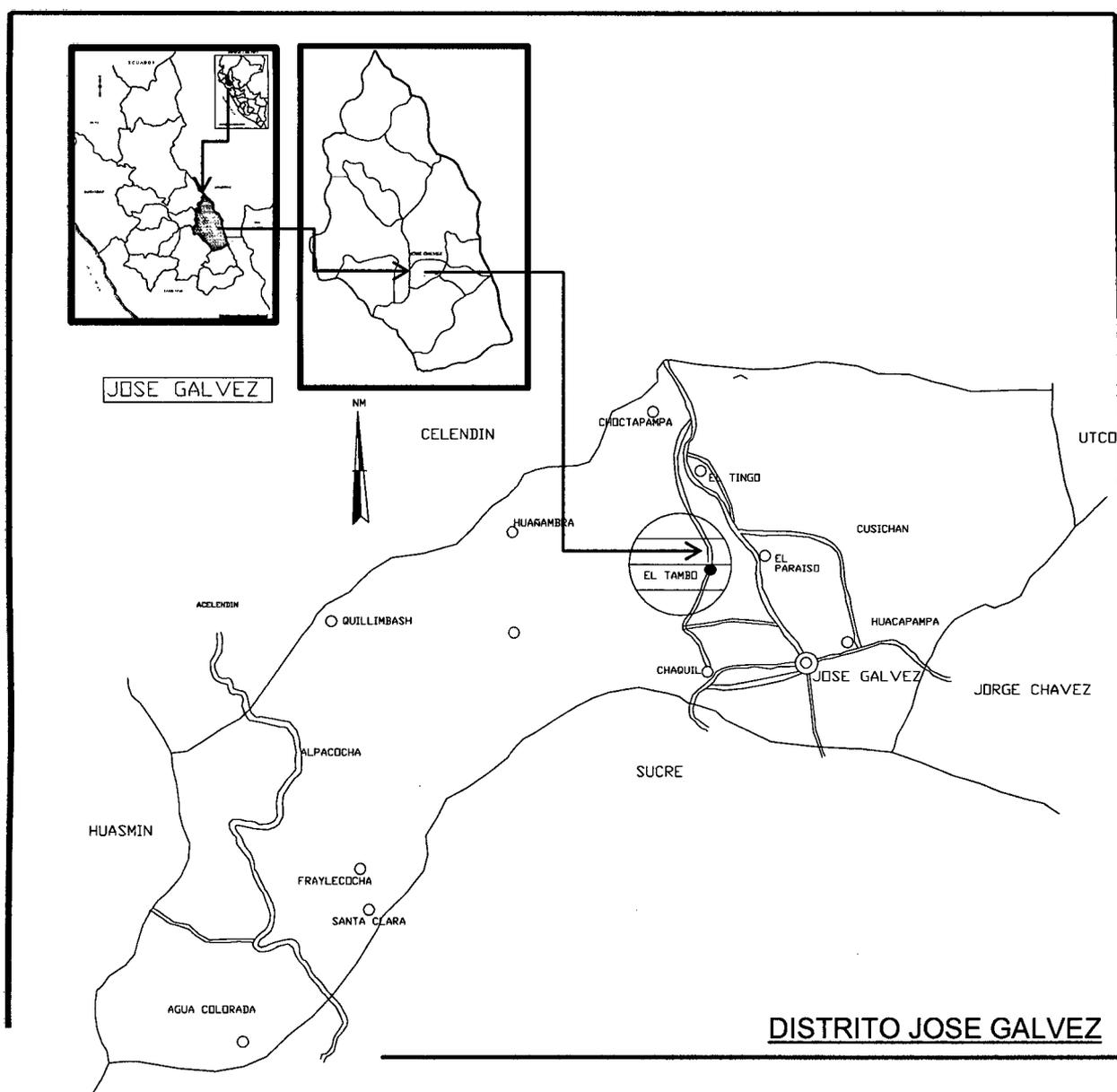
Es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.



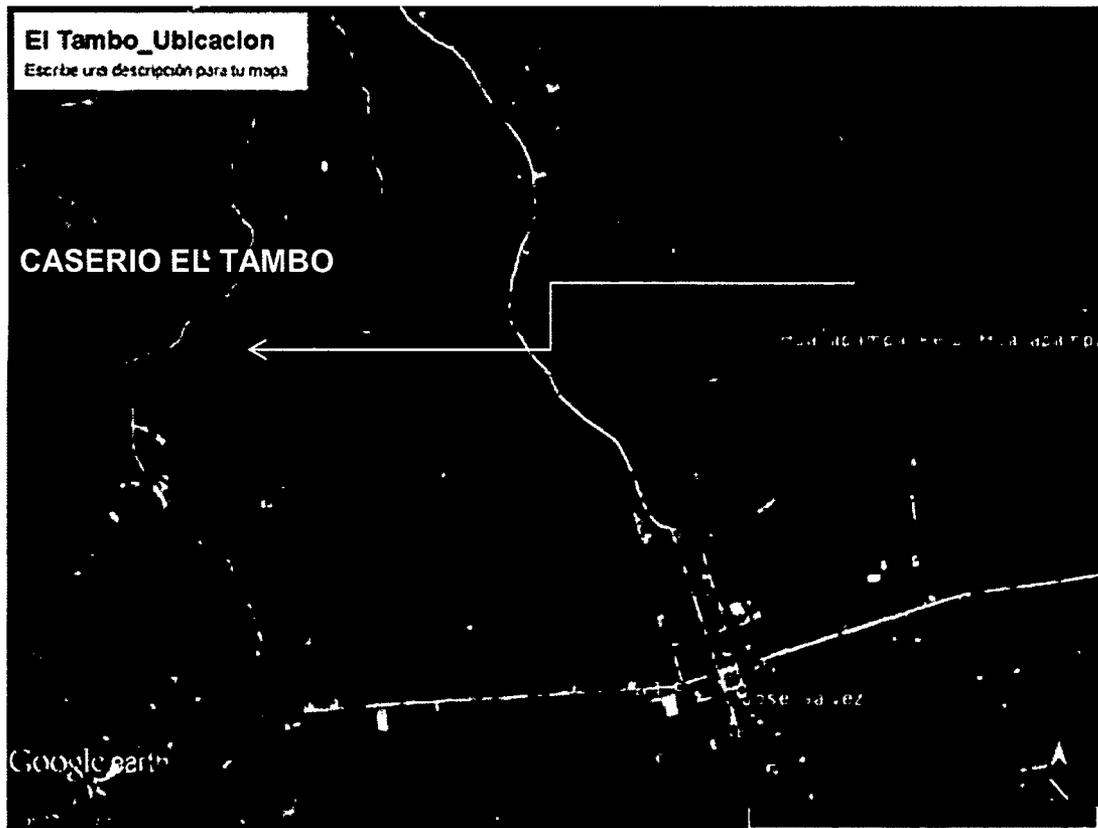
3.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto de investigación ejecutado, geo referenciado con latitud 9234526 S, y longitud 815806 W, comprendido en el Caserío El tambo, Distrito de José Gálvez; provincia de Celendín, departamento de Cajamarca.



Para una mejor ubicación, se presenta fotografía satelital de la zona en donde se realizó la investigación.



Fuente Google Earth.

3.1.2. TIEMPO DE EJECUCION DE LA INVESTIGACIÓN

Por la premura del tiempo, el presente Proyecto de Investigación corresponde un lapso de tiempo de 63 días correspondientes los meses de setiembre, octubre y noviembre del año 2014.

a) **PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para plasmar e interpretar los resultados de la presente investigación, es primordial comprender la sistematización del proceso de cloración realizado en el reservorio del SAP El Tambo, para cual consideramos:

- ✓ La potabilización del agua en el reservorio del SAP El Tambo viene siendo realizada por un sistema de cloración por goteo, esto mediante el uso de hipoclorito de calcio al 70%.
- ✓ El período de recarga de hipoclorito de calcio al 70% comprende un lapso de siete (7) días.
- ✓ El tanque de dosificación de cloro tiene una capacidad de 600 litros.
- ✓ La cantidad recargada semanalmente corresponde a 160 gramos de hipoclorito de calcio al 70%.
- ✓ La cantidad de gotas por minuto estimada para el proceso de tratamiento de agua en el reservorio del SAP El Tambo es de 118 mililitros por minuto.
- ✓ El costo por kilogramo de hipoclorito de calcio al 70% es de dieciséis nuevos soles en la provincia de Celendín.
- ✓ El proceso de tratamiento de agua del SAP El Tambo viene siendo realizada por un encargado destinado por la JASS.
- ✓ El caudal de aforo de la captación en el periodo de evaluación es de 0.24 lts/seg.

Teniendo en consideración estos alcances, se debe recopilar la información necesaria condicionada a estos alcances, para los cuales se debe considerar lo siguiente:

El nivel estático se encuentra instalado en el reservorio al rebose del reservorio del SAP con finalidad de derivar el agua cruda del ingreso hacia el rebose sin tener contacto con el agua clorada, optimizando el cloro en el proceso de potabilización del agua en el reservorio del SAP, el cual la cantidad de agua cruda diaria derivada corresponderá al caudal medio estimado por el tiempo de rebose determinado.

Considerando que en el reservorio del SAP El Tambo no existiese el nivel estático, entonces el flujo de agua clorada en el reservorio va directamente al rebose al exterior, por tanto por lógica la cantidad de agua de rebose considerando el método del nivel estático y sin considerar el método del nivel estático es el mismo; lo que direcciona a interpretar la funcionalidad del sistema del nivel estático al evitar el contacto del agua que viene de la captación con el agua del reservorio cuando esté en su máxima capacidad condicionado por el nivel estático.

Es por tal, se registrará la concentración de cloro (mg/l) en la superficie del reservorio en la ubicación perimetral del cono de rebose, el cual considerando la cantidad de agua derivada por el rebose en el reservorio (litros) reflejara en una manera estimada determinada por el producto de los registros la cantidad de cloro desperdiciada en el proceso de tratamiento, este planteamiento se ostenta en que el flujo de agua tratada de la superficie del reservorio del SAP El Tambo se deriva como rebose hacia el exterior, representado la cantidad de cloro desperdiciada por el caudal en exceso por la concentración de cloro en la superficie mediante comparador de cloro con pastillas DPD-1.

Este planteamiento se complementa con la verificación paralela insitu de la concentración del cloro residual del rebose de agua en el reservorio del SAP Rural El Tambo, demostrando así que con el método del nivel estático no existe pérdida de cloro.

En el contexto de potabilización del agua como factor de calidad del agua apta para consumo humano en el SAP Rural El Tambo, se viene realizando la cloración del agua en el reservorio mediante un sistema de cloración por goteo con el suministro de una solución madre de hipoclorito de calcio al 70%, el cual por su alta concentración de cloro puede ser perjudicial si se suministra una cantidad no adecuada; para tal como proceso de control y verificación de que la cantidad de cloro que se está vertiendo al reservorio es la correcta, se procedió a determinar las concentraciones de cloro residual en el usuario más alejado, en

el usuario intermedio y el primer usuario, comparando así que dichos resultados se encuentren dentro de los parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

b) TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Para fortalecer la presente investigación es necesario definir el nivel estático como funcionalidad y diseño, para lo cual según identificaciones en otros sistemas existe dos planteamientos definidos en su operación, esto es por vasos comunicantes y en casos de diseños en la que el flujo de rebose rompe el nivel estático en el reservorio, es decir por pérdidas de carga y presiones la variante hacia el rebose sobrepasa el nivel máximo del reservorio, el cual se detalla a continuación:

i. Interpretación de diseño del Nivel Estático por Vasos Comunicantes.

Para plasmar el objetivo de este proyecto de investigación es necesario tener en consideración el funcionamiento de esta innovación tecnológica denominado Nivel Estático y por ende la importancia de la optimización del cloro en el tratamiento de agua en el reservorio de un Sistema de Agua Potable Rural, para lo cual se presenta la esquemmatización del presente

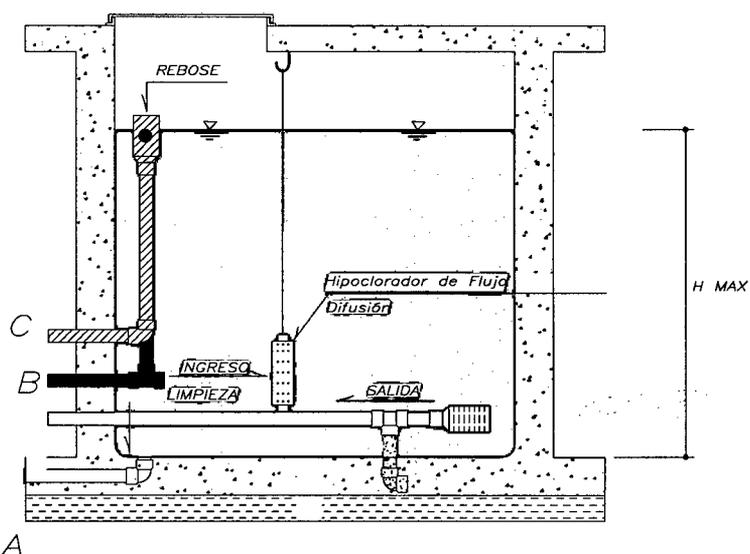
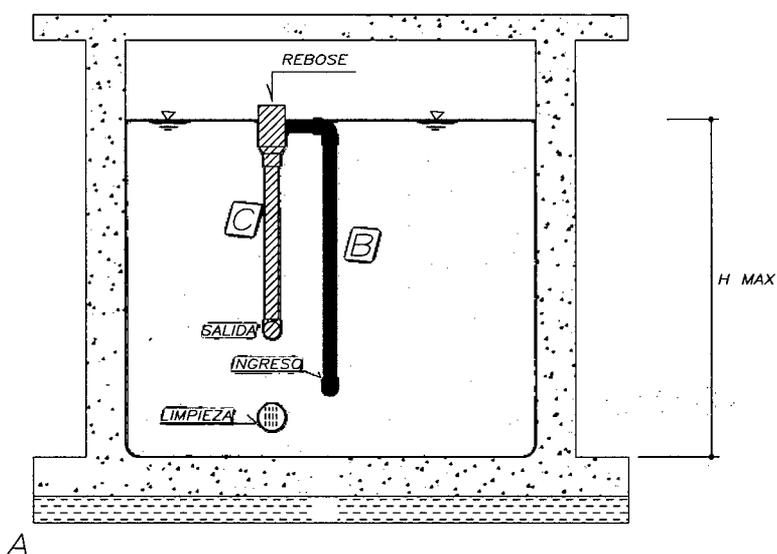


Fig1,2 : Vista de corte de un reservorio con el método nivel estático.



Donde: Agua clorada Agua cruda ingreso Agua cruda rebose

Según los esquemas refleja el funcionamiento del nivel estático:

Considerando el reservorio vacío, el caudal de agua cruda que viene desde la captación mediante la línea de conducción ingresa al reservorio por la tubería B, el cual va llenado la capacidad del reservorio A hasta su máxima capacidad(fig 2), el cual por vasos comunicantes y presiones deriva por el rebose el agua cruda por la tubería C al exterior, de esta manera se la tubería B se convierte una variante

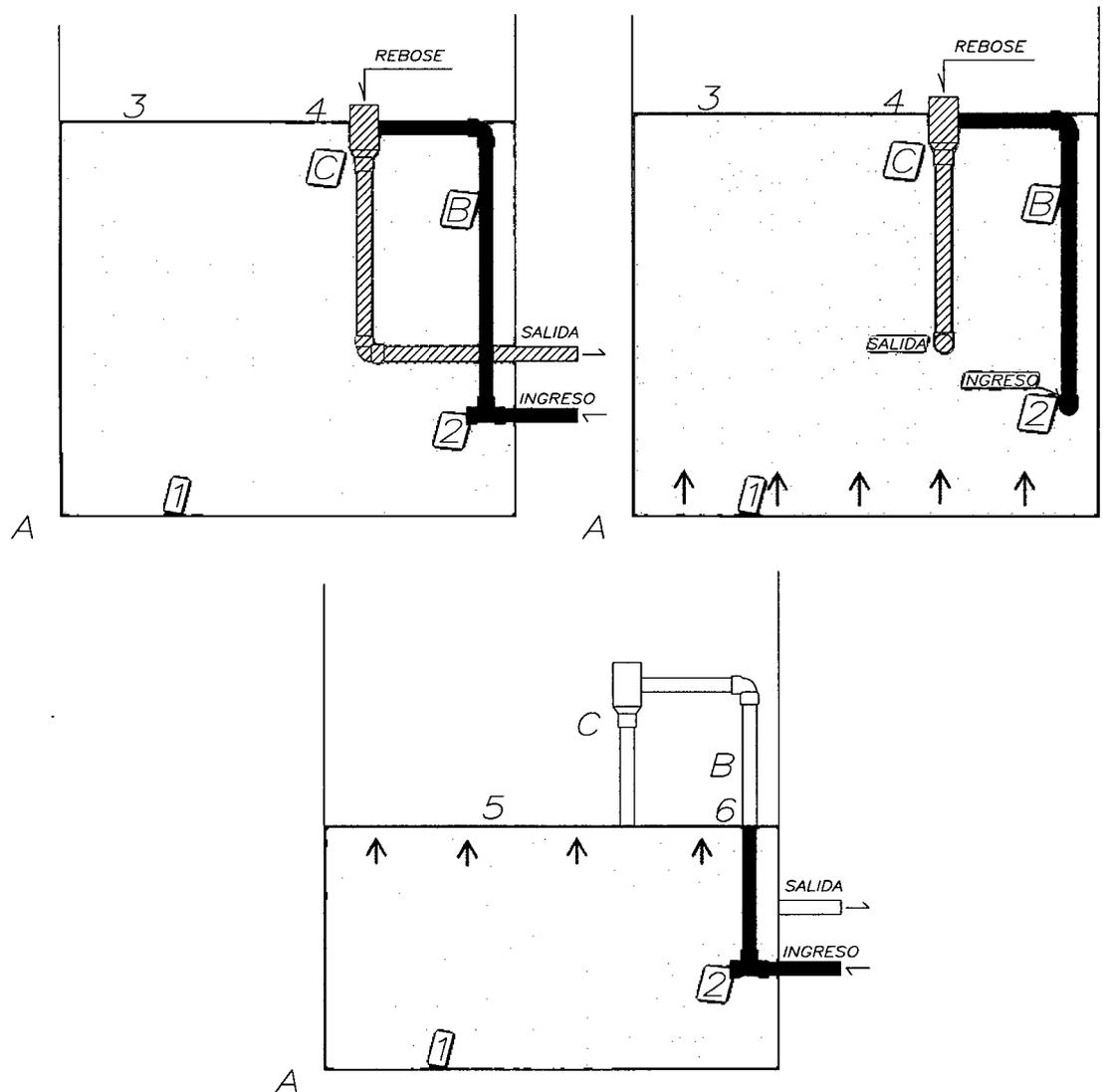


Fig 3: Funcionamiento del nivel estático

Considerando:

Reservorio A, tubería de ingreso B, tubería de rebose C.

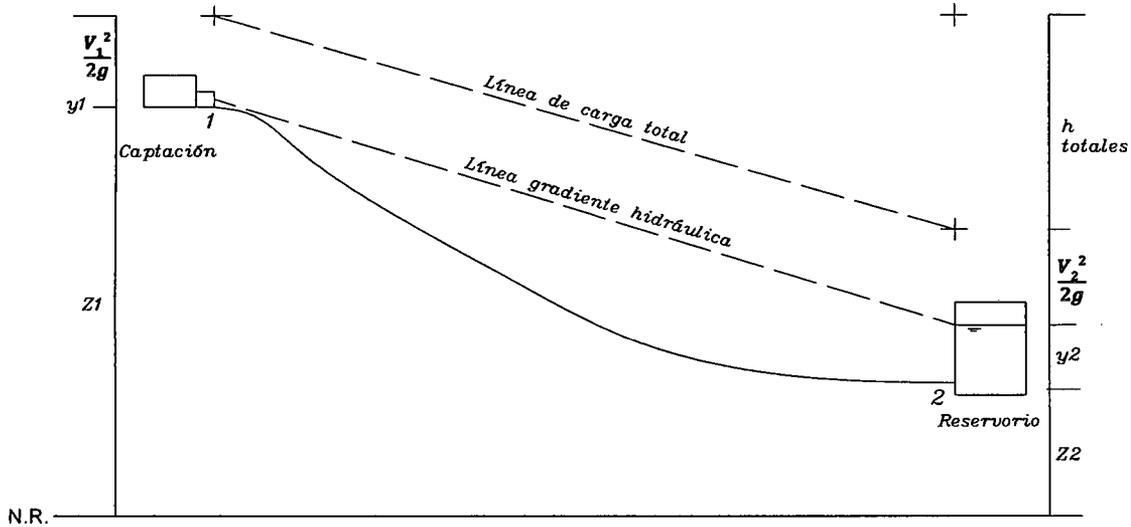
El flujo de agua cruda ingresa al reservorio (2), el cual desde la base de tal (1) va ascendiendo el nivel por acumulación de flujo de agua hasta el nivel de su máxima capacidad (3), puesto que en este nivel entra en funcionalidad los vasos comunicantes; debido a que el reservorio (volumen A) con la tubería de ingreso de flujo (B), se comportan como dos recipientes conectados en el ingreso (2), que al alcanzar su capacidad máxima el agua de la tubería B se deriva por el punto la campana de rebose (4) hacia el exterior; ya que el nivel acumulativo del agua va ascendiendo paralelamente en la tubería B(6) y reservorio A (5), tal como se muestra en la figura 3c.

ii. Diseño hidráulico del Nivel Estático.

Según este método es necesario fundamentar este diseño como medio de sustento notorio en la derivación del flujo de agua cruda hacia el rebose en un reservorio de un SAP adecuado, para lo cual se plantea el diseño hidráulico de este método del nivel estático, describiéndolo a continuación:

DISEÑO DEL NIVEL ESTÁTICO

1.- Esquema del principio de Bernoulli entre captación y reservorio de un Sistema de Agua Potable.



DISEÑO DE LA LINEA DE CONDUCCION

PROYECTO: Sistema de Agua Potable Rural de la Comunidad de Tambo

Fecha: Octubre del 2014.

Periodo de Diseño	20	años
Coefficiente de Crecimiento Anual	1.8	%
N° de Familias	30	Fam.
N° Personas/familia	5	Per.

Población Actual	150	Hab.
Población Futura	204	Hab.

Dotación l/p/día	60	l/per/día
Coefficiente de Variación Diaria (K1)	1.3	
Coefficiente de Variación Horaria (K2)	2.0	
Caudal Medio	0.142	l/seg.
Caudal Máximo Diario (Qmd)	0.184	l/seg.
Caudal Máx. Horario	0.368	l/seg.

Volumen de Reservorio Predimensionado	3.060	m ³
Volumen de Reservorio Adoptado	5.000	m ³

Considerando que caudal de aforo en captación en época de estiaje es: Q_c (l/seg) = 0.24

LINEA DE CONDUCCION

PUNTO	COTA m.s.n.m.	LONGITUD m.	LONGITUD ACUM (m)	CAUDAL l/seg.	DIAMET. Pulg.	PRES.DIN. m.c.a.	PRES. EST. m.c.a.	VELOCIDAD m/s	Hf m.	NIVEL PIEZ. m.s.n.m.
Capta	2548.76			0.184		0.00				2548.76
Reser	2546.81	40	40	0.184	1	1.62	1.95	0.38	0.33	2548.43

Según fórmula, $H_f = L * 0.1891 (Q_{md})^{1.85}$ **$H_f = 0.33$ m**, donde :L (m) y Q_{md} (lts/seg).

DISEÑO NIVEL ESTÁTICO EN RESERVORIO

Datos:

Ingreso

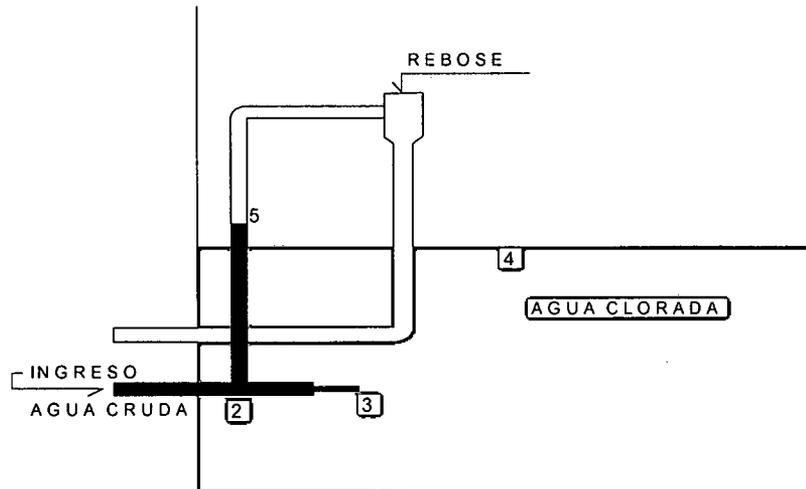
Diámetro de conducción (") : 1
 Diámetro ahogamiento (") : 1/2

Salida

Diámetro rebose (") : 2
 Diámetro cono rebose (") : 4

Presión en punto 2 (m.c.a) : 1.95

A.- ANALISIS DINÁMICO



a.- Aplicando la ecuación de Bernoulli en 2 y 3.

$$z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = z_3 + y_3 + \frac{V_3^2}{2g} + hf_{2-3} + hloc_{2-3} \dots\dots\dots \text{Ec. 1.}$$

Según esquema se tiene:

$$z_2 = z_3, \quad y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = y_3 + \frac{V_3^2}{2g} + hf_{2-3} + hloc_{2-3} \dots\dots\dots \text{Ec. 2.}$$

Considerando:

$Q = A \cdot V$, y por la ecuación de la continuidad se tiene:

$$A_2 \cdot V_2 = A_3 \cdot V_3, \quad V_3 = A_2 \frac{V_2}{A_3}, \quad V_3 = V_2 \frac{D_2^2}{D_3^2}$$

$$D_2 = 0.0254 \text{ m}$$

$$D_3 = 0.0127 \text{ m}$$

$V_2 = 0.38 \text{ m/seg}$, por tanto:	$V_3 = 1.50 \text{ m/seg}$
----------------------------	--------------	----------------------------

$$y_2 + \frac{0.38^2}{(2)(9.81)} = y_3 + \frac{1.50^2}{(2)(9.81)} + hf_{loc} \quad Y_2 + 0.0071744 = Y_3 + 0.1147898 + hf_{loc} \dots\dots\dots \text{Ec. 3.}$$

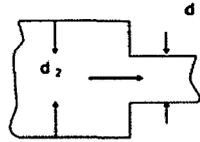
Según ecuación general de pérdidas locales:

$$hf_{loc} = K \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{Ec. 4.}$$

Pérdidas de carga en una contracción brusca:

$$H \text{ cont} = K (V^2/2g) \quad V = \text{velocidad en } d_1$$

$$\text{Si: } K = 0.5 (1 - (d_1^2/d_2^2))$$



Donde:

$$D_2 \longrightarrow D_2 = 0.0254 \text{ m}$$

$$D_1 \longrightarrow D_3 = 0.0127 \text{ m}$$

$$K = 0.375$$

$$hf_{loc} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$hf_{loc} = 0.375 \frac{1.50^2}{(2)(9.81)}$$

$$hf_{loc} = 0.04304617 \text{ m}$$

$$Y_2 + 0.00717 = Y_3 + 0.11479 + 0.04305$$

$$y_2 - y_3 = 0.15066 \text{ m} \quad \dots \text{ Ec. 5.}$$

b.- Aplicando la ecuación de bernoulli en 3 y 4.

$$z_3 + y_3 + \frac{V_3^2}{2g} = z_4 + y_4 + \frac{V_4^2}{2g} + hf_{3-4} + h_{loc3-4}$$

$$y_3 + \frac{1.50^2}{(2)(9.81)} = H_4 + hf_{3-4} \longrightarrow Y_3 + 0.11479 = H_4 + hf_{3-4}$$

$$hf_{loc} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$hf_{3-4} = 0.05739 \text{ m}$$

Donde:
K = 0.5
V = 1.50 m/seg

Por tanto:

$$H_4 - Y_3 = 0.05739 \text{ m} \quad \dots \text{ Ec. 6.}$$

$$H_4 = 0.05739 \text{ m} + Y_3 \quad \dots \text{ Ec. 7.}$$

c.- Aplicando la ecuación de bernoulli en 2 y 5.

$$z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = z_5 + y_5 + \frac{V_5^2}{2g} + hf_{2-5} + h_{loc2-5}$$

$$y_2 + \frac{0.38^2}{(2)(9.81)} = H_5 + hf_{2-5} \longrightarrow Y_2 + 0.00717 = H_5 + hf_{2-5}$$

$$hf_{2-5} = 0.00413 \text{ m}$$

Para:
D (") = 1
Analizando (H) L = 0.50 m

Por tanto:

$$H_5 - Y_2 = 0.00304 \text{ m} \quad \dots \text{ Ec. 8.}$$

$$H_5 = 0.00304 \text{ m} + Y_2 \quad \dots \text{ Ec. 9.}$$

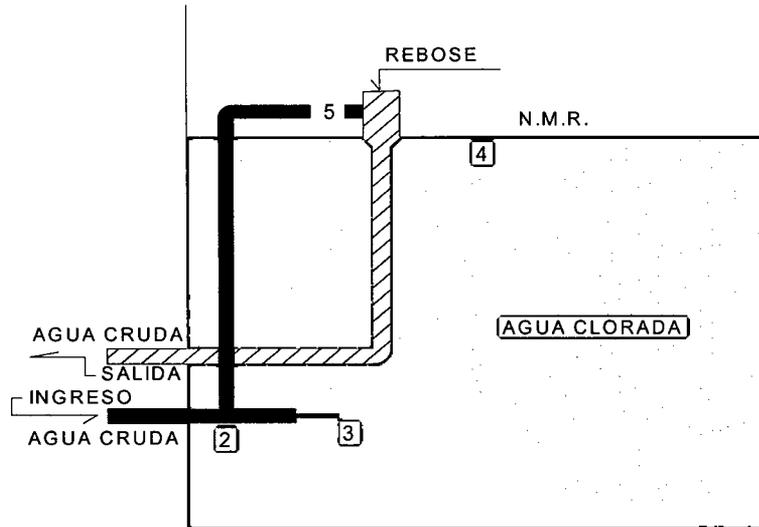
d.- Aplicando diferencia de niveles en 5 y 4.

$$\begin{aligned}
 H_5 - H_4 &= 0.00304 \text{ m} \quad \cdot Y_2 - (0.05739 \text{ m} \cdot Y_3) \\
 H_5 - H_4 &= Y_2 - Y_3 - 0.05435 \\
 H_5 - H_4 &= 0.15066 - 0.05435 \\
 \boxed{H_5 - H_4} &= \boxed{0.09631}
 \end{aligned}$$

de Ec 5.



A.- ANALISIS ESTÁTICO



a.- Aplicando la ecuación de bernoulli en 2 y 3.

$$z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = z_3 + y_3 + \frac{V_3^2}{2g} + hf_{2-3} + hloc_{2-3} \dots\dots\dots \text{Ec. 1.}$$

Según esquema se tiene:

$$z_2 = z_3, \quad y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = y_3 + \frac{V_3^2}{2g} + hf_{2-3} + hloc_{2-3} \dots\dots\dots \text{Ec. 2.}$$

Considerando:

$Q = A \cdot V$, y por la ecuación de la continuidad:

$$A_2 \cdot V_2 = A_3 \cdot V_3 \quad V_3 = A_2 \frac{V_2}{A_3} \quad V_3 = V_2 \frac{D_2^2}{D_3^2}$$

$$D_2 = 0.0254 \text{ m}$$

$$D_3 = 0.0127 \text{ m}$$

$$\boxed{V_2 = 0.38 \text{ m/seg}} \text{ , por tanto: } \boxed{V_3 = 1.50 \text{ m/seg}}$$

$$y_2 + \frac{0.38^2}{(2)(9.81)} = y_3 + \frac{1.50^2}{(2)(9.81)} + hf_{loc} \quad Y_2 + 0.0071744 = Y_3 + 0.1147898 + hloc_{2,3} \dots\dots \text{Ec. 3.}$$

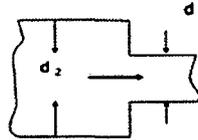
Según ecuación general de pérdidas locales:

$$hf_{loc} = K \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{Ec. 4.}$$

Pérdidas de carga en una contracción brusca:

$$H_{cont} = K \frac{V^2}{2g} \quad V = \text{velocidad en } d_1$$

$$\text{Si: } K = 0.5 \left(1 - \left(\frac{d_1^2}{d_2^2}\right)\right)$$



Donde:

$$D_2 = 0.0254 \text{ m}$$

$$D_3 = 0.0127 \text{ m}$$

$$K = 0.375$$

$$h_{f_{loc}} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{f_{loc}} = 0.375 \frac{1.50^2}{(2)(9.81)}$$

$$h_{f_{loc}} = 0.04304617 \text{ m}$$

$$Y_2 + 0.00717 = Y_3 + 0.11479 + 0.04305$$

$$Y_2 - Y_3 = 0.15066 \text{ m} \quad \dots \text{ Ec. 5.}$$

b.- Aplicando la ecuación de bernoulli en 3 y 4.

$$z_3 + y_3 + \frac{V_3^2}{2g} = z_4 + y_4 + \frac{V_4^2}{2g} + h_{f_{3-4}} + h_{loc_{3-4}}$$

$$y_3 + \frac{1.50^2}{(2)(9.81)} = H_4 + h_{f_{3-4}} \quad \longrightarrow \quad Y_3 + 0.11479 = H_4 + h_{f_{3-4}}$$

$$h_{f_{loc}} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{f_{3-4}} = 0.05739 \text{ m}$$

Donde:
K = 0.5
V = 1.50 m/seg

Por tanto:

$$H_4 - Y_3 = 0.05739 \text{ m} \quad \dots \text{ Ec. 6.}$$

$$H_4 = 0.05739 \text{ m} + Y_3 \quad \dots \text{ Ec. 7.}$$

c.- Aplicando la ecuación de bernoulli en 2 y 5.

$$z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = z_5 + y_5 + \frac{V_5^2}{2g} + h_{f_{2-5}} + h_{loc_{2-5}}$$

$$y_2 + \frac{0.38^2}{(2)(9.81)} = H_5 + h_{f_{2-5}} \quad \longrightarrow \quad Y_2 + 0.00717 = H_5 + h_{f_{2-5}}$$

$$h_{f_{2-5}} = 0.01323 \text{ m}$$

Para:
D (") = 1
Analizando (H) L = 1.60 m

$$h_{f_{loc}} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$K = 0.69 \quad \longrightarrow \quad h_{f_{loc_{2-5}}} = 0.0049503$$

, por codo 1"x90°

Por tanto:

$$H_5 - Y_2 = -0.01101 \text{ m} \quad \dots \text{ Ec. 8.}$$

$$H_5 = -0.01101 \text{ m} + Y_2 \quad \dots \text{ Ec. 9.}$$

d.- Aplicando diferencia de niveles en 5 y 4.

$$H_5 - H_4 = -0.01101 \text{ m} + Y_2 - (0.05739 \text{ m} + Y_3)$$

$$H_5 - H_4 = Y_2 - Y_3 - 0.06840$$

$$H_5 - H_4 = 0.15066 - 0.06840$$

$$H_5 - H_4 = 0.08226$$

de Ec 5.

Si,

$$H_4 = 1.25 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad H_5 = 1.332 \text{ m}$$

**DISEÑO CLORACION POR GOTEO MEDIANTE DOSADORES CON
SOLUCION HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70% - SAP RUAL EL TAMBO - JOSE GALVEZ**

Datos:		
Fam	24	
Qe	0.24	L/S
Vol	5000	L
N° Pers/fam	5	
Dotacion	60	l/pers/dia
T recarga	7	dias
dCl	1.5	mg/L.

Resultados			
Dotacion Calc.	172.800	l/pers/dia	
P	10.7	g	
Td	12.5	h/dia	
QCl	7.1	118.1	l/h ml/min
PCI	162	g	

Cálculo de Dotacion de agua

$$\text{Dot} = \frac{Q \text{ l/s} * 86400 \text{ s/d}}{\text{Fam.} * 5}$$

$$\text{Dot} = \frac{0.24 * 86400}{24 * 5}$$

$$\text{Dot} = 172.8$$

$$P = \frac{\text{Vol} * dCl}{10 * 70}$$

$$P = \frac{5000 * 1.5}{10 * 70}$$

$$P = 10.7$$

P= Es la cantidad de hipoclorito de Ca en g.

Vol= Es el volumen de agua en el reservorio (L)

dCl= Es la Demanda total de Cl mg/L (1.5)

$$T_d = \frac{N^{\circ} \text{ fam.} * N^{\circ} \text{ Pers/fe} * \text{Dot.} * 24}{0.24 * 86400} * f$$

N° fam.= numero de usuarios

N° Pers/fam= Aprox. 5 pers. Por Familia.

Dot.= Dot. En L/per./dia

Qe= Caudal de Ingreso del agua

f= Es un Factor de aumento del consumo po fugas (1.5)

Td= Tiempo diario de Goteo

$$T_d = \frac{24 * 5 * 60 * 24}{0.24 * 86400} * 1.5$$

$$T_d = 12.5$$

$$Q \text{ Cl} = \frac{V \text{ util}}{T_d * T \text{ recarga}}$$

QCl= Caudal de goteo

V util= Volumen util (620L)

T recarga= N° de dias de tiempo de recarga

Td= tiempo diario de goteo

$$Q \text{ Cl} = \frac{620}{12.5 * 7}$$

$$Q \text{ Cl} = 7.1 \text{ L/h}$$

$$7.1 \frac{1}{60} \frac{1000}{1} = 118.1 \text{ ml/min}$$

$$PCI = \frac{dCl * Qe * Vt}{Qcl. \text{ Efect} * \% \text{ Cl}} * 3.6$$

dCl= Demanda de Cl estimada en mg/L

Qe= Caudal de ingreso al reservorio L/S

Vt= Vol total del tanque (620L)

Qcl. Efect= Es el Caudal efectivo goteo L/h

% Cl= Porcentaje de Cl utillizado 70% = 0.7

PCI= Cantidad de Cloro en gramos

$$PCI = \frac{1.5 * 0.24 * 620}{7.1 * 0.7} * 3.6$$

$$PCI = 162$$



Dentro de los parámetros de diseño que definen los componentes de un Sistema de Agua Potable Rural, existen planteamientos e innovaciones que en conjunto buscan brindar mejores condiciones en la operación y mantenimiento de un Sistema de Agua potable, donde dentro de este enfoque al que incluimos el diseño de un reservorio mediante el control del nivel estático, cuya funcionalidad es optimizar el consumo de cloro vertido en el reservorio con fines de potabilización del agua para consumo humano mediante el control y derivación del flujo de rebose; refiriendo a una identificación y entendimiento del proceso de cloración realizado en el reservorio del Sistema de Agua Potable Rural El tambo, así como el funcionamiento del nivel estático.

Del registro de caudales determinados en los flujos de rebose se observa: Que en horas de las noches existe una pérdida considerable del flujo vital hacia el exterior, donde por cuestiones de facilitar los cálculos se optó según registro el caudal máximo que corresponde al caudal de aforo de la captación.

Para darle funcionalidad y lógica a la presente investigación, se asume al presente que la concentración de cloro residual en la superficie se va con el flujo de rebose registrado, por consiguiente se puede determinar la cantidad de cloro desperdiciado por el efecto de volumen desperdiciado en rebose (lts) por la concentración de cloro residual en superficie (mg/lts); por consecuencia para el presente documento se tuvo que recopilar datos de campo referidos a volúmenes diarios desperdiciados con su respectiva concentración de cloro residual en la superficie.

Dentro de los resultados obtenidos se tiene:

- ✓ El período de evaluación de este tema de investigación comprende 9 semanas (63 días).
- ✓ En el reservorio del SAP Rural El Tambo, se registra un caudal de rebose de 0.24 l/seg determinados en aforos, y por facilidades de cálculos se determinó el caudal máximo y representativo.
- ✓ Se tiene un promedio de volúmenes de rebose registrados por día de 11538.23 litros (11.54 m³) determinados del volumen acumulado entre los días donde se registró los datos de aforo, teniendo un acumulado de 72667,2 litros (726.67 m³) correspondiendo a 63 días.
- ✓ La cantidad de solución madre vertida al reservorio para el tratamiento se mantiene uniforme y constante correspondiendo a 90 ml/min.
- ✓ La concentración de cloro residual en el agua de la superficie del reservorio registrado se mantiene uniforme, obteniéndose 0.2 mg/l.
- ✓ En el agua del rebose del reservorio, la concentración de cloro residual registrado es nula, obteniéndose 0.0 mg/l.
- ✓ El promedio de peso de cloro desperdiciado en rebose determinados por día corresponde a 2.31 gr, sumando un total de 145.33 gr en 63 días.
- ✓ En un período de 63 días (9 semanas) en la potabilización del agua en el reservorio se utilizó en cada recarga semanal (7 días) 160 gramos de hipoclorito de calcio al 70%, sumando un total de 1440 gr.
- ✓ Considerando la cantidad de cloro desperdiciado (145.33 gr) con respecto a la cantidad de cloro vertida para el proceso de tratamiento (1440 gr), corresponde al 10.09 % de pérdidas según este planteamiento.
- ✓ El costo del Hipoclorito de calcio al 70% en el mercado local corresponde a S/. 16.00.
- ✓ El rango de concentración de cloro residual en el agua de las viviendas del SAP Rural EL Tambo comprende entre 0.9 mg/l a 0.3 mg/l.

Según estos resultados, se puede determinar que:

- ✓ En Sistemas de Agua Potable Rural en horas de la noche existe un rebose constante determinado por el caudal de la captación, ya que en horas de la noche no existe consumo por parte de los pobladores del caserío El tambo.
- ✓ En otros SAPs Rurales cercanos se registran flujos perdidos por efecto de riegos en parcelas para agricultura, especialmente en las noches y en días donde no existe presencia de lluvias.
- ✓ Se tiene un gasto por recarga de solución madre de S/.2.56, esto correspondiente a una semana con 160 gr de consumo de Hipoclorito de Calcio al 70%.
- ✓ Según porcentaje de pérdida el cual representa un 10.09 %, en cada recarga de hipoclorito de calcio al 70% se registra una pérdida de 16.15 gr, equivalente a S/. 0.26 por semana.
- ✓ Debido a que mediante el proceso de vertido de solución madre hacia reservorio es constante e uniforme, las muestras registradas determinan una uniformización en los registros de cloro residual en reservorio al contorno del rebose.

Según los registros y el análisis respectivo, en donde refleja la importancia del uso de la implementación del diseño del control del nivel estático en un reservorio de agua potable rural, comprendiendo que a largo plazo se consideran pérdidas económicas a la JASS del Sistema de Agua potable Rural El Tambo.

Por la conceptualización de un Sistema de Agua Potable Rural, la coyuntura social y actividades sociales de los pobladores de los caseríos aledaños en el distrito de José Gálvez, en donde existe un riego masivo en horas de la noche a plantaciones en sus parcelas ubicadas en los corrales de sus casas, donde se puede registrar consumos de agua no destinadas para consumo humano; por tanto no se puede estimar los datos registrados como comparativo existente en SAP El Tambo.



5.1 CONCLUSIONES

Visto los resultados determinados en el reservorio del Sistema de Agua Potable Rural El Tambo, que de los cuales podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. En la potabilización del agua realizado en el reservorio del Sistema de Agua Potable Rural El tambo, sin hacer uso del nivel estático se registra en cada recarga de solución madre realizada cada 7 días un consumo de 176.15 gr. de hipoclorito de calcio al 70%.
2. En la potabilización del agua realizado en el reservorio del Sistema de Agua Potable Rural El tambo, haciendo uso del nivel estático se registra en cada recarga de solución madre realizada cada 7 días un consumo de 160 gr. de hipoclorito de calcio al 70%.
3. En el Sistema de Agua Potable Rural El Tambo, debido a que no existen consumos de agua potable en horas de la noche presenta caudales de rebose iguales al de aforo de captación, el cual representa un 55.63% del total de flujo de agua suministrados por la captación del sistema.
4. En el proceso de cloración para la potabilización del agua realizado en el reservorio del Sistema de Agua Potable Rural El Tambo, se produce un ahorro sustancial del 10.09 % de Hipoclorito de Calcio al 70%, esto debido a la implementación del control del nivel estático en el reservorio, controlando así los flujos de rebose.
5. No se puede comparar el SAP Rural El Tambo con otros SAPs cercanos, puesto que el consumo de agua de sus reservorio son determinados para actividades no consideradas para consumo humano, es decir son empleados para riego de parcelas con fines agrícolas, en consecuencia no se dará lo correspondiente a lo considerado en diseño sobre el consumo per cápita diario.

6. La cantidad de cloro utilizada en la potabilización del agua en el reservorio dependerá del uso adecuado y apropiado del elemento vital tratado, así como del control y determinación del cloro residual en las viviendas en puntos estratégicos del SAP Rural El tambo para consumo humano.
7. En la descarga de la solución madre de tanque a reservorio, existen fugas de solución por válvula flotadora y/o accesorios, cuando el reservorio está en su máxima capacidad.
8. Visto las fugas de solución madre cuando el reservorio está en su capacidad máxima, se registran datos de concentración de cloro residual mínimas (0.2 mg/lit) en el espejo de agua en cono de rebose en forma constante..
9. Para el caso del reservorio del SAP Rural El Tambo, se tiene una presión estática de entre captación y reservorio de 3.72 m y una presión dinámica de 2.82m, el cual al ingresar al reservorio y estando en su máxima capacidad, el control del nivel estático en cuanto al rebose del reservorio El Tambo funciona como vasos comunicantes.
10. Según experiencias de los especialistas en diseños de nivel estático, se menciona que en algunos SAPs Rurales cuando existe presiones dinámicas excesivas se presenta reboses de agua cruda antes de que el reservorio alcance su máxima capacidad, por tanto se considera presiones dinámicas máximas de diseño a 10 metros de ingreso al reservorio como complemento de diseño del control del nivel estático en un reservorio de agua potable.
11. Se está utilizando como agente potabilizador el hipoclorito de calcio al 70%, debido a que en el mercado ya no se vende el hipoclorito de calcio al 30%.
12. Para determinar y comparar los resultados con la hipótesis planteada, se procedió según registro de datos determinados en campo en forma acumulativa referente a pérdidas de cloro diario determinados en porcentajes de flujo de rebose desperdiciado, comparándolo con el total de hipoclorito de calcio al 70% vertido en recarga total en el período de evaluación.

13. Según registros de cloro residual en el agua en usuarios del Sistema de Agua Potable Rural El Tambo, se tiene datos entre el 0.9 mg/l y 0.3 mg/l el cual se encuentran dentro de los parámetros que especifica el Reglamento Nacional de Construcciones, por tanto se puede concluir que la cantidad de Hipoclorito de calcio al 70% vertida al reservorio es la necesaria.

5.2 RECOMENDACIONES

Dentro de los complementos teóricos y de la evaluación de los resultados de lo planteado en la presente investigación, se puede plantear las siguientes conclusiones:

1. Para obtener datos coherentes y reales para una correcta cloración, se debe realizar el seguimiento respectivo del cloro residual en las viviendas más alejadas del Sistema de Agua Potable Rural, para lo cual dichos resultados deben encontrarse dentro los parámetros especificados en el Reglamento Nacional de Construcciones para consumo humano, y según resultados de la verificación del cloro residual se debe calibrar el flujo de goteo de solución madre si es que lo requiere y según requiera.
2. Se debe realizar un fortalecimiento en la capacitación de operación y mantenimiento del sistema de cloración de un SAP por goteo a los integrantes de la Junta Administradora de Agua y Saneamiento del Sistema de Agua Potable El Tambo, así como hacer de conocimiento de la importancia del cloro en la potabilización del agua para consumo humano.
3. Se debe realizar campañas de sensibilización a los usuarios del SAP Rural El Tambo sobre el uso adecuado del agua potable.
4. Se debe implementar la innovación técnica del diseño de reservorio mediante el control del nivel estático en otros SAPs Rurales, esto como complemento de operación, control y gestión en la administración de una JASS Rural.
5. Se debe complementar con un diseño más estable y duradero en la descarga de solución madre hacia reservorio, de modo que no debe de existir goteo cuando el reservorio este en su máxima capacidad.

6. Se debe realizar un análisis más puntual sobre el comportamiento del cloro en el reservorio, es decir sobre la concentración del cloro residual en diferentes niveles del reservorio de un SAP Rural; y según resultado se debe esquematizar un diseño de vertido por goteo hacia el reservorio para mantener una uniformización del cloro residual en el reservorio con fin de abastecimiento de agua potable hacia los usuarios del Sistema de Agua Potable Rural.
7. Según experiencias de especialistas, en donde el exceso de presiones de ingreso del flujo de agua cruda al reservorio produce alteraciones en el funcionamiento correcto del control del nivel estático en un reservorio, se sugiere a parte del diseño controlado de presiones de agua al ingreso al reservorio del SAP Rural, se debe complementar con estructura de control de presiones en puntos estratégicos determinados por la topografía en el trayecto de la línea de conducción del SAP, tales como el tubo rompe carga y cámaras rompe presión que mantengan una presión de ingreso que garanticen el correcto funcionamiento del control del nivel estático en un reservorio de un SAP Rural.
8. Según agente potabilizador, tal como es el hipoclorito de calcio al 70%, y por la disponibilidad en el mercado local, se debe realizar un vertido de cantidad de diseño con la finalidad de que la concentración sea la adecuada para potabilizar el agua, el cual debe verificarse con la concentración del cloro residual que será determinado mediante análisis del comparador de cloro residual con pastillas DPD-1.



Agüero, R. 2003. Agua potable para poblaciones rurales; sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. SER (Servicio Educativo Rural, P). Lima.Perú.167p.

Agüero, R. 2004. Procedimientos para la operación y mantenimiento de captaciones y reservorios de almacenamiento .OPS (Organización Panamericana de la Salud). Lima. Perú. 19 p.

Ampuero, R; Faysse,N; Quiroz,F. 2005. Metodología de apoyo a comités de agua potable en zonas peri-urbanas: diagnóstico integrado para el mejoramiento de la gestión y visión al futuro. Agua 2005. Cali, Colombia.8p.

OPS-OMS, 2009, Medición de Cloro residual en el agua, Guía Técnica N° 11., 4 p.

INDUQUIM ACI. 2004; determinación de cloro residual y cloro total, Folleto técnico, 6 p.

Normas oficiales para la calidad del agua Perú, 1995, Reglamento De Calidad Del Agua De Consumo Humano,

Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, v.27 n.4 Lima oct./dic. 2010, Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010.



PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1: Reservoirio del Sistema de Agua Potable Rural El Tambo.



Foto 2: Limpieza del reservoirio del SAP El tambo, antes de registrar datos.



Foto 3: Nótese el flujo de agua al ingreso al reservorio de manantial.

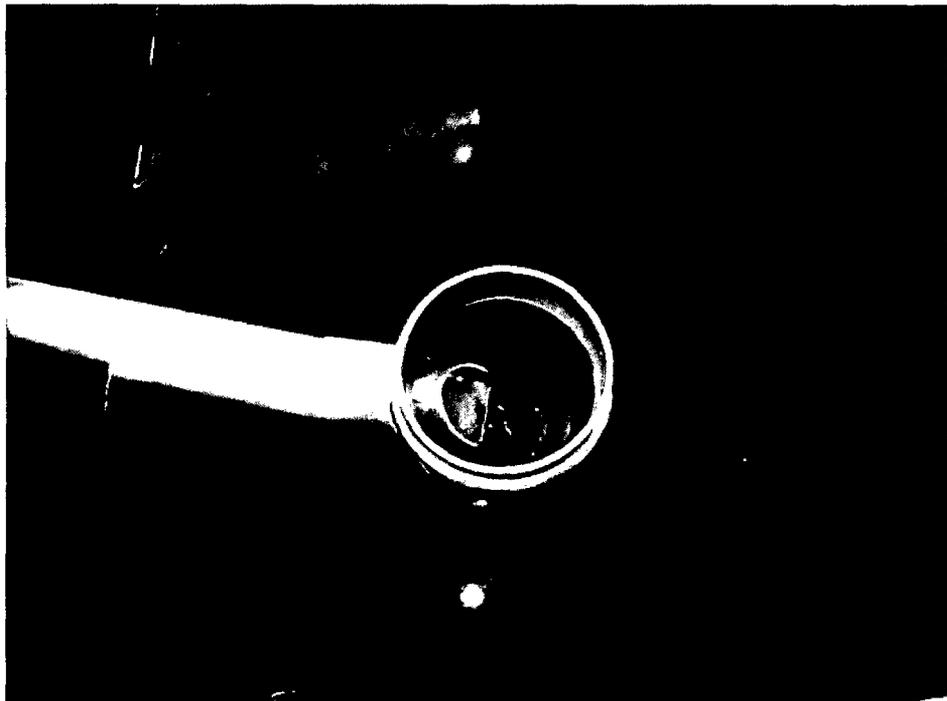


Foto 4: Adaptación del flujo de ingreso mediante el nivel estático.



Foto 5: Nótese el flujo por efecto de rebose en reservorio de SAP Tambo.



Foto 6: Determinación de la concentración de cloro residual mediante el método DPD-1.

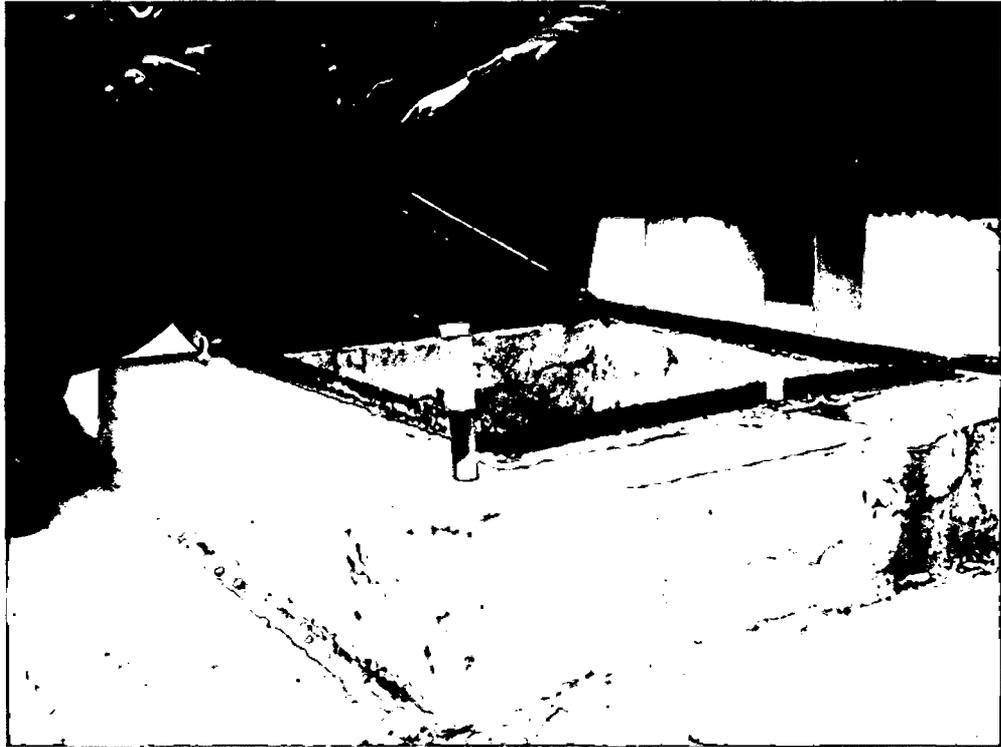


Foto 7: Determinación de la concentración de cloro residual mediante el método DPD-1.

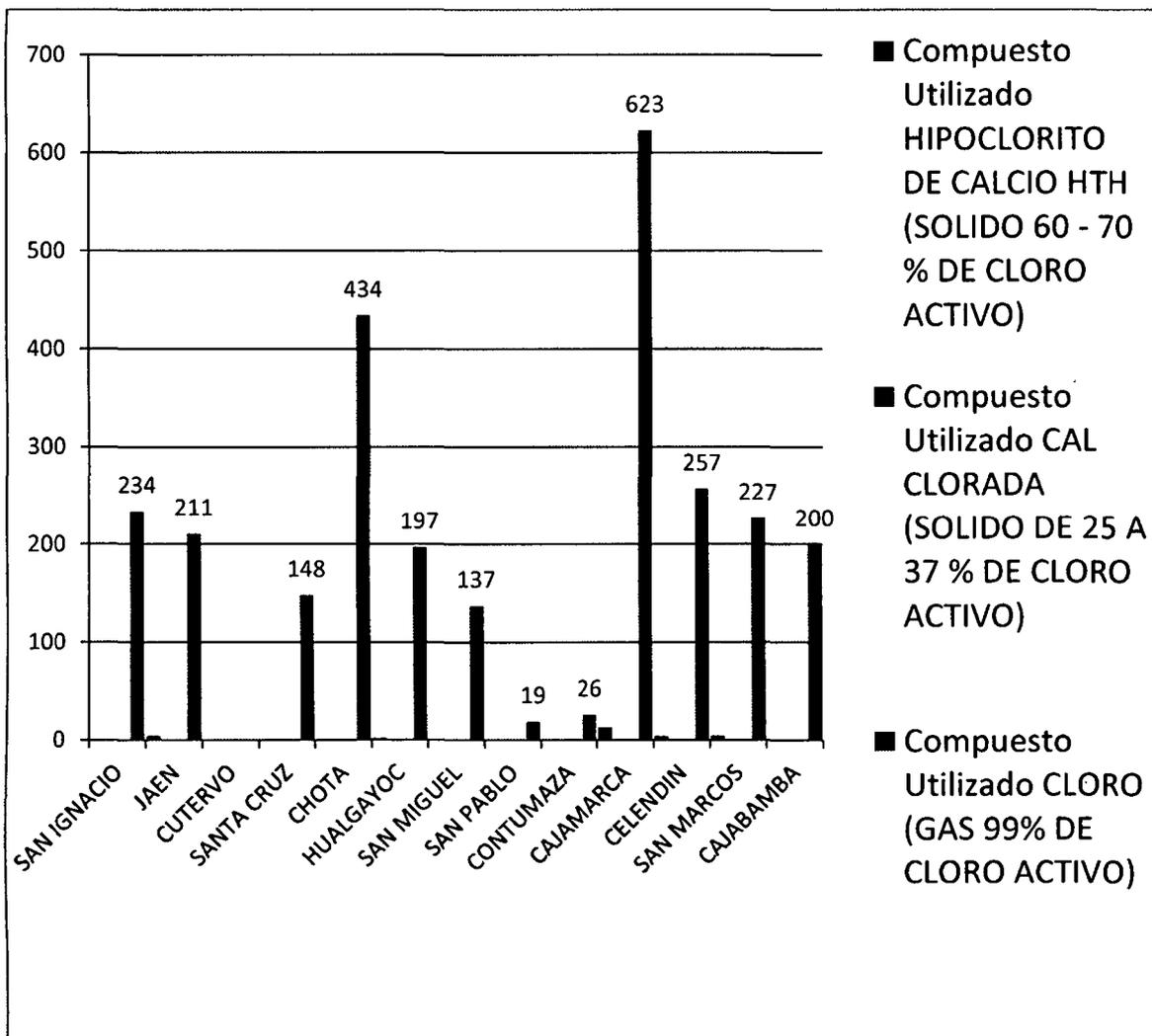
CUADROS DE UTILIZACION DE CLORO REGION CAJAMARCA
PROCESO DE CLORACION RESERVORIOS SAPs

PROVINCIA	SI CLORAN	NO CLORAN	SI (%)	NO (%)	AÑO
JAEN	37	479	7.2	92.8	2006
SAN MARCOS	96	139	40.8	59.2	2006
HUALGAYOC	34	261	11.5	88.5	2007
CUTERVO	104	409	20.3	79.7	2007
SAN PABLO	34	71	32.3	67.6	2008
CAJAMARCA	168	266	38.7	61.3	2009
SANTA CRUZ Y CAJABAMBA	6	138	4.2	95.8	2010
SAN MIGUEL	110	145	43.1	56.9	2011
TOTAL	589	1908	23.6	76.4	

Fuente: Sistema de Información de agua y saneamiento – SIRAS Cajamarca

N° SISTEMAS DE AGUA POTABLE EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA – TIPO DE CLORACIÓN

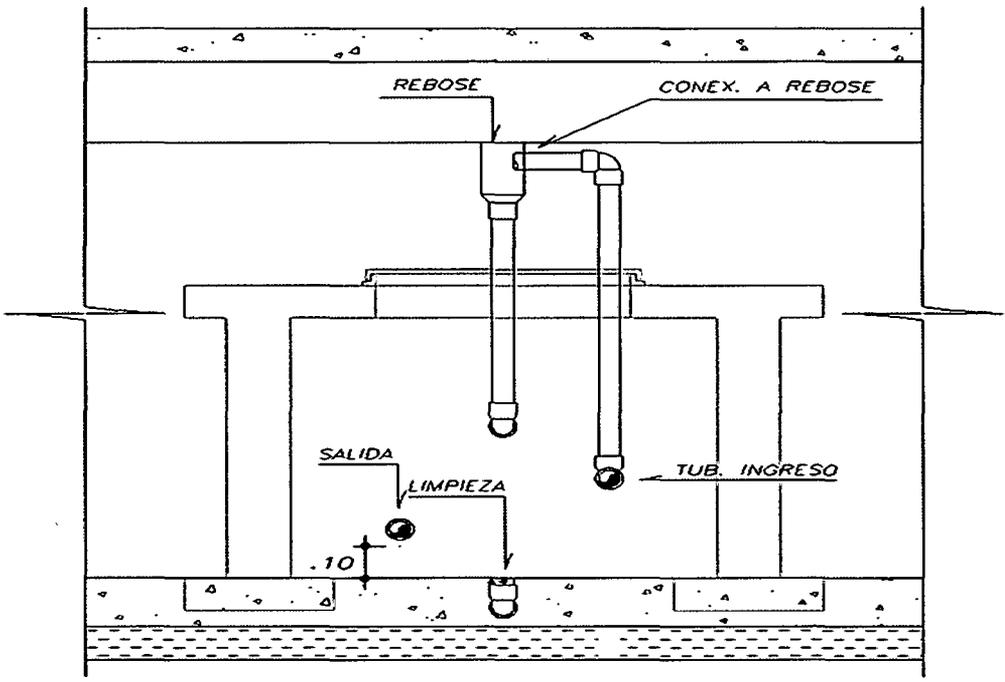
Registro de 12 provincias a inicios del 2013 – DESA Cajamarca



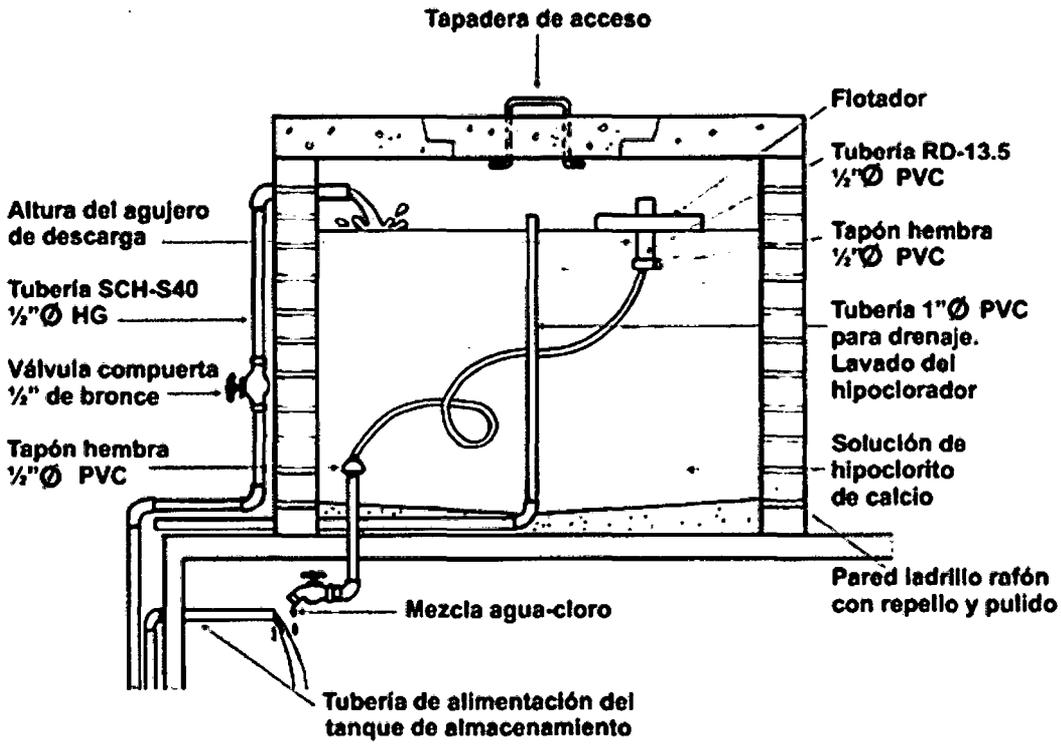
2713 SAP venían utilizando hipocloradores con Hipoclorito de calcio al 33%

Problema actual: El mercado no vende hipoclorito de calcio al 33% y por lo tanto la mayoría de sistemas de agua para consumo humano no están suministrando cloro.

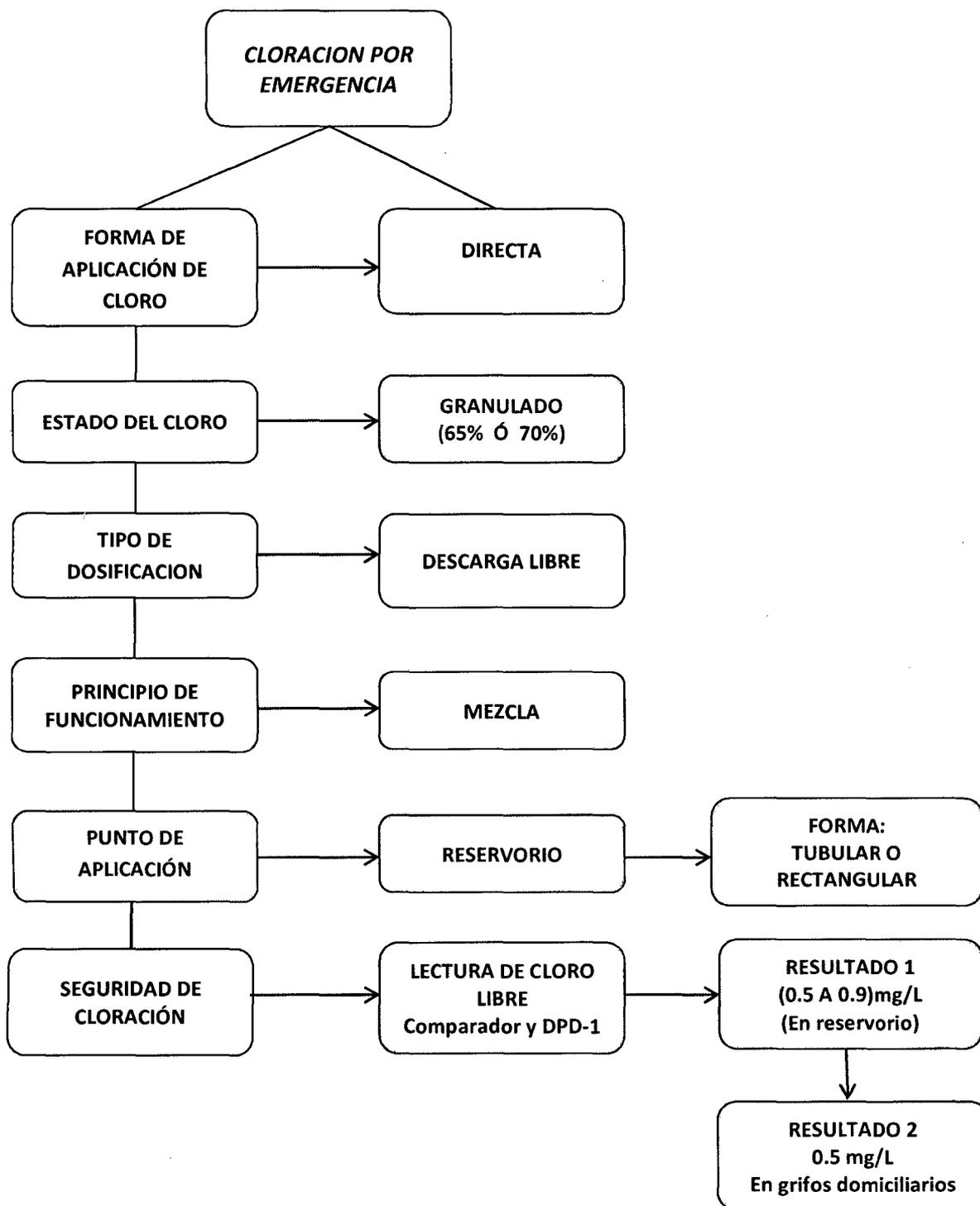
ESQUEMA NIVEL ESTÁTICO EN RESERVORIO

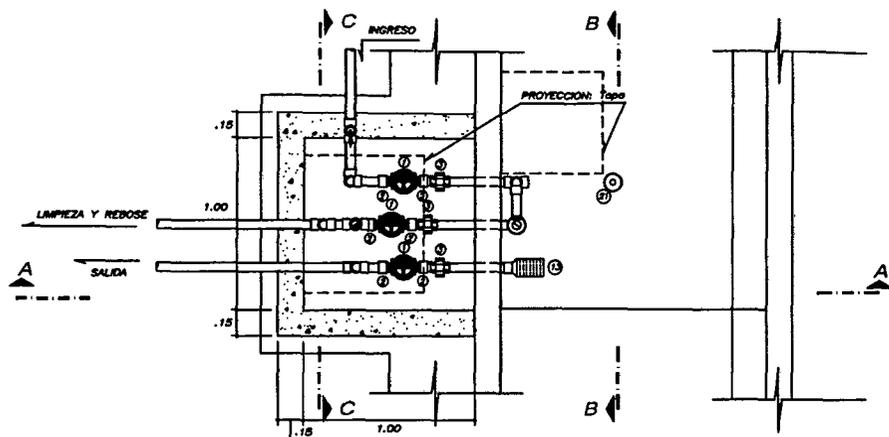


ESQUEMA CLORACION POR GOTEO



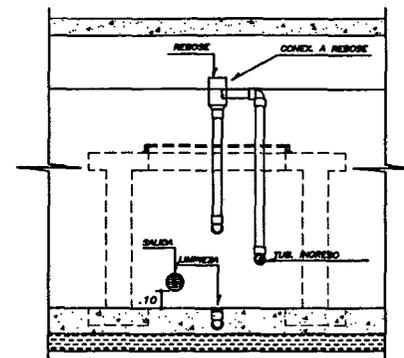
CLORACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO A RESERVORIO LLENO





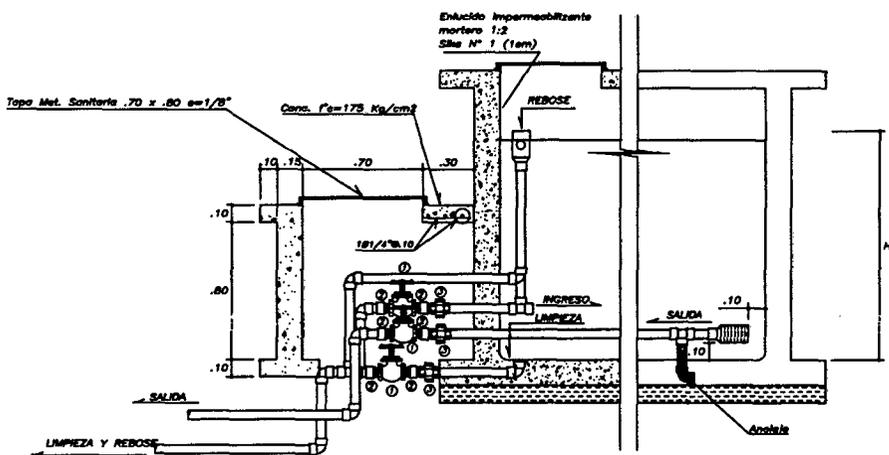
PLANTA

ESC. 1:30



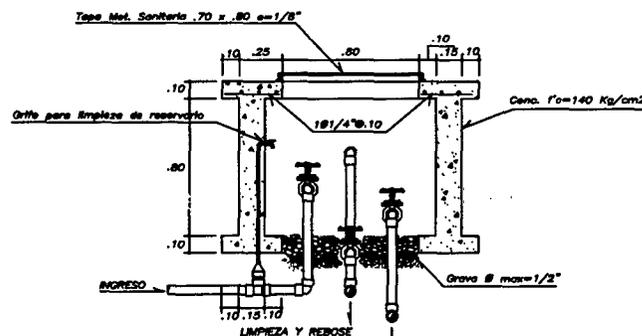
CORTE B-B

ESC. 1:30



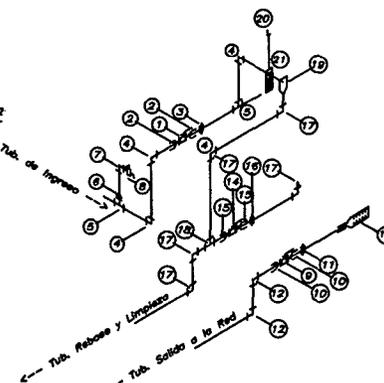
CORTE A-A

ESC. 1:30



CORTE C-C

ESC. 1:30



ESQ. ISOMETRICO DE TUBERIAS

5/8"

CUADRO DE ACCESORIOS

N°	ACCESORIO	CANT.	DIAM.
INGRESO			
1	Válvula Esférica Ø 3/4"	01	
2	Adaptadores UPR PVC Ø 1/2"	01	
	Adaptadores UPR PVC Ø 3/4"	02	
3	Unión Universal PVC Ø 3/4"	01	
4	Codo PVC SAP 90° Ø 3/4"	03	
5	Tee PVC SAP Ø 3/4"	02	
6	Reducción PVC Ø 3/4" - 1/2"	01	
7	Codo F° G° Ø = 1/2"	01	
8	Grifo Ø = 1/2"	01	
SALIDA			
9	Válvula Esférica Ø 1"	01	
10	Adaptadores UPR PVC Ø 1"	02	
11	Unión Universal PVC Ø 1"	01	
12	Codo PVC SAP 90° Ø 1"	02	
13	Cono PVC Ø 3" x 1"	01	
LIMPIEZA Y REBOSE			
14	Válvula Esférica Ø 2"	01	
15	Adaptadores UPR PVC Ø 2"	02	
16	Unión Universal PVC Ø 2"	01	
17	Codo PVC SAP 90° Ø 2"	06	
18	Tee PVC SAP SP Ø 2"	02	
19	Cono PVC Ø 4" x 2"		
	Codo de Reboso PVC Ø 4" x 2"		
CLORACION			
20	Gancho PVC para Hipoclorador	01	
21	Hipoclorador de Flujo - Difusión	01	

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO
 C' ARMADO: f'c = 175 Kg/cm²
 C' SIMPLE f'c = 140 Kg/cm²
ACERO

Acero f'y = 4200 Kg/cm²

RECLUBRIMIENTOS MINIMOS:

Losa de techo = 2 cms.

TARRAJES Y DERRAMES

Interior 1:1 ø=2.0 cms.

Exterior 1:3 ø=1.5 cms.

TUBERIA Y ACCESORIOS

Tubería y accesorios PVC deben cumplir Norma Técnica Peruana ISO 4422 para fluidos a presión.

CUADRO DE MATERIALES

DESCRIPCION	UND.	CANT.
Cemento Portland tipo 1	Bols.	6
Arene	m³	0.80
Piedra Ø mín. 1/2"	m³	0.80
Acero de Ø = 1/4"	m.	9

OBSERVACIONES

La conexión entre la tubería de ingreso y el cono de reboso evita la pérdida de agua clorada.

El centrado se evaluará el uso de válvula Rotadora en lugar de la conexión ingreso - cono de reboso



PROGRAMA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA SOSTENIBLE "REDESA"



INSTALACION DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE RURAL Y SANEAMIENTO, CAPACITACION EN ADMINISTRACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SERVICIOS Y EDUCACION SANITARIA DE EL TAMBO

COMANDO:

MUNICIPALIDAD DISTRITAL - MINSA - CARE - COMUNIDAD

PLANO:

RESERVOIRIO, CASETA DE VALVULAS : PLANTA - CORTES

DPTO:

CAJAMARCA

PROV:

CELENDIN

DIST:

JOSE GALVEZ

CASERIO:

EL TAMBO

LAMINA:

PROY:

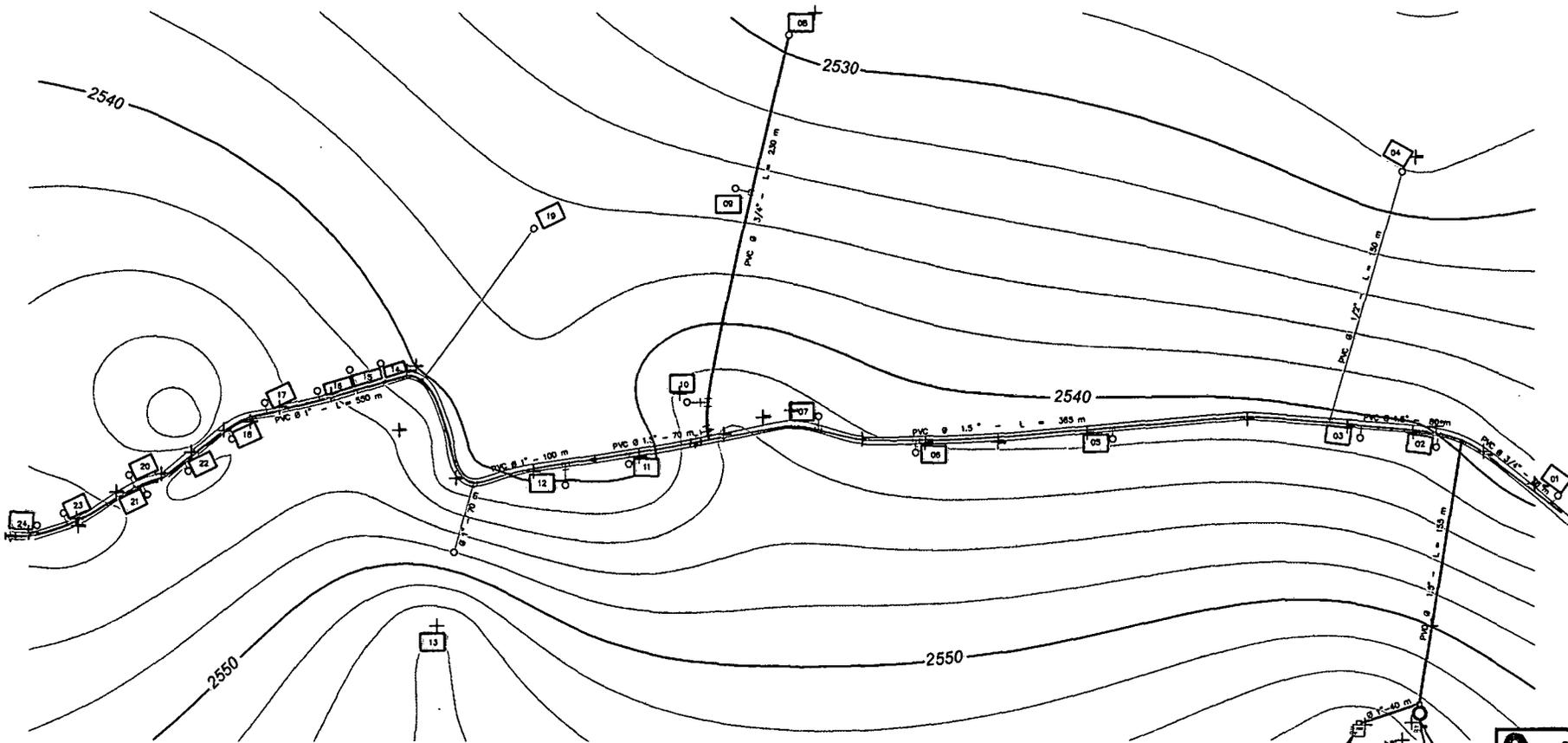
Indicada

ESC.:

Indicada

FEDTA:

AGOSTO 2003



PABRON DE BENEFICIARIOS

1. FELIPE ROJAS DÍAZ
2. QUINTILLANO COLLANTES SÁNCHEZ
3. ELMO ESCOBAL MONTFOYA
- 4.
5. MARGARITA ZAMORA VDA. DE DÍAZ
6. ADOLFO TERRONES BAZAN
7. EDITA ORTIZ TERRONES
8. CRISTINA ORTIZ VELA
9. SIXTO DÍAZ MALAYER
10. WALTER RABANAL ARAUJO
11. EULOGIO HUINCO
12. JUSTINO MONTFOYA CHÁVEZ
13. TEOFILO MORI DÍAZ
- 14.
- 15.
- 16.
17. MARTHA REYNA VILLANUEVA
18. DAVID MONTFOYA MORI
19. DIGNA VELÁSQUEZ
20. NORMA VELÁSQUEZ LEYVA
21. FLAVIO VELÁSQUEZ ROJAS
22. EMPERATRIZ GARRIDO ARAUJO
23. NICOLÁS VELÁSQUEZ ROJAS
24. CIRILO CHÁVEZ CABANILLAS

LEYENDA

- CAPTACIÓN
- RESERVORIO
- TROCHA CARROZABLE
- TUBERÍA
- CASA
- VÁLVULA DE CONTROL
- VÁLVULA DE PURGA
- PILETA

TUBERÍA, VÁLVULAS Y ACCESORIOS		
DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	CANTIDAD
LINEA DE CONDUCCIÓN		
TUBO PVC C - 10	1"	40 m
RED DE DISTRIBUCIÓN		
TUBO PVC C - 7.5	1.5"	670 m
	1"	220 m
TUBO PVC C - 10	3/4"	300 m
	1/2"	490 m
TEE PVC SAP	1.5"	09 UNO
	1"	13 UNO
REDUCCIÓN PVC	1.5" a 3/4"	03 UNO
	1.5" a 1/2"	07 UNO
	1" a 1/2"	13 UNO
	3/4" a 1/2"	04 UNO
VÁLVULA DE CONTROL	1/2"	01 UNO
	3/4"	01 UNO
VÁLVULA DE PURGA	1"	01 UNO
PILETAS	---	23 UNO

CAPTACIÓN DE FONDO
 C.F. : 2537.224 m.s.n.m.
 Qm³ : 0.123 l/seg.

RESERVORIO CIRCULAR
 C.F. : 2533.50 m.s.n.m.
 Volumen : 5 m³
 Qm³ : 0.248 l/seg.

PROGRAMA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA SOSTENIBLE "REDESA"

INSTALACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE RURAL Y BARRIO SUSTENTABLE. CAPACITACIÓN EN ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SERVICIOS Y EDUCACIÓN SANITARIA DE EL TIEMPO.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL - MINSA - CARE - COMUNIDAD

LINEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

CHAMBO	CHAMBO	JOSE BALBUENA	EL TIEMPO
			ABRIL 2007



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 0246 - 2014

Solicitante: Municipalidad Distrital de José Gálvez
Dirección: El Tambo

DATOS DEL MUESTREO (datos por el solicitante)	CONTROL DE LABORATORIO
Procedencia de la muestra: Manantial El Tambo	Fecha/hora de recepción: 17/07/14 – 16:23 h.
Fecha/hora de muestreo: 17/07/14 – 10:40 h	Fecha de inicio del ensayo: 17/07/14 – 17:15 h
Muestreado por: Leidy Margot Carrascal Díaz	Comprobante de pago: B.V. N° 032178
Localidad: El Tambo	
Distrito: José Gálvez	DATOS DE LA MUESTRA
Provincia: Celendín	Código de Laboratorio: 305
Departamento: Cajamarca	Código dado por el Solicitante: -----

Código Lab.	Muestra		Ensayos	
	Código dado por el usuario	Punto de muestreo	Coliformes Totales: 35°C (UFC/100 ml)	Coliformes Fecales: 44,5°C (UFC/100 ml)
305	-----	Manantial El Tambo	15	2

Nota: < 1: significa ausencia
Límite de Detección del Método: < 1

Método de ensayo: Método Estándar 9222.B,D
Filtración de Membrana. Cap. 9: Método 9222 B,D. APHA, AWW, WEF. 21 th ed. 2005



Cajamarca, 24 de Julio de 2014

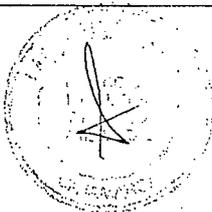


**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 186 – 2014.**

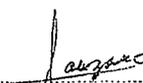
Solicitante: Municipalidad Distrital de José Gálvez
Dirección: El Tambo

<u>DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)</u>	<u>CONTROL DE LABORATORIO</u>
Procedencia de la muestra: Manantial El Tambo	Fecha/hora de recepción: 17/07/14 – 16:23 h.
Fecha/hora de muestreo: 17/07/14 – 10:40 h	Fecha de inicio del ensayo: 17/07/14 – 17:15 h
Muestreado por: Leidy Margot Carrascal Díaz	Comprobante de pago: B.V. N° 032178
Localidad: El Tambo	
Distrito: José Gálvez	DATOS DE LA MUESTRA
Provincia: Celendín	Código de Laboratorio: 305
Departamento: Cajamarca	Código dado por el Solicitante: -----

Ensayos	Resultados	LMP DEL D.S. N° 002-2008-MINAM "Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua"	Método de ensayo
pH (8.9 °C)	6.66	6.5 – 8.5	Método electrométrico. Parte 4500-H-B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	17.7	1500	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Edition.
Sólidos Totales Disueltos STD (mg/l)	8.0	1000	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Turbidez (UNT)	0.49	5	Método Nefelométrico.
Cloro (mg/l)	0.00	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO ₄ (mg/l)	1.1	250	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	0.221	0.3	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	0.000	2.0	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.005	0.05	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.0079	1.0	Diazotization Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Nitrato: NO ₃ ⁻ (mg/l)	2.0	10	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Aluminio: (Al)	0.008	3	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas



Cajamarca, 24 de Julio de 2014.


Jorge Salazar Cabañas
BIOLOGO
C.B. 3511

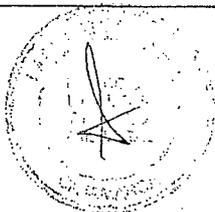


**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 186 – 2014.**

Solicitante: Municipalidad Distrital de José Gálvez
Dirección: El Tambo

<u>DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)</u>	<u>CONTROL DE LABORATORIO</u>
Procedencia de la muestra: Manantial El Tambo	Fecha/hora de recepción: 17/07/14 – 16:23 h.
Fecha/hora de muestreo: 17/07/14 – 10:40 h	Fecha de inicio del ensayo: 17/07/14 – 17:15 h
Muestreado por: Leidy Margot Carrascal Díaz	Comprobante de pago: B.V. N° 032178
Localidad: El Tambo	
Distrito: José Gálvez	<u>DATOS DE LA MUESTRA</u>
Provincia: Celendín	Código de Laboratorio: 305
Departamento: Cajamarca	Código dado por el Solicitante: -----

Ensayos	Resultados	LMP DEL D.S. N° 002-2008-MINAM "Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua"	Método de ensayo
pH (8.9 °C)	6.66	6.5 – 8.5	Método electrométrico. Parte 4500-H-B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	17.7	1500	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Edition.
Sólidos Totales Disueltos STD (mg/l)	8.0	1000	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 20 TH Ed.
Turbidez (UNT)	0.49	5	Método Nefelométrico.
Cloro (mg/l)	0.00	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO ₄ (mg/l)	1.1	250	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	0.221	0.3	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	0.000	2.0	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.005	0.05	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.0079	1.0	Diazotization Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Nitrato: NO ₃ ⁻ (mg/l)	2.0	10	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or Accu Vac Ampuls)
Aluminio: (Al)	0.008	3	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas



Cajamarca, 24 de Julio de 2014.



Jorge Salazar Cabañas
Jorge Salazar Cabañas
BIOLOGO
C.B. N° 3511



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 0246 - 2014

Solicitante: Municipalidad Distrital de José Gálvez
Dirección: El Tambo

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra: Manantial El Tambo		Fecha/hora de recepción: 17/07/14 – 16:23 h.	
Fecha/hora de muestreo: 17/07/14 – 10:40 h		Fecha de inicio del ensayo: 17/07/14 – 17:15 h	
Muestreado por: Leidy Margot Carrascal Díaz		Comprobante de pago: B.V. N° 032178	
Localidad: El Tambo			
Distrito: José Gálvez		DATOS DE LA MUESTRA	
Provincia: Celendín		Código de Laboratorio: 305	
Departamento: Cajamarca		Código dado por el Solicitante: -----	

Código Lab.	Muestra		Ensayos	
	Código dado por el usuario	Punto de muestreo	Coliformes Totales : 35°C (UFC/100 ml)	Coliformes Fecales : 44,5°C (UFC/100 ml)
305	-----	Manantial El Tambo	15	2

Nota: < 1: significa ausencia
Límite de Detección del Método: < 1

Método de ensayo: Método Estándar 9222.B,D
Filtración de Membrana. Cap. 9: Método 9222 B,D. APHA, AWW, WEF. 21 th ed. 2005



Cajamarca, 24 de Julio de 2014