



IMPLEMENTACION DE LA TECNOLOGÍA DE GOTERO AUTOCOMPENSANTE PARA CLORACION DE AGUA DE CONSUMO HUMANO, RUMICHACA - AYACUCHO 2015

Máximo Palomino-Aybar^{1,a}, Juan Berrocal-Aviles^{1,a}, Jackeline Condorpusa-Yupanqui^{1,a}, Jeanne Salvatierra-Livia^{1,b}, Hugo Infanzón-Escobar^{1,b}, Edgar Llamocca-Machuca^{1,a}

RESUMEN:

Objetivos. Determinar que la tecnología del gotero autocompensante, garantice los rangos de cloro residual en la red de distribución de la Comunidad de Rumichaca, Ayacucho. **Métodos.** El área de estudio es la comunidad de Rumichaca, con una población de 300 habitantes y 60 viviendas con instalación de agua domiciliaria; la evaluación de la Tecnología de gotero autocompensante para la cloración por goteo, se desarrolló por un periodo de 30 días, determinándose primero el aforo del caudal de agua a nivel de la captación y la llegada del mismo en el reservorio, además la determinación de la cantidad de Hipoclorito de calcio al 70% a utilizar en la preparación de la solución madre, para un volumen de 750 L (Rotoplas); garantizando que la concentración de cloro residual a nivel del reservorio sea de 1 ppm, y en la red de distribución de 0.5 ppm., el rendimiento de dicha tecnología es de 1 litro por hora, habiéndose realizado la medición de los parámetros de campo (temperatura, pH, turbidez, cloro residual) en forma diaria por un periodo de 30 días. **Resultados.** La implementación de la tecnología de gotero autocompensante para la cloración por goteo, permitió dosificar la cantidad óptima de cloro, que garantizó el suministro de agua con un cloro residual de 0.5 a 1.0 ppm. en la red de distribución de la comunidad de Rumichaca, en un periodo de 30 días. **Conclusiones.** La cloración por goteo utilizando la tecnología de gotero autocompensante, demuestra que los rangos de cloro residual en la red de distribución están dentro de los parámetros establecidos por el D. S. N° 031-2010-S.A. en un periodo de 30 días. Esta tecnología actividades de operación y mantenimiento por parte de la JASS.

Palabras permite que la carga de la solución madre sea una vez al mes, siendo de manejo simple y minimiza las **Claves:** Tecnología gotero autocompensante, Cloración por goteo, Solución madre, Hipoclorito de calcio.

ABSTRACT

Objectives. To determine the ranges of residual chlorine in the water distribution network of the Community of Rumichaca, Ayacucho through the self-compensating dripping technology. **Methods.** The study area is the community of Rumichaca, with a population of 300 inhabitants and 60 houses with installed household water; the assessment of the self-compensating dripping technology for chlorination by dripping, was developed over a period of 30 days, first determining the capacity of flow at water intake system and at its arrival in the reservoir, besides determining the amount of Calcium Hypochlorite 70% used in the preparation of the stock solution to a volume of 750 liters (Rotoplas); ensuring that the level of concentration of residual chlorine in reservoir is 1 ppm, and in the distribution network of 0.5 ppm., the performance of such a technology is 1 liter per hour, the measurement of field parameters (temperature, pH, turbidity, residual chlorine) having been conducted on a daily basis for a period of 30 days. **Results.** Implementing the self-compensating dripping technology for chlorination by dripping allowed optimal dosing amount of chlorine, which guaranteed the supply of water with residual chlorine of 0.5 to 1.0 ppm. in the distribution network of the community of Rumichaca, over a period of 30 days. **Conclusions.** Chlorination by dripping using the self-compensating dripping technology shows that the ranges of residual chlorine in the distribution network are within the parameters established by SD No. 031-2010-SA over a period of 30 days. This technology allows the load of the stock solution be once a month, with simple handling and minimizing operating and maintenance activities by the JASS.

Keywords: Self-compensating dripping technology, chlorination by dripping, Stock solution,

¹ Dirección de Salud Ambiental, Dirección Regional de Salud Ayacucho, Ayacucho, Perú.

^a Ingeniero; ^b Biólogo



INTRODUCCIÓN:

La cloración es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados. Normalmente se emplea hipoclorito de calcio por su mayor facilidad de almacenamiento y dosificación, el tratamiento del agua por cloración **permite eliminar de forma sencilla y con bajo costo la mayor parte de los microbios, las bacterias, los virus y los gérmenes** responsables de enfermedades como la disentería, la fiebre tifoidea y el cólera; no obstante, es incapaz de destruir ciertos microorganismos y parásitos patógenos.

La Dirección Regional de Salud de Ayacucho, mediante la valiosa experiencia desde el año 1962, a través del Plan Nacional de agua Potable y alcantarillado Rural (PNAPAR); posteriormente como Dirección de Saneamiento Básico Rural (DISABAR), luego denominado Programa Integral de Saneamiento Básico Rural (PROISABAR), posteriormente Programa Nacional de Saneamiento Rural (PRONASAR) y finalmente a través de la Dirección General de Salud ambiental (DIGESA); ha ejecutado proyectos de construcción de sistemas de agua potable en comunidades rurales del país y en la actualidad la Dirección de Salud Ambiental de la DIRESA Ayacucho, cumple la función de vigilancia de la calidad de agua de consumo humano, refrendado mediante el D.S. 031-2010-S.A.

En este contexto y fruto de trabajos permanentes y la búsqueda de mecanismos que coadyuven a mejorar la calidad de vida de la población ayacuchana, se ha implementado la tecnología de gotero autocompensante para sistemas de agua potable en zona rural, a fin de garantizar la calidad de agua de consumo humano en las comunidades de la Región de Ayacucho; trabajo que servirá para la concretización del manual de Cloración por goteo para las comunidades rurales del país, a ser publicado por la DIGESA - LIMA.

La Organización de las Naciones Unidas, considera el acceso al agua limpia como un derecho básico, y como un paso esencial hacia la mejora de los estándares de vida en todo el mundo, ya que su calidad está directamente relacionada con la salud humana (OMS-2003)

El presente trabajo se desarrolló en coordinación con la GIZ Fondo Contravalor Perú – Alemania, Programa agua potable y alcantarillado (PROAGUA), la Dirección de Salud Ambiental de la DIRESA Ayacucho y el

apoyo técnico de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud del Perú.

Se realizó la implementación de dicha tecnología de gotero autocompensante en 08 localidades: Chancaray, Panpachacra, La Victoria, Espiritu Santo y Qanqayllu (Huanta), Socos, Paqapata y Rumichaca (Huamanga).

El objetivo primordial de este trabajo, fue determinar el tiempo de duración de la solución madre; mediante la tecnología de gotero autocompensante, que permita que las viviendas de la comunidades de Rumichaca, cuenten con una concentración de cloro residual de 0.5 a 1.00 ppm en el agua de consumo humano, lo cual fue confirmado por los resultados de los parámetros de campo, evaluados durante 30 días.

MATERIALES Y METODOS

AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Comunidad de Rumichaca, cuya Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) se encontraba desorganizado, cuenta con una población de 300 habitantes y 60 viviendas con instalación de agua domiciliaria; la población de dicha jurisdicción consumía agua entubada lo que generaba el incremento de enfermedades parasitarias y casos de EDAs.

La evaluación de la Tecnología de Cloración por goteo a través de gotero autocompensante, se desarrolló por un periodo de 30 días (18 de diciembre 2014 al 16 de enero 2015) en la localidad de Rumichaca, del distrito de Jesús de Nazareno, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.

PROCEDIMIENTO

- ✓ Se realizó una evaluación preliminar del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad en mención, determinándose el aforo del caudal de agua a nivel de la captación y la llegada del mismo en el reservorio del sistema.
- ✓ Mediante el método de la conservación de masas se realizó los cálculos matemáticos para la determinación de la cantidad de Hipoclorito de calcio al 70% a utilizar, en la preparación de la solución madre para un volumen de 750 lts (Rotoplas); garantizando que la concentración a nivel del reservorio sea de 1 ppm, lo cual permitirá que la



concentración de 0.5 ppm de cloro residual sea suministrado en las viviendas más alejadas de la población.

- ✓ La tecnología y rendimiento del gotero autocompensante de 1 litro por hora y la capacidad del tanque rotoplas (750 L), garantizó que la solución madre tenga una duración de abastecimiento de 30 días.
- ✓ El equipo Técnico, determino los parámetros de campo (temperatura, pH, turbidez, cloro residual) en forma diaria por un periodo de 30 días.
- ✓ El principio de la tecnología del gotero autocompensante permite regular el caudal de manera precisa (Narayanann - 1998)

- ✓ Flexómetros
- ✓ Cordeles
- ✓ Válvula de paso de ½" PVC
- ✓ Tees de PVC
- ✓ Codos PVC ½" x 90°
- ✓ Pegamentos para PVC
- ✓ Hoja de lija
- ✓ Hoja de sierra

EQUIPOS E INSUMOS

- ✓ Hipoclorito de calcio al 70%
- ✓ DPD – 1
- ✓ Pastillas para determinación de pH.
- ✓ Comparador de cloro y pH.
- ✓ Multiparametrico
- ✓ Probetas graduadas
- ✓ Pehachimetro digital
- ✓ Turbidimetro digital
- ✓ Colorimetro digital

MATERIALES

- ✓ Tanque de rotoplast de 750 litros, al cual se le ha adicionado los siguientes accesorios: Multiconector, Válvula para línea de 1", filtro de anillos, reductor o busing de 1 a ¼", manguera de polietileno o micro tubo de ¼" y finalmente el gotero autocompensante de un rendimiento de 1 lts/hora que se emplea en el riego por goteo para las terrenos de cultivos.
- ✓ Caseta de cloración en el que se utilizó: ladrillos rojos, durmientes y listones de madera, calaminas, puerta metálica
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Fichas de registro de cloro residual
- ✓ Baldes de 20 lts y 4 lts.
- ✓ Mascarilla con filtros
- ✓ Guantes industriales
- ✓ Lentes de protección 3 M

RESULTADOS

La implementación de la tecnología de gotero autocompensante para la cloración por goteo, permitió dosificar la cantidad optima de cloro, que garantizo el suministro de agua de consumo humano con un cloro residual de 0.5 a 1.0 ppm. en la red de distribución del sistema de agua potable de la comunidad de Rumichaca, en un periodo de 30 días.

Salud Ambiental... previniendo impactos negativos en la salud

Tabla 1. Monitoreo de parámetros de campo en el reservorio, vivienda cercano al reservorio, vivienda lejano al reservorio en la comunidad de Rumichaca, Jesús Nazareno, Ayacucho 2015.

Lugar de Muestreo	Fecha	Temperatura	pH	Turbidez	Cloro residual
Reservorio	18/12/2014	22.06	7.89	0.00	1.00
Vivienda cercano al Reservorio		23.21	7.86	0.65	0.98
Vivienda lejano al Reservorio		23.2	7.87	0.00	0.95
Reservorio	19/12/2014	26.27	7.56	0.00	1.00
Vivienda cercano al Reservorio		22.68	7.43	0.17	0.96
Vivienda lejano al Reservorio		22.06	7.68	0.00	0.94
Reservorio	20/12/2014	25.67	7.61	0.00	1.00
Vivienda cercano al Reservorio		25.6	7.78	0.00	0.95
Vivienda lejano al Reservorio		25	7.65	0.00	0.93
Reservorio	21/12/2014	23.34	7.22	0.00	1.00
Vivienda cercano al Reservorio		26.72	7.26	0.08	0.95
Vivienda lejano al Reservorio		25.76	7.31	0.00	0.93



Salud Ambiental... previniendo impactos negativos en la salud

Reservorio	22/12/2014	20.69	7.35	0.00	0.99
Vivienda cercano al Reservorio		21.2	7.61	0.00	0.93
Vivienda lejano al Reservorio		20.32	7.6	0.00	0.90
Reservorio	23/12/2014	24.32	7.5	0.00	0.99
Vivienda cercano al Reservorio		24.4	7.36	0.00	0.90
Vivienda lejano al Reservorio		20.32	7.56	0.00	0.89
Reservorio	24/12/2014	21.15	7.56	0.01	0.98
Vivienda cercano al Reservorio		22.18	7.49	0.02	0.91
Vivienda lejano al Reservorio		21.89	7.58	0.08	0.90
Reservorio	25/12/2014	22.51	7.54	0.15	0.98
Vivienda cercano al Reservorio		21.78	7.52	0.01	0.90
Vivienda lejano al Reservorio		23.48	7.29	0.09	0.88
Reservorio	26/12/2014	22.89	7.52	0.08	0.95
Vivienda cercano al Reservorio		23.58	7.48	0.03	0.89
Vivienda lejano al Reservorio		21.42	7.6	0.05	0.87
Reservorio	27/12/2014	21.54	7.76	0.09	0.95
Vivienda cercano al Reservorio		22.48	7.8	0.05	0.89
Vivienda lejano al Reservorio		21.87	7.56	0.07	0.86
Reservorio	28/12/2014	20.58	7.59	0.08	0.95
Vivienda cercano al Reservorio		20.67	7.6	0.07	0.87
Vivienda lejano al Reservorio		20.89	7.77	0.09	0.85
Reservorio	29/12/2014	21.59	7.75	0.02	0.85
Vivienda cercano al Reservorio		20.69	7.66	0.05	0.78
Vivienda lejano al Reservorio		21.87	7.58	0.05	0.72
Reservorio	30/12/2014	20.6	7.81	0.12	0.80
Vivienda cercano al Reservorio		20.5	7.89	0.25	0.75
Vivienda lejano al Reservorio		20.9	7.58	0.15	0.71
Reservorio	31/12/2014	20.1	7.81	0.12	0.80
Vivienda cercano al Reservorio		20.5	7.78	0.21	0.74
Vivienda lejano al Reservorio		20.1	7.62	0.35	0.70
Reservorio	01/01/2015	19.4	7.48	0.2	0.78
Vivienda cercano al Reservorio		19.4	7.4	0.35	0.72
Vivienda lejano al Reservorio		19.4	7.19	0.15	0.7
Reservorio	02/01/2015	19.4	7.28	0.19	0.75
Vivienda cercano al Reservorio		19.4	7.31	0.27	0.70
Vivienda lejano al Reservorio		20.5	7.27	0.21	0.69
Reservorio	03/01/2015	19.4	7.48	0.22	0.73
Vivienda cercano al Reservorio		19.4	7.4	0.15	0.67
Vivienda lejano al Reservorio		19.4	7.19	0.20	0.63
Reservorio	04/01/2015	18.8	7.38	0.15	0.73
Vivienda cercano al Reservorio		18.8	7.24	0.10	0.65
Vivienda lejano al Reservorio		20.5	7.16	0.12	0.62
Reservorio	05/01/2015	20.58	6.95	0.00	0.73
Vivienda cercano al Reservorio		20.68	6.93	0.00	0.64

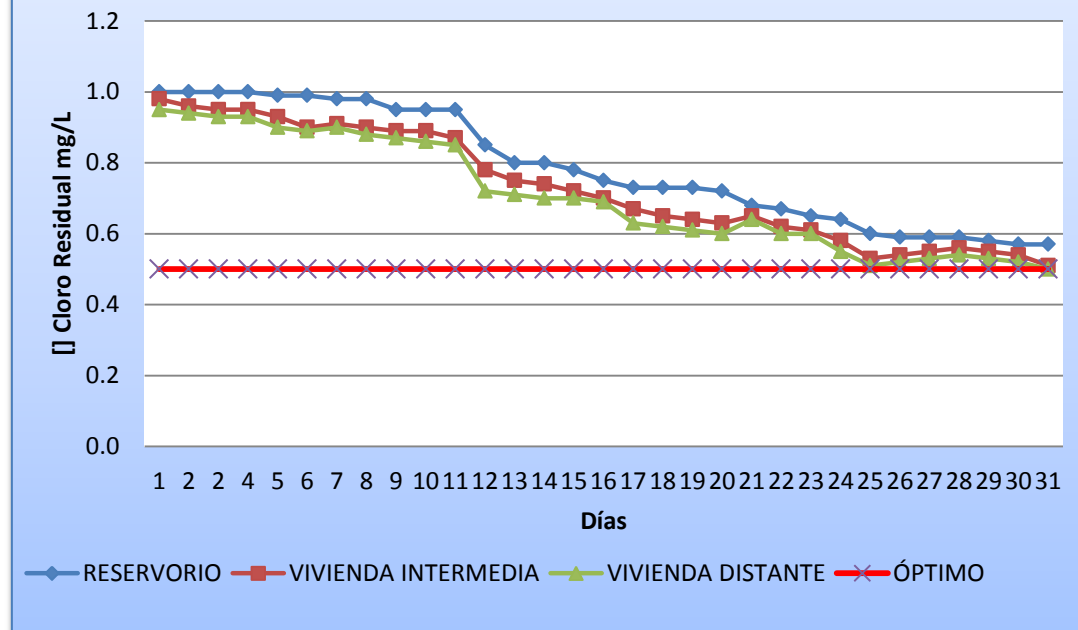


Salud Ambiental... previniendo impactos negativos en la salud

Vivienda lejano al Reservorio		20.52	6.89	0.00	0.61
Reservorio	06/01/2015	20.44	7.42	0.00	0.72
Vivienda cercano al Reservorio		20.81	7.13	0.00	0.63
Vivienda lejano al Reservorio		20.4	7.18	0.00	0.60
Reservorio	07/01/2015	20.38	7.04	0.00	0.68
Vivienda cercano al Reservorio		20.99	7.42	0.00	0.65
Vivienda lejano al Reservorio		21.26	7.47	0.00	0.64
Reservorio	08/01/2015	20.22	7.02	0.00	0.67
Vivienda cercano al Reservorio		21.56	6.93	0.00	0.62
Vivienda lejano al Reservorio		23.64	7.14	0.00	0.60
Reservorio	09/01/2015	22.34	7.8	0.00	0.65
Vivienda cercano al Reservorio		20.48	7.75	0.00	0.61
Vivienda lejano al Reservorio		20.69	7.3	0.00	0.60
Reservorio	10/01/2015	20.38	7.44	0.00	0.64
Vivienda cercano al Reservorio		21.00	7.04	0.00	0.58
Vivienda lejano al Reservorio		21.33	7.35	0.00	0.55
Reservorio	11/01/2015	21.57	7.25	0.00	0.60
Vivienda cercano al Reservorio		20.78	6.89	0.00	0.53
Vivienda lejano al Reservorio		22.54	7.35	0.00	0.51
Reservorio	12/01/2015	22.1	7.93	0.00	0.59
Vivienda cercano al Reservorio		21.21	8.21	0.00	0.54
Vivienda lejano al Reservorio		21.26	8.02	0.00	0.52
Reservorio	13/01/2015	24.5	7.45	0.00	0.59
Vivienda cercano al Reservorio		23.82	7.56	0.00	0.55
Vivienda lejano al Reservorio		26.58	7.26	0.00	0.53
Reservorio	14/01/2015	21.87	7.84	0.00	0.59
Vivienda cercano al Reservorio		21.9	6.98	0.00	0.56
Vivienda lejano al Reservorio		20.35	8.12	0.00	0.54
Reservorio	15/01/2015	21.24	7.95	0.00	0.58
Vivienda cercano al Reservorio		23.45	7.96	0.00	0.55
Vivienda lejano al Reservorio		22.41	8.01	0.00	0.53
Reservorio	16/01/2015	21.03	6.39	0.00	0.57
Vivienda cercano al Reservorio		22.6	7.15	0.00	0.54
Vivienda lejano al Reservorio		20.54	7.48	0.00	0.52
Reservorio	17/01/2015	20.91	7.93	0.00	0.57
Vivienda cercano al Reservorio		21.21	8.21	0.00	0.51
Vivienda lejano al Reservorio		21.26	8.02	0.00	0.5



Figura 01. Tendencia de la concentración de cloro residual durante 30 días utilizando gotero autocompensante Rumichaca, Ayacucho 2015



Salud Ambiental... previniendo impactos negativos en la salud

CONCLUSIONES

1. La cloración por goteo utilizando la tecnología de gotero autocompensante, demuestra que los rangos de cloro residual en la red de distribución están dentro de los parámetros establecidos por el D. S. N° 031-2010-S.A. en un periodo de 30 días.
2. La preparación de la solución madre que contiene hipoclorito de Calcio al 70%, garantizó una concentración de cloro residual adecuado en el sistema de agua potable de la comunidad de Rumichaca en el periodo de estudio.
3. La tecnología de gotero autocompensante es de manejo simple y permite minimizar las actividades de operación y mantenimiento por parte de la JASS y el operador del sistema.
4. Mediante la tecnología de gotero autocompensante, el operador y la JASS solo realizarán la carga de la solución madre una vez al mes.
5. Los costos promedios para la implementación de la tecnología de gotero autocompensante es accesible a la economía de las JASS, Municipio y/o otras instituciones.
6. La implementación de la tecnología de gotero autocompensante para la cloración por goteo de sistemas de agua potable en las zonas rurales de nuestra región, deberá ser difundido e implementado con el asesoramiento profesional correspondiente.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. The Right to Water (El derecho al agua), publicada en 2003 por la Organización Mundial de la Salud (OMS)
2. OMS/OPS, Guía para la selección de sistema de desinfección, publicación 2007
3. Christman, K.; Cloro, Trabajo presentado en los Anales simposio OPS: Calidad de agua, Desinfección efectiva (1998). Publicado también en CD-Rom. Disponible en CEPIS.
4. Góngora, J.; Sistemas de desinfección por medios hidráulicos para agua potable rural.
5. Galal-Gorchev, H.; Guías de la OMS para la calidad del agua potable, y evaluación de los riesgos para la salud vinculados con los desinfectantes y los SPD. (1996).
6. OMS/OPS; La desinfección del agua, Publicación OPS/HEP/99/32 (1999).
7. OMS/OPS; El agua en situaciones de emergencia, Publicación OPS/HEP/99/34 (1999).
8. OPS/ILSI; La calidad del agua en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química, ILSI Press, Washington DC (1996).
9. Reiff, F.; Disinfection practices in developing areas; trabajo presentado en el Curso NSF sobre Desinfección de Aguas en Washington DC (1998).
10. Reiff, F.; Witt, V.; Guía para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe;
11. Rojas, R., Guevara, S.; Celdas electrolíticas para producción in situ de Hipoclorito de Sodio; Publicación CEPIS/GTZ (1999).
12. Solsona, F.; Investigación sobre desinfección de agua para abastecimientos rurales en Argentina, Trabajo presentado en la Publicación CEPIS "Investigación sobre Desinfección de agua en abastecimientos rurales" (1983).
13. Solsona, F.; Water disinfection for small community supplies, Capítulo de desinfección de aguas para el manual de la IRC "Small Community Supplies" y disponible como separata en el CEPIS (2001).
14. Solsona, F.; Disinfection for small water supplies, Technical Guide, Publicación CSIR, Sud Africa (1990).
15. WHO/WRC; Disinfection of rural and small community water supplies, (1989).
16. OPS/OMS- COSUDE. Aplicación de la desinfección por goteo en la comunidad rural de Conchamarca, Huánuco-Perú Informe técnico. CEPIS - UNATSABAR 2001.
17. SUNASS/JICA/GTZ, Control de la calidad del agua - Curso nacional de entrenamiento en control de calidad de agua en sistemas de agua potable. Perú (2003).
18. Erico Navarro, Guía para la implementación de proyectos de agua y saneamiento en el área rural PNUD/PAS Banco Mundial - OMS/OPS/CEPIS (1999).
19. Erico Navarro, Metodologías y tecnologías apropiadas, en proyectos de saneamiento básico rural. Compendio de experiencias y evaluaciones de proyectos en Bolivia, Ecuador y Perú. PNUD/PAS Banco Mundial - OMS/OPS/CEPIS .Bolivia 1999.
20. OMS Copenhagen. Medmenham, Centro de Investigación de Agua "Disinfection of rural and small-community water supplies" (Desinfección de suministros de agua en el medio rural y en pequeñas colectividades), 1989.
21. MINSA Perú/APRISABAC. Manual de procedimientos técnicos en saneamiento. Serie de 4.4. Saneamiento básico rural. Perú 1999.
22. OPS/OMS Colombia Álvarez Peralta, E, Agua y saneamiento: Opciones prácticas para vivir mejor. (2002).
23. CEPIS/OPS/OPS- EPA, Manual del inspector: Como realizar inspecciones sanitarias en pequeños sistemas de agua.2001
24. GLIESSMAN, Stephen. 2005. Agroecología. Processos Ecológicos em Agricultura Sustentable. Porto Alegre: UFRGS. Terceira Edição.
25. ALTIERI, Miguel. 1999. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan.

ANEXOS

NUEVO MODELO DEL SISTEMA DE CLORACION MEDIANTE LA TECNOLOGIA DEL GOTERO AUTOCOMPENSANTE



CASETA DE CLORACIÓN POR GOTEO

