

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“SISTEMA AUTOMÁTICO CON SENSORES ORP PARA EL
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

ERMILA JUSTINA VERAMENDI VIDAL

LIMA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“SISTEMA AUTOMÁTICO CON SENSORES ORP PARA EL MONITOREO
DE LA CALIDAD DEL AGUA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. ERMILA JUSTINA VERAMENDI VIDAL

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dra. LIA RAMOS FERNÁNDEZ
Presidente

Mg. Sc. ROSA MARÍA MIGLIO TOLEDO
Asesor

Dr. JOSÉ LUIS CALLE MARAVÍ
Miembro

Dr. JOSUÉ ELIEZER ALATA REY
Miembro

LIMA – PERU

2021

ÍNDICE GENERAL

I.	PRESENTACIÓN.....	1
II.	INTRODUCCIÓN	2
III.	OBJETIVOS	4
3.1.	OBJETIVO GENERAL	4
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
IV.	CUERPO DEL TRABAJO	5
4.1.	GENERALIDADES.....	5
4.2.	DEFINICIONES BÁSICAS.....	7
4.3.	CLORACIÓN A PUNTO DE CORTE O PUNTO DE INFLEXIÓN	11
4.4.	FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE UN DESINFECTANTE ..	12
4.5.	TIPOS DE SISTEMAS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA CON HIPOCLORITO DE SODIO.....	14
4.6.	BENEFICIOS DEL SISTEMA AUTOMÁTICO CON SENSORES ORP PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA	17
V.	METODOLOGÍA	21
5.1.	SECUENCIA METODOLÓGICA	21
5.2.	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	21
5.2.1.	Etapa 1	21
5.2.2.	Etapa 2	24
5.2.3.	Etapa 3	25
VI.	RESULTADOS.....	29
6.1.	LISTA DE EQUIPOS	30
6.2.	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS E INSTALACIÓN	31
6.2.1.	Ubicación del Controlador WALCHEM ORP/PH.....	31
6.2.2.	Electrodo industrial de ORP.....	32
6.2.3.	Bomba Electrónica 150 PSI.....	32
6.2.4.	Tanque para almacenamiento de HIPOCLORITO DE SODIO 120L – con sensor de nivel	33
6.2.5.	Tablero Lógico de Control.....	33
6.3.	REVISIÓN DE INSTALACIÓN Y RESULTADOS	34
6.3.1.	Inspección general del Sistema.....	34
6.3.2.	Encendido del Sistema.....	34

6.3.3. Monitoreo de parámetros	34
6.3.4. Lista de repuestos críticos.....	37
6.4. PRESUPUESTO ECONÓMICO	37
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
7.1. CONCLUSIONES.....	43
7.2. RECOMENDACIONES	44
VIII. SUGERENCIAS	46
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
X. ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultado de monitoreo previo al encendido del sistema	34
Tabla 2: Resultado de monitoreo previo al encendido del sistema	35
Tabla 3: Resultado de monitoreo previo a añadir cloro y luego de la limpieza de la cisterna.....	35
Tabla 4: Resultado de monitoreo luego de encender el sistema de inyección de cloro	35
Tabla 5: Resultado de monitoreo previo a añadir cloro.....	36
Tabla 6: Resultado de monitoreo luego de encender el sistema de inyección de cloro.	36
Tabla 7: Resultado de monitoreo final y entregado al cliente	36
Tabla 8: Lista de equipos y precios	38
Tabla 9: Precio Servicio de Instalación y accesorios	38
Tabla 10: Precio de sensores de mano portátil - PH.....	39
Tabla 11: Soluciones BUFFER para calibrar sensores ORP	39
Tabla 12: Repuestos para Mantenimiento Anual Preventivo	39
Tabla 13: Lista de equipos y servicio para implementar línea de monitoreo con sensor de PH.	40
Tabla 14: Lista de equipos y servicio para implementar línea de monitoreo con sensor de Cl.	41
Tabla 15: Comparación en monto de inversión, Sistema con sensor ORP y otro con Sensor de cloro	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de consumo de cloro por reacciones secundarias	11
Figura 2: Relación cloro libre vs pH	14
Figura 3: Ejemplo de caudalímetro instalado en línea	15
Figura 4: Sensor de ORP	16
Figura 5: Sensor de Cloro libre.....	17
Figura 6: Concentración de cloro y los valores de ORP con variación del pH.....	19
Figura 7: Potencial de óxido-reducción y concentraciones de cloro	20
Figura 8: Condiciones de equipos que tenía el cliente	23
Figura 9: Medidores portátiles de calidad de agua	24
Figura 10: Puntos para toma de muestras	24
Figura 11: Inyección y sensor en tanque	26
Figura 12: Inyección en línea y sensor en tanque.....	27
Figura 13: Sensor en línea y en pozo.....	28
Figura 14: Esquema referencial final de ubicación de equipos validados por el cliente.....	29
Figura 15: Controlador Industrial de 4 entradas para sensores en línea.....	31
Figura 16: Sensor Industrial en Línea de pH con cubierta y preamplificador.....	32
Figura 17: Bomba dosificadora electrónica de 1.6 GPH.....	32
Figura 18: Tanque provisional para almacenar Hipoclorito de Sodio al 7.5%.....	33
Figura 19: Parte interna del TLC.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Sistemas de Desinfección con Hipoclorito de Sodio en Solución.....	49
Anexo 2: Solución química aproximada para desinfectar con cloro basado en 6% de concentración a 1 ppm	49
Anexo 3: Esquema y leyenda del Sistema Automático de dosificación de Hipoclorito de Sodio con sensor ORP	50
Anexo 4: Tiempo de contacto necesario para inactivación de la Giardia, según concentraciones de cloro y valores de PH	50
Anexo 5: Curva que relaciona el ORP vs PH con curvas de Cl	51
Anexo 6: Tiempo de contacto para eliminar la E. Coli, Carlston et al. 1966.....	51
Anexo 7: Artículo de PANACHLOR.....	52
Anexo 8: Límites máximos permisibles – Reglamento de la calidad de agua para consumo humano MINSAs	53
Anexo 9: Ruta de plan de trabajo para instalación del sistema de cloración - empresa de alimentos – Chaclacayo	55
Anexo 10: Cotizaciones y códigos de equipos brindados al cliente.....	59

I. PRESENTACIÓN

El desempeño de un profesional de la carrera de Ingeniería Agrícola se ramifica a diferentes campos, tanto en entidades estatales como privadas. Cada ciclo y año, el estudiante se forma en el dominio de las habilidades duras y blandas, lo cual le permite adaptarse ante situaciones nuevas que complementan su perfil profesional.

Las funciones desempeñadas en estos años, principalmente son las de una ejecutiva comercial, con conocimiento técnico y económico en diferentes proyectos para sectores como el Agro, Pesquero, Minero, Alimentos, Textil, Papelero, Construcción entre otros de principal importancia en la economía peruana. Se han elaborado sistemas automáticos para monitoreo de parámetros de aguas residuales y de uso potable; así como sistemas para dosificación de productos químicos. Adicionalmente se han realizado diferentes proyectos que involucran equipos como motores y bombas, se han visitado frecuentemente diferentes empresas a nivel nacional, conociendo de cerca sus procesos de producción. Se dio solución a muchos problemas en empresas industriales que tratan sus aguas residuales y que deben cumplir con la norma de Valores Máximos Admisibles (VMA), Anexo I. Además, se asesoró a grandes corporaciones para brindar equipos a medida según las líneas de conversión de materias primas. Todo esto se vincula, y es compatible con los temas siguientes de la carrera: evaluación de proyectos de inversión, instalaciones eléctricas, cálculo de caudales, presión y diámetro de tuberías, bases sobre uso de fórmulas matemáticas e interpretación de resultados. Adicionalmente se ha contado con capacitaciones profesionales en carreras paralelas.

Se puso en práctica los conocimientos sobre diseños e implementación de equipos y sistemas en general, tomando como base las asignaturas de hidráulica, mecánica de fluidos, ingeniería del agua y medio ambiente, aguas subterráneas, proyectos de inversión, instalaciones eléctricas y electromecánicas, circuitos y máquinas eléctricas.

II. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto muestra la problemática y solución, sobre la forma de asegurar que el agua para uso potable se encuentre correctamente clorada o desinfectada. Esta preocupación es muy común en empresas industriales de alimentos, también en las que brindan servicios de agua potable, en centros recreacionales que cuentan con piscinas públicas y/o olímpicas, entre otras que recirculan, tratan y almacenas el recurso hídrico para uso directo de las personas.

Uno de los desinfectantes más usados es el hipoclorito de sodio, por su fácil manejo y almacenamiento; hay muchos métodos para controlar la adición en un proceso. Estos métodos puedes ser: Inyección proporcional al flujo, ORP (Potencial de reducción oxidación) o el uso de un analizador de cloro residual.

Cada proceso incluye diferentes equipos y dispositivos en línea, así como una diferencia considerable en montos de inversión inicial y de mantenimiento anual; pero no siempre se garantiza que la dosificación sea constante y que el cloro residual se mantenga. La metodología más sensible implica emplear sistemas en línea con sensores de cloro y puntos de inyección automático con un controlador digital, esto suele ser muy costoso para las entidades que requieren una solución.

En el año 2018 a raíz de la intervención en una empresa de alimentos ubicada en Ñaña, se analizó la opción de buscar una solución práctica, económica y de fácil mantenimiento para la desinfección de agua de pozo con hipoclorito de sodio; se encontró que un sistema automático con sensores ORP aseguraba la desinfección, estableciendo un rango entre 650 a 750 mV de oxidación del agua, y se encontró que el costo era considerablemente menor a propuestas con sensores de cloro libre residual.

Este informe es un aporte muy valioso para difundir las bondades del sistema de control de la cloración con ORP; cabe señalar que en 1971 el potencial de ORP (700 mV) fue aprobado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un estándar para agua potable; actualmente DIGESA todavía no reconoce la técnica y los parámetros en mV para el control y uso del agua potable con monitoreo de sensores ORP.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicabilidad y eficiencia de sensores ORP, para controlar las dosis de cloro en un sistema automatizado de desinfección.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diseño de un sistema automático de dosificación de hipoclorito de sodio con sensores ORP
- Realizar la evaluación económica de la inversión en equipos y mantenimiento.
- Medir la eficiencia de los sensores ORP vs sensores de Cloro libre residual

IV. CUERPO DEL TRABAJO

4.1. GENERALIDADES

En el agua y en el medio ambiente, siempre están presentes los microorganismos, la gran mayoría de ellos no son nocivos al hombre y a los seres vivos, inclusive convivimos con ellos y son parte de los procesos de la vida.

Los seres vivos como los omnívoros, o los rumiantes, requieren de un cierto tipo y cantidad de microbios en el sistema digestivo, ya que estos se encargan de desdoblar azúcares, proteínas, celulosa y demás alimentos, para que los organismos superiores puedan digerir estas sustancias y así obtener energía necesaria para caminar, respirar, o sea para vivir.

Sin embargo, existen organismos nocivos y patógenos que son de tipo viral y no viral, asimismo están los otros tipos de microorganismos que no son de tipo viral como las bacterias, las cuales pueden ser unicelulares o multicelulares; algunas de ellas son, *Vibrio cholerae*, causante de cólera, *Escherichia coli*, causante de disenteria y otras más.

Los agentes infecciosos pueden ser transmitidos al hombre y seres vivos por vehículos como aire y alimentos, pero el más común es el agua que se consume para beber. Durante siglos, las plagas infecciosas arrasaban con poblaciones enteras en Europa debido a que se desconocían las causas y por las pésimas condiciones de higiene.

A partir del descubrimiento del papel de los microorganismos en la transmisión de enfermedades que causaban tantas muertes, se buscó la manera de evitar o disminuir la incidencia de contaminación de las aguas potables y sus fuentes, dando inicio a la ciencia de la higiene.

Dentro de los primeros tratamientos implementados para evitar las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua, se tienen la sedimentación y la filtración, ambas disminuyen la carga microbiana, pero no garantizan la desinfección total.

En 1850 John Snow, después de un ataque de cólera en Londres, implementó un sistema de desinfección por cloro para una fuente de abastecimiento en dicha ciudad.

Sims Woodhead en 1897 con los antecedentes de Snow, y tratando de dar alivio a una epidemia de tifoidea en Kent Inglaterra, también empleó cloro líquido para aliviar los estragos de la enfermedad.

Los éxitos de estas experiencias, hicieron que en Inglaterra se empleara la cloración como una medida preventiva de contaminación microbiológica del agua, y posteriormente en 1908 en New Jersey en Estados Unidos se implementó la cloración como un proceso de tratamiento en la potabilización del agua, y se hizo evidente la disminución de incidencia de enfermedades infecciosas en los consumidores. En años posteriores se generalizó la desinfección del agua con cloro y sus derivados en todo el país y finalmente en todo el mundo.

En el Perú la calidad de agua potable se regula por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, promulgado por el MINSA y aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL-1 de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL-1 y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométricas de turbiedad (UNT).

4.2. DEFINICIONES BÁSICAS

a. Desinfección del agua

Se refiere a la inactivación de los microorganismos, especialmente los patógenos que son causantes de enfermedades, que pueden causar daños en los consumidores del agua, y cuya intensidad y gravedad varía dependiendo de muchos factores entre ellos: edad y condición física de la persona afectada, así como del tipo de microorganismo causante de la enfermedad y de la intensidad o concentración en el agua del agente infeccioso.

La desinfección es tal vez el tratamiento más importante y de mayor trascendencia en la potabilización del agua.

b. pH del agua

Es la medida de la concentración de los iones H^+ en el agua. Está relacionado al grado de acidez o basicidad que tiene el agua. La desinfección del agua mediante cloración es efectiva a pH alrededor del valor 7 (pH neutro). Su efectividad es muy reducida a pH mayores a 8.0. El agua para consumo humano debe tener un pH entre 6.5 y 8.5 (MINSA 2010).

c. Acido hipocloroso (HOCl)

Compuesto químico que resulta de la reacción del agua con un producto de cloro. El ácido hipocloroso (HOCl) tiene gran poder desinfectante debido a su bajo peso molecular que le permite atravesar la pared celular de los microorganismos. Debe procurarse su formación para asegurar la efectiva desinfección del agua.

d. Ion Hipoclorito (OCl⁻)

Compuesto químico que también resulta de la reacción del agua con un compuesto de cloro. Su capacidad de desinfección es muy reducida. Su condición de ion no le permite atravesar la pared celular de los microorganismos.

e. Cloro libre

Según DIGESA (2010), se define al cloro residual, como la 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.

El cloro libre queda disponible después de haber efectuado la desinfección del agua, es decir, después de la destrucción o inactivación de los microorganismos presentes. La norma peruana exige una concentración mínima de cloro residual libre en el agua potable de 0.50 mg/L. El cloro residual libre está determinado por la suma de la concentración de ácido hipocloroso más la concentración de ion hipoclorito que se forma en el agua luego de añadir el compuesto de cloro; su equilibrio está influenciado por el pH del agua. (MINSa 2010).

f. Turbiedad

Parámetro que indica la capacidad para que un haz de luz atraviese un cuerpo de agua. Se considera una característica organoléptica de la calidad del agua potable. La Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU recomienda una turbiedad máxima de 0.1 UNT para optimizar la efectividad de la desinfección del agua. Mientras más turbia sea el agua, mayor riesgo de contaminación microbiológica o de contener otros contaminantes. No es recomendable clorar aguas con más de 5 UNT.

- Ideal : menor a 1 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbiedad)
- Aceptable : menor a 5 UNT
- En caso de emergencia menor a 20 UNT por un muy corto periodo de tiempo.

g. Demanda de cloro

Se denomina así a la cantidad de cloro que al entrar en contacto con el agua se consume, reaccionando con las sustancias presentes en ella y en la eliminación e inactivación de los microorganismos. La cantidad de cloro que se consumiría en un periodo determinado de tiempo por la reacción con sustancia fácilmente oxidable presentes en el agua, si el abastecimiento de cloro fuera limitado, la demanda varía con el tiempo de contacto la temperatura y calidad del agua.

h. Cantidad de cloro

La cantidad de cloro que se va a dosificar equivale a la demanda de cloro la cual está

estrechamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua a la que debe adicionarse la cantidad de cloro residual esperada en la red de abastecimiento de agua. Por tanto, antes de llevar a cabo el proceso de desinfección es conveniente realizar ensayos de consumo instantáneo de cloro.

i. Medición del cloro residual

“El método más utilizado es el colorimétrico de DPD (N, N-dietilopfenilenediamina), el cual consiste en tomar una muestra de agua clorada en algún punto de la red de distribución y se mide la cantidad de cloro residual y la concentración debe estar entre 0,50 – 1,00 mg/L”. Lo más eficaz es que estas muestras sean en el reservorio (inicio), en la mitad del ramal y al final del ramal de la red de distribución; estas medidas permitirán determinar la cantidad de cloro residual presente en el agua.

j. Potencial Oxido Reducción (ORP)

El potencial redox o potencial de oxidación-reducción (ORP) es una medida muy útil que expresa la actividad de los electrones en una reacción química. En estas, se dan fenómenos de transferencia de electrones, lo que significa que hay unas sustancias químicas que actúan como donadores de electrones (agentes reductores) y otras que los atrapan (agentes oxidantes).

El cloro añadido al agua actúa como un agente oxidante contra las bacterias y virus. Como el poder desinfectante del cloro está directamente relacionado con su capacidad oxidante, el ORP del agua clorada indica su capacidad y rapidez para matar patógenos en el agua. El potencial redox ya considera el efecto del pH del agua, no es necesario corregir o verificar que la cantidad de cloro añadido sea suficiente para el pH del agua en cuestión. Muchas normas nacionales e internacionales establecen valores mínimos de potencial redox que debe tener el agua que regulan (en general, se considera que la desinfección es exitosa cuando el ORP es mayor a +600 mV).

ORP es una medida en mili voltios (mV) que mide el nivel de oxidación en el agua. Este puede representar la actividad del desinfectante en el agua en vez del nivel de concentración del mismo. Existen elementos químicos como el cloro, el bromo, peróxido de hidrogeno, y

ozono son todos oxidantes. Estos elementos tienen la particularidad de ser buenos desinfectantes para el agua, ya que sobresale su habilidad de oxidar o capturar electrones de otras sustancias, ya que destruyen las bacterias patógenas, las algas y los materiales orgánicos, que pueden alterar la composición química de los alimentos.

El potencial oxido-reducción ofrece muchas ventajas en las cuales se puede mencionar el monitoreo y registro en tiempo real o en tiempo exacto del potencial de desinfección del agua, puede ser un parámetro crítico del monitoreo de la calidad del agua. Adicional el uso de ORP permite evaluar y asegurar la actividad del desinfectante aplicado en lugar de la dosis aplicada, que en muchos casos este último está sujeto a agregar mayores cantidades de hipoclorito de sodio para cumplir con las normas.

En 1972, la Organización Mundial de la Salud reconoció en sus estándares de agua potable que, a nivel de ORP 650 Mv, el agua está desinfectada y la inactivación viral es casi inmediata. La investigación ha mostrado que a un nivel de 650mV de ORP, bacterias tales como E. Coli mueren en contacto o en unos pocos segundos. Organismos más resistentes como listeria, salmonella, levaduras y mohos pueden requerir 750mV o superior con el fin de ser eliminados

En la desinfección del agua es muy importante, tanto la concentración de cloro libre y el tiempo de contacto con el agua, así como el pH y la temperatura, un buen control de la desinfección exigiría una monitorización no del cloro libre sino del potencial de óxido-reducción del medio.

El cloro disminuye el pH del agua a causa de los iones hidrogeno que se producen en las reacciones con el agua. La desinfección es más eficiente con niveles bajos de pH, debido a que favorece la formación de ácido hipocloroso, un agente alrededor de 80 veces más eficaz que el ion hipoclorito. Es necesario añadir la dosis necesaria de cloro para que, a la salida del tratamiento, el agua contenga un mínimo 0,5mg/l cloro libre residual.

4.3. CLORACIÓN A PUNTO DE CORTE O PUNTO DE INFLEXIÓN

Si se dosifican cantidad variables de cloro al agua, típicamente se obtiene una gráfica como la mostrada en la Figura 1. En esta se observa que a medida que se agrega cloro la concentración aumenta, pero posteriormente la cantidad de cloro residual o cloro disponible disminuye a medida que la dosificación se incrementa.

Se alcanza después de una dosis determinada un punto de corte (break point) o punto de inflexión, después del cual si se sigue agregando cloro la cantidad de cloro residual nuevamente se incrementa y ya después de este punto de inflexión es posible tener una concentración de cloro residual, proporcional a la cantidad agregada.

La explicación a esta conducta observada en las aguas que se desinfectan con cloro, es que inicialmente el cloro reacciona con la materia orgánica, los metales que se oxidan, el amoníaco presente u otros.

Cuando todo el material y componentes han reaccionado, el cloro agregado ya no forma otros compuestos y es posible alcanzar el cloro residual deseado, determinando de esta manera la dosis de cloro que requiere esa muestra de agua en particular. En la Figura 1 podemos observar esta tendencia en el consumo de cloro.

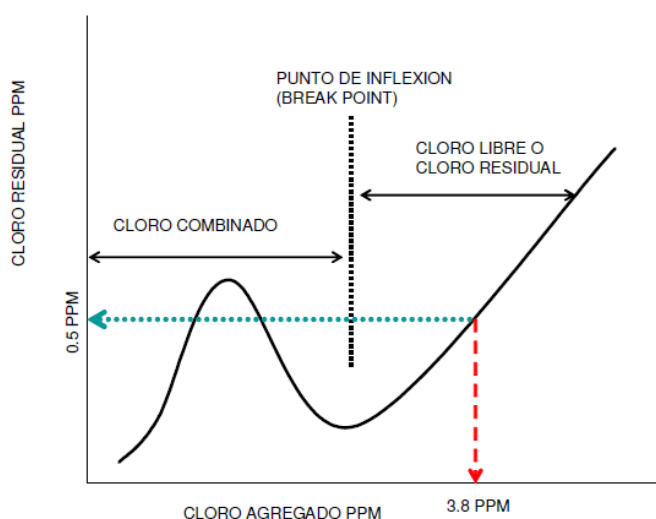


Figura 1: Gráfico de consumo de cloro por reacciones secundarias

FUENTE: Farrer Crespo, H.; Medidas de Emergencia (1982)

4.4. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE UN DESINFECTANTE

a. Tiempo de contacto

Una de las variables más importantes en el mecanismo de desinfección es el tiempo de contacto. Ha sido observado que mientras mayor sea el tiempo de contacto mayor es la efectividad del desinfectante.

b. Concentración y tipo de bactericida

La concentración del desinfectante junto con el tiempo de exposición, son los factores más importantes en el efecto bactericida. A mayor concentración mayor es el poder bactericida, aunque se llega a un límite en el cual el efecto bactericida permanece constante aun cuando se incremente la concentración del agente biocida.

c. Temperatura

La temperatura también es factor de importancia en la efectividad germicida; a mayor temperatura mayor efectividad de la sustancia bactericida.

d. Numero de microorganismos

Otro factor a considerar en el proceso de desinfección, es la población de microorganismos. Mientras mayor sea el número de microorganismos a destruir mayor es el tiempo de contacto requerido y/o la concentración del bactericida empleado.

e. Tipo de Microorganismos

Algunas bacterias mueren fácilmente en contacto con el agente bactericida; otros son altamente resistentes y requieren de una acción más intensa. Los microorganismos que producen esporas, son especialmente resistentes a la acción bactericida y solo son destruidos por efectos caloríficos, o por una larga e intensa exposición a algún agente físico o químico.

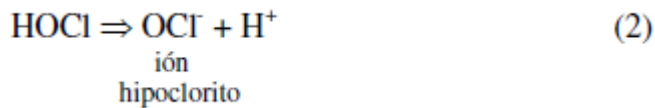
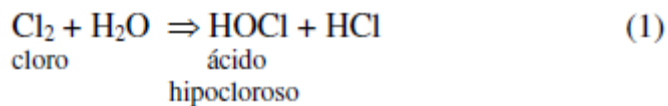
f. Naturaleza del líquido suspendido

El medio en que se encuentran los microorganismos es factor importante para la efectividad bactericida. En aguas turbias, en presencia de partículas coloidales, la efectividad bactericida disminuye. Esto se debe a que el microorganismo puede cubrirse al encapsularse entre las

partículas de material suspendido, evitando así el contacto directo con el agente bactericida, sobreviviendo a su acción.

g. pH del líquido

El pH es determinante en reacciones similares a las que ocurren con el cloro al formar los derivados activos el HPCL y ClO⁻, reacciones 1 y 2.



Como el HOCl es de 40 a 80 veces más potente como desinfectante que el ión hipoclorito ClO⁻, el efecto bactericida del cloro también está en función del pH del agua.

El ácido hipocloroso es un ácido débil, por lo que la reacción de disociación es afectada por la concentración de iones hidronio en el agua (pH del agua)

Como el ácido hipocloroso tiene un potencial de oxidación mayor que el ión hipoclorito, la eficiencia bactericida es mayor a bajos valores de pH, cuando la especie más oxidante HOCl predomina, por lo que, a menor pH, mayor eficiencia en la desinfección. La Figura 2 demuestra el comportamiento del ácido hipocloroso e ion hipoclorito cuando cambian los valores de pH.

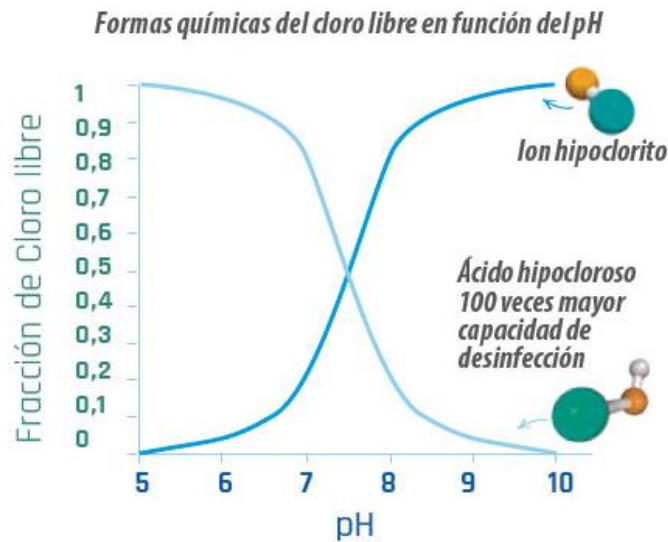


Figura 2: Relación cloro libre vs pH

FUENTE: J. A. Pérez López y M. Espigares García 1995

4.5. TIPOS DE SISTEMAS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA CON HIPOCLORITO DE SODIO

El proceso de desinfección es uno de los más importantes para un tratamiento de agua potable, uno de los parámetros que se ha utilizado para el control y monitoreo es el parámetro de cloro residual y el tiempo de contacto. Algunas entidades privadas y/o públicas que tratan las aguas usualmente tienen un laboratorio para realizar análisis bacteriológico, pero este análisis conlleva alrededor de dos a tres días, según las metodologías convencionales para obtener resultados. Si es el caso de no contar con un laboratorio interno, estos monitoreos se tercerizan y el tiempo de respuesta es mayor de dos días y el costo por análisis es muy elevado. Un proceso de control de monitoreo instantáneo o en línea resolverá el monitoreo en tiempo real y constante en el proceso de desinfección del agua potable.

Digesa exige y supervisa permanentemente que siempre el agua de uso potable debe tener un residual de cloro, en las líneas de distribución, cuyo rango es de 0.5 a 1 ppm en tiempo real, el cual es un indicador para validar que el agua ha sido clorada previamente.

Para entender mejor porque que método se prefiere sobre otro, es mejor definir exactamente qué es lo que se va a medir para cada método, cual es la situación de control deseada, las limitaciones de cada sistema y que rutina de mantenimiento es requerida.

a. Inyección proporcional al flujo

En un control proporcional al flujo, un volumen de cloro relativo al caudal (De agua) es inyectado a través del sistema. En la mayoría de aplicaciones, hay una concentración de cloro resultante deseada, y el sistema se configura para permitir la dosificación de cloro (Generalmente hipoclorito por medio de una bomba dosificadora) para llegar a los valores exigidos por las entidades supervisoras.

El sistema de control proporcional usa un sensor de flujo para determinar el caudal de la solución portadora (Generalmente agua) (ver Figura 3). Muchos tipos de sensores de flujo están diseñados para producir una salida de pulsos (Por volumen de flujo) directamente desde el sensor. Estos incluyen medidores multi-jet, de paletas rotativas, de turbina, magnéticos, de vórtice y otros. La señal puede ser tomada a través de un controlador de flujo intermedio (Normalmente requerido cuando el pulso del sensor no es ajustable) o directamente en la bomba dosificadora. La función del medidor intermedio es dividir o multiplicar una salida de pulsos a la recibida del sensor de flujo. Otra funcionalidad que también puede ser alcanzada es la de monitorear el caudal y la totalización del flujo, ver Figura 3.

Muchas bombas dosificadoras ofrecen un microprocesador incorporado que son capaces de dividir o multiplicar la señal de pulsos directamente. Esto elimina la necesidad de un controlador intermedio para sensores de flujo con salidas de pulso o ajustables y pueden simplificar toda la situación.



Figura 3: Ejemplo de caudalímetro instalado en línea

b. ORP (Potencial Oxido Reducción)

El ORP mide el potencial de oxidación (o reducción) activada de una solución. El cloro gas y el hipoclorito son oxidantes fuertes, los que son monitoreados efectivamente con un sistema ORP. En muchas aplicaciones, el sistema de control está pensado específicamente para controlar la oxidación de especies como el cianuro u el sulfuro de hidrogeno (H₂S). En otros casos la oxidación es la desinfección de bacterias, como la E. Coli. El ORP generalmente es la mejor medida para procesos de oxidación o desinfección, porque esta mide la verdadera actividad de oxidación de la solución.

En las aplicaciones de desinfección para piscinas y la industria de los SPA, la OMS (Organización Mundial de la Salud) en Europa ha indicado concluyentemente que el ORP es la medida preferente ante la medición de las PPM de Cloro. Un mínimo valor de ORP de entre 650 a 700 mV puede garantizar la inmediata destrucción de la bacteria E. Coli.

El ORP es una buena opción para sistemas recirculados (ver Figura 4) como ejemplo de sensor de ORP. Este mantiene una actividad oxidante substituyendo al oxidante que ha sido consumido. El agua usada para regar los alimentos es siempre recirculada, y debe mantener una capacidad de oxidación que asegure evitar bacterias en el sistema o en la comida. Las torres de enfriamiento y los lavadores de gases también utilizaran los oxidantes para prevenir las bacterias en el sistema. La medida del ORP puede monitorear una gota en actividad de oxidación (Del oxidante consumido), y controlar la adición del cloro de reemplazo (Hipoclorito).



Figura 4: Sensor de ORP

c. Cloro Residual

Hay muchas tecnologías disponibles para monitorear el cloro residual. Esto incluye: Polarografica, amperometrica y colorimétrica. En general, cada sistema podría ser seteado para monitorear/ controlar el cloro libre residual o el cloro total, consistiendo de ambos el cloro libre residual y cualquier cloruro “combinado” que podría estar presente. El cloro combinado generalmente está en la forma de cloraminas que son oxidantes lentos e inefectivos para la oxidación.

La ventaja del sistema de cloro residual es que puede proveer una lectura exacta del cloro actual presente en una solución. Si la concentración de cloro actual es la variable clave para el proceso y no la capacidad de oxidación, o si la presencia de cloro puede dañar el proceso. Desafortunadamente ningún método es aceptado como estándar. Todos los sistemas son más altos en costo que uno de flujo proporcional o el sistema de ORP y requiere un mantenimiento significativamente más alto. Dependiendo del sistema seleccionado. La Figura 5 muestra un sensor de cloro libre.



Figura 5: Sensor de Cloro libre

4.6. BENEFICIOS DEL SISTEMA AUTOMÁTICO CON SENSORES ORP PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

El potencial oxido reducción ofrece muchas ventajas en las cuales se puede mencionar el monitoreo y registro en tiempo real o en tiempo exacto del potencial de desinfección del agua, puede ser un parámetro crítico del monitoreo y la calidad del agua. En la actualidad existen sondas, las cuales se integran a sistemas de alarma audible, visuales y remotos para notificar al operador sobre el funcionamiento fuera de rango de los parámetros a controlar.

Los dispositivos de mano son asequibles y son una copia de seguridad esencial para la referencia cruzada de la operación de un sensor de ORP en línea, al igual que los KITS de prueba relacionados con la dosis más tradicional. El uso de ORP para el monitoreo del sistema de agua es que proporciona al operador una evaluación rápida y de un solo valor del potencial de desinfección del agua en un sistema de control de calidad en el agua. Con estos datos, el operador puede evaluar la actividad del desinfectante aplicado en lugar de la dosis aplicada una mayor cantidad para poder cumplir con las condiciones óptimas (Suslow, 2004, p. 2).

El valor de potencial de óxido-reducción puede estar entre valores de 650 a 700 mV en el cual hay un decaimiento libremente y la disminución de bacterias en descomposición, así como bacterias patógenas como E. Coli son derruidas en pocos segundos. Otro tipo de levadura y hongos formadores de esporas también son eliminadas en este nivel después de un tiempo de contacto de unos pocos minutos o menos.

El potencial de óxido-reducción (ORP) permite dar seguimiento y registro periódico del potencial de desinfección en un proceso de purificación, también es un parámetro crítico de la calidad del agua. El ORP es ideal para los sistemas de inyección automática y puede ser combinado con la inyección para el control del pH para optimizar la operación total del sistema. Para revisar la relación que existe entre el pH, ORP, Cloro Libre la Figura 6 brinda un breve ejemplo.

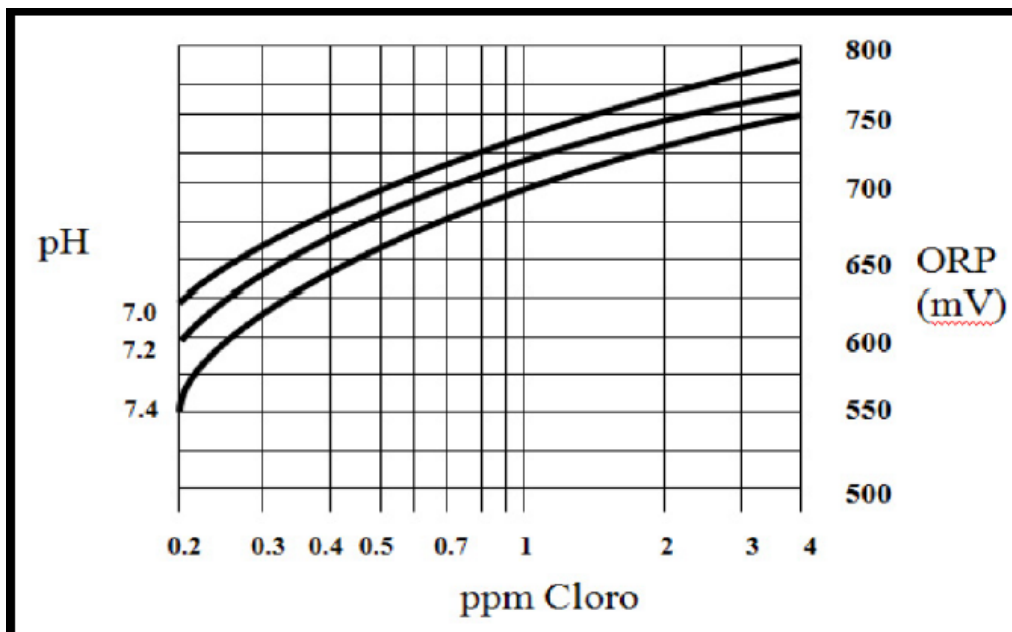


Figura 6: Concentración de cloro y los valores de ORP con variación del pH

FUENTE: aguapotable.com

La dosificación de desinfectante líquido (Hipoclorito de Sodio – el caso de este proyecto) es controlada por medio de una bomba dosificadora. Es posible ajustar el volumen de solución que se inyecta por lo que la dosificación se ajusta incrementando o disminuyendo la velocidad con que se inyecta la solución al agua que se desinfecta.

Esta bomba debe estar acoplada eléctricamente con la bomba que distribuye el flujo de agua de consumo. Si la bomba de distribución de agua enciende también enciende la bomba dosificadora, Si la bomba de distribución se apaga, también lo hará la bomba de dosificación del reactivo.

Una forma de conocer la concentración de cloro o agente activo desinfectante es por medio de un análisis químico. Por ejemplo, el cloro libre se puede medir con la reacción del cloro DPd. La dosis se controla ajustando la velocidad de dosificación del desinfectante, así como también con la concentración de la solución que se inyecta al agua a desinfectar.

La forma más conveniente y practica de controlar y ajustar la dosis de desinfectantes es midiendo el potencial de oxidorreducción (ORP) (ver Figura 7).

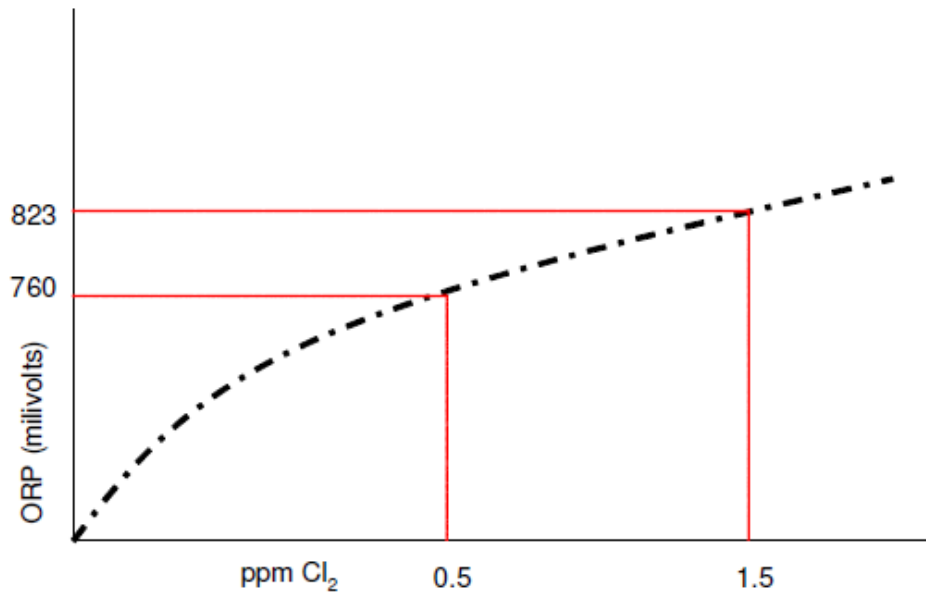


Figura 7: Potencial de óxido-reducción y concentraciones de cloro

FUENTE: WALCHEM

*En el potencial de 760mV correspondiente a 0.5 ppm de cloro
Enciende la bomba y apagar en 823 mV equivalente a 1.5 ppm de cloro
Si el potencial esta entre 760 – 823 mV la bomba no opera*

El electrodo ORP se encuentra en contacto con el agua a desinfectar y continuamente lee el valor en milivoltios del potencial del agua.

Si el voltaje disminuye de cierto valor límite la bomba de dosificación enciende y apaga una vez que se ha alcanzado el valor máximo superior que corresponde a una concentración determinada de desinfectante.

V. METODOLOGÍA

5.1. SECUENCIA METODOLÓGICA

El presente proyecto fue respaldado por la compañía Ingeniería y Gerencia en Negocios Integrados y Asociados – INGENIA SA, cuyo mentor y capacitador fue el Gerente General Agustín Chinga Chumpitaz, Ingeniero Químico – UNI, con amplios conocimiento y experiencia en tratamiento de aguas residuales industriales y tratamiento de agua para consumo humano.

Las facilidades para realizar pruebas y monitoreos se logró gracias al paquete de medidores HORIBA, electrodos de mesa que facilitaron la medición de parámetros en muestras de jarra, estos dispositivos portátiles fueron de gran respaldo en campo, los principales electrodos fueron de pH, ORP, adicionalmente se contó con kits para evaluar los valores de turbidez y cloro residual.

El área de estudio se ubicó en ÑAÑA, Lima, Perú, el agua a desinfectar proviene de una poza subterránea y fue almacenada en un tanque de 50 m³ de capacidad, antes de ser distribuida para fines de uso industrial en una planta de alimentos.

5.2. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

5.2.1. Etapa 1

El abastecimiento de agua a la población se puede realizar a partir de dos fuentes características bien diferenciadas, como son las aguas superficiales y subterráneas; el caso de este proyecto se desarrolló en aguas subterráneas, específicamente en un pozo.

En principio como toda tecnología se requirió un alto grado de comunicación e información sobre los sistemas automáticos de dosificación y monitoreo de valores de cloro libre residual. En esta etapa las funciones del ejecutivo de proyectos fueron brindar al cliente información clara y concreta de forma presencial para el personal que estuvo a cargo de las líneas de distribución del agua potable; se evaluaron posibles mejoras y/o correcciones que le permitieran al jefe de planta, personal de laboratorio y usuarios, a tener la seguridad de que los valores estuvieran dentro del marco legal y de salud.

En la primera etapa se realizaron visitas técnicas a la empresa con la finalidad de detectar puntos claves tanto para monitoreo e instalación de los equipos (ver Figura 8). En este recorrido se recopiló información sobre las condiciones con el cual estaban operando:

- Se encontró una dosificación de Hipoclorito de Sodio en forma manual, dependiente de una bomba y un personal que operaba constantemente para regular el caudal de dosificación, el sistema estaba en una habitación subterránea, por tal motivo bajar y subir constantemente era un peligro para el colaborador y muchas horas hombre solo para girar una perilla.
- La presión del flujo de agua era 40 a 50 psi, contaban con un flujometro y antes de este una tubería reductora (diámetro menor a la línea de agua), perdiendo presión.
- Los valores de cloro libre residual se monitoreaban en laboratorio, a 228 metros de distancia, con un test kit práctico cuyos valores se confían a la capacidad visual de los colores propios para cada valor; siendo este el único valor asumido para designar el agua como potable.
- El consumo del tanque de hipoclorito de sodio no era controlado, esto no solo provocaba el consumo desmedido del producto, sino cuando el nivel descendía fuera del alcance de la manguera de succión la bomba electrónica trabajaba en vacío, esto provocaba rotura en las partes internas del cabezal.

- No contaban con un sistema que asegurara la potabilización eficiente del agua de pozo.
- No contaban con un sistema automático de control en el consumo de hipoclorito de Sodio.
- Ausencia de medición de otros parámetros importantes como pH y ORP.
- La bomba no era gobernada por ningún controlador o tablero lógico siendo solo alimentada por la tensión de 220v; cuando el hipoclorito de sodio se acababa la bomba seguía trabajando en vacío.
- En medio de la línea del agua, estaba instalado un flujómetro de menor diámetro, disminuyendo el caudal en un 40% aproximadamente a una presión de 40 a 50 psi, y consumiendo mayor amperaje en las bombas de agua.



Figura 8: Condiciones de equipos que tenía el cliente

- El espacio que debía aprovecharse para colocar los equipos era muy reducido alrededor de 4 m². Existía preocupación por la longitud de tuberías instaladas en dicho cuarto, ya que eran muy cortas para el tiempo de contacto, la distancia del sensor y punto de inyección debe ser lo más distante posible antes de la toma de muestra y claro esta no tan lejos del alcance del controlador.

5.2.2. Etapa 2

En esta importante etapa se realizó la medición de los parámetros que posteriormente se iban a regular para diferentes puntos claves en todo el recorrido hasta el punto de toma del agua para producción, esto para determinar las condiciones actuales sobre los valores que arroja de forma natural el agua almacenada en el pozo de 50 m³ de capacidad.

Los equipos que usaron en esta etapa se muestran en la Figura 9; adicionalmente se usaron EPPS básicos. La medición se realizó en diferentes horas del día y durante dos días. Los puntos de toma de muestra se observan en la Figura 10.



Figura 9: Medidores portátiles de calidad de agua

FUENTE: HORIBA.

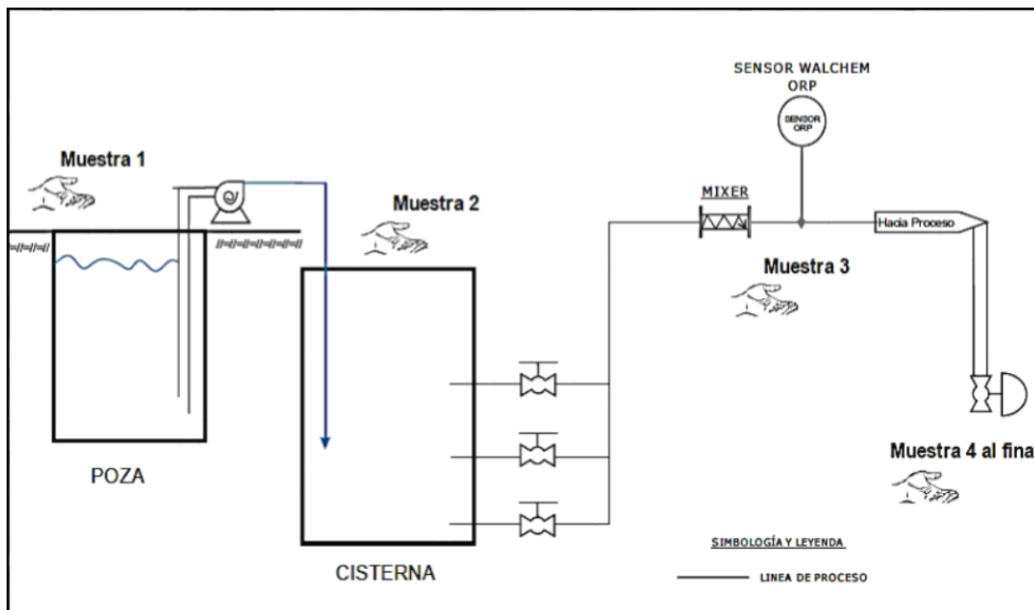


Figura 10: Puntos para toma de muestras

- Se midió la turbidez del agua de la cisterna y se encontró que presenta turbidez de hasta 20 NTU, permitiendo que haya dosificaciones fuera de control en ciertos momentos.

5.2.3. Etapa 3

Luego del primer informe y evaluación de puntos clave para las mediciones y ubicación de los equipos, se plantearon tres alternativas diferenciadas en términos económicos para implementar un sistema automático por etapas.

Cada solución en equipamiento tenía la capacidad de adaptarse a mejoras futuras, como conectarse a nuevos sensores de medición. Se resaltó que la comunicación entre sensores y el control fuera automática y en tiempo real, los equipos tenían la capacidad de conectarse a diferentes sensores a la vez, mientras se iba ajustando el sistema a la necesidad del usuario final según condiciones de operación y diseño. A continuación, se describen las soluciones planteadas.

a. SOLUCION N° 1

La propuesta fue:

- Dosificar el hipoclorito de sodio directamente en la cisterna a presión atmosférica o sumergida, de tal manera que haya un mayor tiempo de residencia debido a la presencia de sólidos insolubles o suspensión que le dan turbidez.
- El sensor de ORP deberá colocarse sumergido en la cisterna, de tal manera que permita una medición en un escenario más crítico.
- Se implementará una recirculación para promover una buena mezcla, turbulencia y homogenización del agua.
- Ver esquema de distribución en la Figura 11.

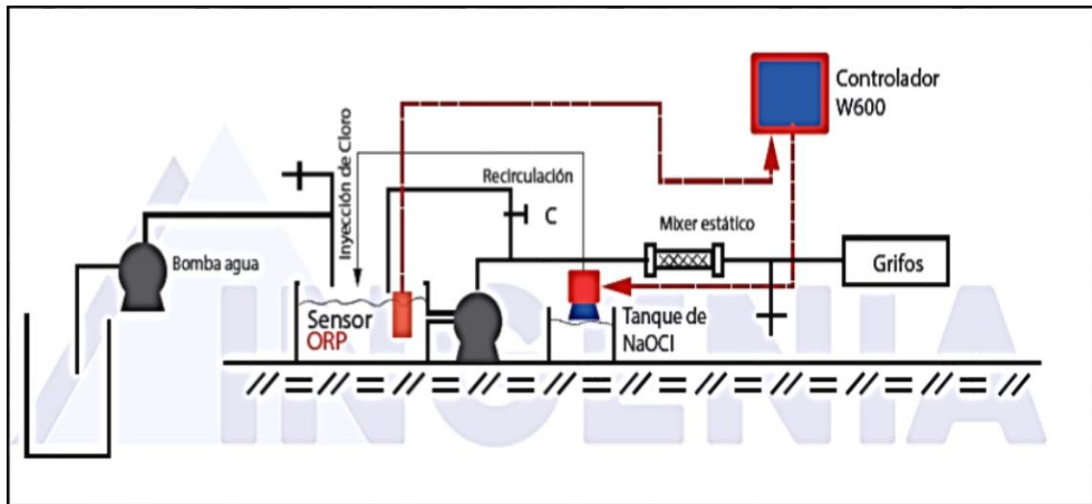


Figura 11: Inyección y sensor en tanque

b. SOLUCION N° 2:

La propuesta fue:

- Dosificar el hipoclorito de sodio en la descarga de la bomba de agua (Del pozo a la cisterna).
- Colocar el mezclador en dicha tubería de descarga.
- El controlador y tanque de dosificación estarán ubicados en el patio (Sobre el Sótano)
- El sensor de ORP estará colocado en forma sumergido en la cisterna, de tal manera que permitirá dar una medición en un escenario más crítico.
- Se implementará una recirculación para promover una buena mezcla, turbulencia y homogenización del agua.
- Ver esquema de distribución en la Figura 12.

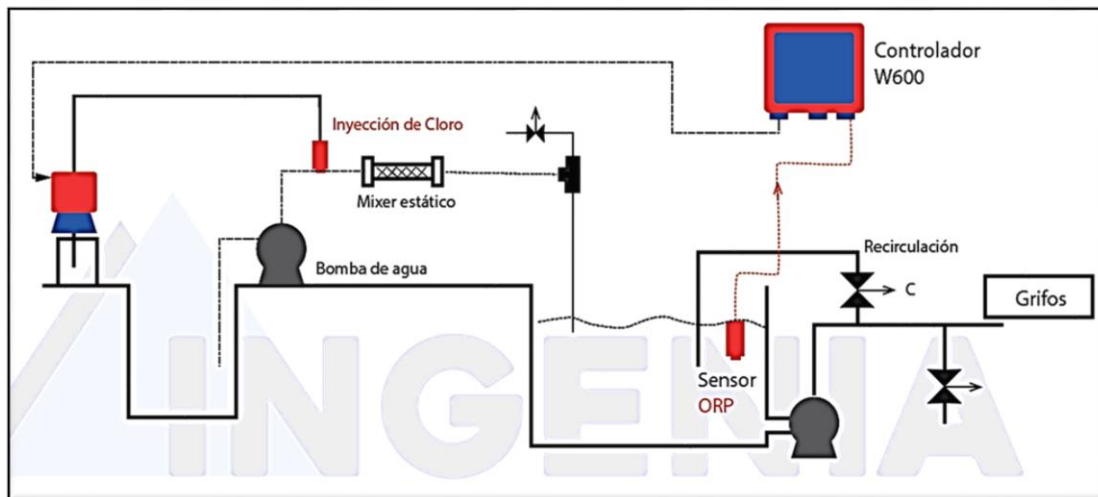


Figura 12: Inyección en línea y sensor en tanque

c. SOLUCION N° 3

La propuesta fue:

- Instalar de un sensor de cloro conectado al controlador W600.
- Se realizará un lazo cerrado en base a la medición de cloro residual libre.
- El fundamento está basado en dosificar el hipoclorito de sodio en la descarga de la bomba de agua (Del pozo a la cisterna), luego se colocará el mezclador en dicha tubería de descarga y en la salida de este se instalará el sensor de cloro libre en línea.
- El controlador y tanque de dosificación estarán ubicados en el patio (Sobre el Sótano)
- El sensor de ORP estará colocado en forma sumergido en la cisterna, de tal manera que permitirá dar una medición en un escenario más crítico.
- Se implementará una recirculación para promover una buena mezcla, turbulencia y homogenización del agua.
- Ver esquema de distribución en la Figura 13.

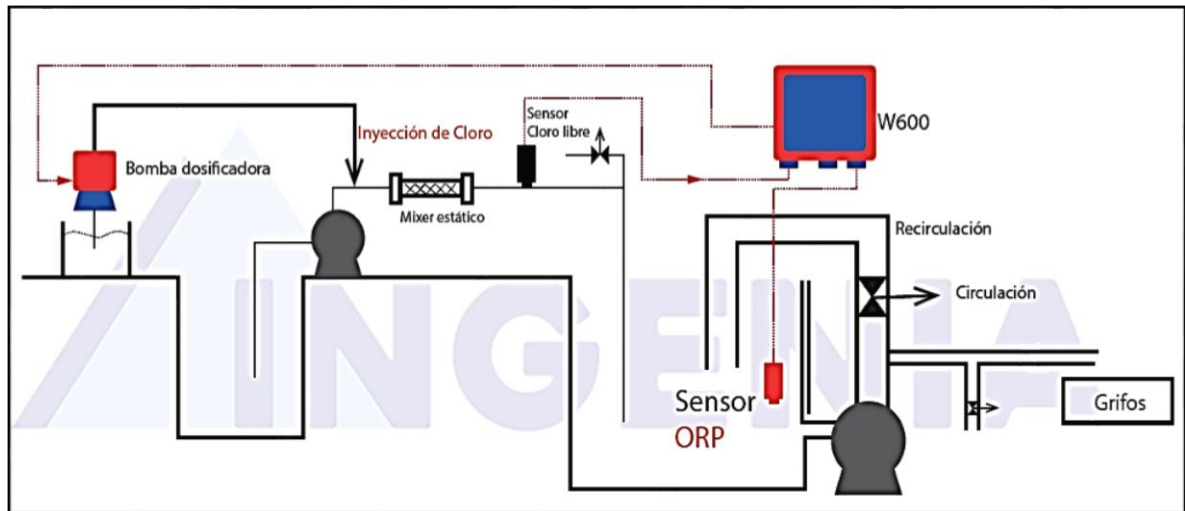


Figura 13: Sensor en línea y en pozo

VI. RESULTADOS

Posterior a la revisión y exposición de cada alternativa, se brindó una solución económica para asegurar la desinfección del agua, el cliente seleccionó la solución 01, con ubicación del sensor ORP en línea, observar el esquema referencial en la Figura 14.

El agua en algunas horas del día arrojaba valores altos de turbidez, se recomendó que el cliente colocaría un filtro pequeño en la salida de sus bombas de agua inmediatamente después de la poza de 50m³.

El diseño del sistema de desinfección mediante sensores ORP – Método Redox, es el siguiente:

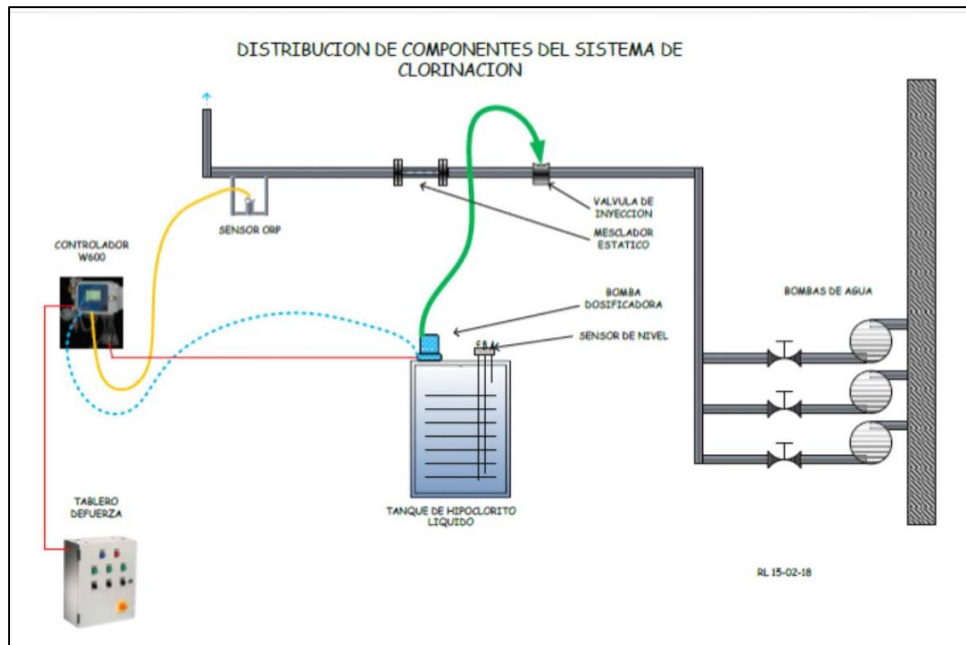







Figura 14: Esquema referencial final de ubicación de equipos validados por el cliente

6.1. LISTA DE EQUIPOS

Equipo	Actividades	Secuencia	Controles
CONTROLADOR 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación, programación y conexión 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección, limpieza <p>Visualización de operatividad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba • Sensor
TABLERO 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación, conexión 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección, limpieza • Visualización de operatividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta en marcha • Bomba de agua • Controlador
SENSOR 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación y calibración 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza y verificación • Calibración con soluciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de ORP mv
BOMBA 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación, conexión y programación 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza y verificación • Calibración con soluciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Dosificación precisa según golpes por minuto
MIXER 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación y adaptación 	<ul style="list-style-type: none"> • Empalme en la tubería de la línea de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezclador de agua con hipoclorito de sodio

6.2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS E INSTALACIÓN

6.2.1. Ubicación del Controlador WALCHEM ORP/PH

El sistema estuvo comandado por un Controlador Industrial, que mide los parámetros de potencial de Oxidación REDOX en el agua, en tiempo real este equipo permitió ver lecturas, tanto de pH como ORP sujetos a sus sensores colocados en línea por la tubería que conducía el agua.

Este equipo conto con una gran pantalla táctil cuya programación fue basada en iconos lo cual hizo fácil su configuración.

Además, tenía una entrada universal de sensor que proporcionaba flexibilidad extraordinaria ya que se podía utilizar el mismo controlador con casi cualquier otro tipo de sensor.

Permitió registrar datos y conto con opción de Ethernet para acceso remoto mediante Internet o LAN o Modbus/TCP.

Se ubicó a 1.5 m del piso, para prevenir ingreso de humedad.



Figura 15: Controlador Industrial de 4 entradas para sensores en línea

6.2.2. Electrodo industrial de ORP

Se eligió electrodos de ORP y pH diferencial para aplicaciones industriales. Tenía un diseño modular con un cuerpo de PVC rugoso que contiene la electrónica; Los cartuchos de pH y ORP fueron fácilmente conectados o reemplazados en minutos sin herramientas especiales. Los cartuchos tenían una única conexión de bloqueo roscada y un sello o'ring doble, así aseguro un cierre hermético.



Figura 16: Sensor Industrial en Línea de pH con cubierta y preamplificador

6.2.3. Bomba Electrónica 150 PSI

Se eligió una bomba electrónica que contaba con entrada de señal de 4 -2 mA para ser gobernada por el controlador industrial, que dependiendo de las lecturas del potencial de OXIDACION-DESINFECCION, dosificaba proporcionalmente el Hipoclorito de Sodio, manteniendo así la lectura en los rangos establecidos. Esta bomba electrónica permito que la dosificación sea controlada y según necesidad en línea.



Figura 17: Bomba dosificadora electrónica de 1.6 GPH

6.2.4. Tanque para almacenamiento de HIPOCLORITO DE SODIO 120L – con sensor de nivel

El tanque fue instalado con un sensor de nivel para que la bomba no trabaje en vacío, este cuidado permitió prolongar los tiempos de mantenimiento a las partes interna de la bomba, como las válvulas check, diafragma entre otras piezas del cabezal.



Figura 18: Tanque provisional para almacenar Hipoclorito de Sodio al 7.5%

6.2.5. Tablero Lógico de Control



Figura 19: Parte interna del TLC

6.3. REVISIÓN DE INSTALACIÓN Y RESULTADOS

6.3.1. Inspección general del Sistema

Posterior a la instalación de los equipos, se inició la marcha blanca, para validar que todo este correctamente conectado según la lógica que se planteó en el esquema, se verifico cada equipo y sus conexiones eléctricas.

Fue importante contar con todo el personal a cargo para evitar accidentes y/o derrame de producto químico en la sala confinada.

6.3.2. Encendido del Sistema

Luego de la inspección general se procedió a encender el sistema, para evaluar en cada equipo alguna alteración o ruido, así como el punto de inyección no presente derrame.

6.3.3. Monitoreo de parámetros

Se dio inicio a las lecturas de valores en el controlador y en la bomba electrónica según dosificación calculada, paralelamente en el grifo final se tomaron muestras y la medición se realizó con los electrodos portátiles de calidad de agua.

Se armaron cuadrillas para monitorear los parámetros antes y después de añadir hipoclorito de sodio.

Medición de cloro libre residual en la línea de agua, después de acondicionar el sistema:

a. Día 01. Resumen:

Tabla 1: Resultado de monitoreo previo al encendido del sistema

PUNTO MUESTREO	ORP	PH	TURBIDEZ	CLORO LIBRE	OBSERVACIONES
	mV		NTU	ppm	
1	260	7.31	2.85	0	
2	252	7.88	3.33	0	
3	255	7.78	29.90	0	Elevada turbidez a la salida del pozo
4	257	7.72	1.66	0	

b. Día 02. Resumen:

Tabla 2: Resultado de monitoreo previo al encendido del sistema

PUNTO MUESTREO	ORP	PH	TURBIDEZ	CLORO LIBRE	OBSERVACIONES
	mV		NTU	ppm	
1	461	7.32	0.95	0	
2	495	7.8	21	0	Elevada turbidez a la salida del pozo
3	457	7.85	3.09	0	
4	476	7.68	-	0	

** Se sugirió limpieza y mantenimiento de la cisterna.

c. Día 03. Resumen:

Antes de añadir Hipoclorito de Sodio

Tabla 3: Resultado de monitoreo previo a añadir cloro y luego de la limpieza de la cisterna

CORRIDA N ° 1

PUNTO MUESTREO	ORP	PH	TURBIDEZ	CLORO LIBRE	OBSERVACIONES
	mV		NTU	ppm	
1	265	7.31	2.75	-	
2	259	7.88	3.13	-	
3	245	7.78	2.09	-	
4	256	7.72	1.46	-	

Después de añadir Hipoclorito de Sodio:

Tabla 4: Resultado de monitoreo luego de encender el sistema de inyección de cloro

CORRIDA N ° 2

PUNTO MUESTREO	ORP	PH	CLORO AÑADIDO	CLORO LIBRE	OBSERVACIONES
	mV		ml	ppm	
1	754	7.47	0.1	>2	Existe una relación ORP y cloro libre
2	698	8.03	0.04	2	Sensor de ORP no brindar lecturas directas de ppm de Cloro
3	637	7.90	0.02	0.6	Sin embargo la relación es estrecha como
4	678	7.76	0.02	0.8	método de cloración

d. Día 4. Resumen:

Antes de añadir Hipoclorito de Sodio

Tabla 5: Resultado de monitoreo previo a añadir cloro

CORRIDA N ° 3

PUNTO MUESTREO	ORP	PH	TURBIDEZ	CLORO LIBRE	OBSERVACIONES
	mV		NTU	ppm	
1	451	7.33	0.94	-	
2	485	7.83	1.01	-	
3	447	7.82	3.06	-	
4	466	7.63	1.12	-	

* Después de añadir Hipoclorito de Sodio:

Tabla 6: Resultado de monitoreo luego de encender el sistema de inyección de cloro

PUNTO MUESTREO	ORP	PH	CLORO AÑADIDO	CLORO LIBRE	OBSERVACIONES
	mV		ml	ppm	
1	774	7.44	0.02	>2	Existe una relación ORP y cloro libre
2	696	7.98	0.015	1.6	Sensor de ORP no brindar lecturas directas de ppm de Cloro
3	725	7.34	0.018	1.4	Sin embargo la relación es estrecha como método de cloración
4	755	7.24	0.017	1.3	

Tabla 7: Resultado de monitoreo final y entregado al cliente

PUNTO MUESTREO	ORP	PH	CLORO AÑADIDO	CLORO LIBRE	OBSERVACIONES
	mV		ml	ppm	
1	754	7.47	0.1	>2	Existe una relación ORP y cloro libre
2	698	8.03	0.04	2	Sensor de ORP no brindar lecturas directas de ppm de Cloro
3	637	7.90	0.02	0.7	Sin embargo la relación es estrecha como método de cloración
4	678	7.76	0.02	0.8	

La organización mundial de la Salud exige que los parámetros para potabilización sean de 650– 750 mV en un medio donde el PH este entre 7.4 a 7.6.

6.3.4. Lista de repuestos críticos

Se entregó la lista de repuestos crítico al personal a cargo de los mantenimientos, con los precios referenciales para que armen el presupuesto anual para el sistema.

6.4. PRESUPUESTO ECONÓMICO

Referente a la parte económica, el proyecto de instalación de un sistema automático de dosificación de hipoclorito de sodio con sensores ORP, fue seleccionado por temas de bajos montos de inversión y costos de mantenimiento, además porque el usuario final tuvo conocimiento de que si deseaba agregar sensores adicionales para asegurar otras mediciones podría realizarlo ya que el controlador que se instaló tiene capacidad para conectar hasta 04 sensores industriales.

La solución que el cliente escogió fue el número 01, que es el más práctico y económico, con un sensor de ORP robusto, con el cual el usuario final logro tener las medidas esperadas y el rango se mantuvo entre 650 a 750 mV.

Sin embargo, no solo fueron los montos cotizados y las comparaciones realizadas de dólares, si bien es cierto un Sistema Automático con sensor de cloro libre en monto puede triplicar el monto de un Sistema de cloración con sensores ORP, el espacio también fue una desventaja, ya que los sensores de cloro libre residual son muy delicados y no se instalan directo a la línea como un sensor ORP, este necesita un acondicionamiento muy especial para evitar roturas en el lente del sensor y cambiar un sensor de cloro libre vs un sensor de ORP la diferencia en precio es considerable.

Algo importante de estos sistemas automáticos de dosificación de hipoclorito de sodio es que el controlador y la bomba son los mismos independientemente que tipo de sensor se va a instalar; por ello el punto crítico y foco son los sensores que se colocaron en la línea, porque de ahí dependió también los montos de inversión en el mantenimiento anual o semestral según la proyección.

Adicional al cliente se brindó información del costo de mantenimiento anual, precio de las soluciones buffer para calibrar sus sensores, precios medidores de bolsillo de pH, ya que

generalmente invertían altos montos continuamente en mandar a laboratorio cuando esto ya podría darse en tiempos más largos.

a. Equipos

Tabla 8: Lista de equipos y precios

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MONEDA	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	Bomba Dosificadora	USD	\$799.00	\$799.00
2	1	Controlador W600	USD	\$1,720.00	\$1,720.00
3	1	Electrodo ORP + Preamplificador	USD	\$780.00	\$780.00
4	1	Conector #1	USD	\$58.00	\$58.00
5	1	Conector #4	USD	\$73.00	\$73.00
6	1	Mezclador estático	USD	\$450.00	\$450.00
Total Valor Venta					\$3,880.00
I.G.V. (18%)					\$698.40
PRECIO VENTA TOTAL					\$4,578.40

b. Servicio de Instalación

Tabla 9: Precio Servicio de Instalación y accesorios

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MONEDA	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
Servicio de Instalación					
1	1	Incluye: Tablero Lógico de Control Soporte de Acero Inox. Tanque + Sensor de Nivel	USD	\$1,295.00	\$1,295.00
Total Valor Venta					\$1,295.00
I.G.V. (18%)					\$233.10
PRECIO VENTA TOTAL					\$1,528.10

c. Medidores de Bolsillo – Portátil PH

Tabla 10: Precio de sensores de mano portátil - PH

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MONEDA	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	Medidores de Bolsillo PH	USD	\$359.00	\$359.00
Total Valor Venta					\$359.00
I.G.V. (18%)					\$64.62
PRECIO VENTA TOTAL					\$423.62

d. Soluciones para Calibrar Sensor Industrial

Tabla 11: Soluciones BUFFER para calibrar sensores ORP

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MONEDA	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	Soluciones BUFFER 240 mV	USD	\$98.00	\$98.00
2	1	Soluciones BUFFER 470 mV	USD	\$98.00	\$98.00
Total Valor Venta					\$196.00
I.G.V. (18%)					\$35.28
PRECIO VENTA TOTAL					\$231.28

e. Lista de repuestos

Tabla 12: Repuestos para Mantenimiento Anual Preventivo

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MONEDA	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	KIT Repuestos para Bomba	USD	\$150.00	\$150.00
2	1	Válvula de Inyección	USD	\$95.00	\$95.00
3	1	Válvula de Pie	USD	\$85.00	\$85.00
4	10	Mangue LLDPE	USD	\$8.00	\$80.00
5	1	Sensor ORP	USD	\$358.00	\$358.00
Total Valor Venta					\$768.00
I.G.V. (18%)					\$138.24
PRECIO VENTA TOTAL					\$906.24

f. Complementos - Sensores de Ph / Cloro Libre

El controlador industrial que se instaló fue multiparametro, este beneficio se informó para que se proyecten a implementar sensores adicionales al sistema, de forma conveniente como ya se trató es importante también las mediciones del PH en forma continua y en tiempo real.

Por ello, se presentó el costeo para implementar una línea con Sensor de PH paralelo a la línea que ya monitoreaba el ORP. Se tuvo en cuenta que el cliente ya tenía el Controlador Industrial, por ello no se agregó dicho equipo en la Tabla 13 de costeo.

Los equipos básicos que se tuvo en cuenta para una línea adicional de medición con Sensor de PH fueron:

Tabla 13: Lista de equipos y servicio para implementar línea de monitoreo con sensor de pH

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MONEDA	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	Bomba Dosificadora	USD	\$799.00	\$799.00
2	1	Electrodo de PH + Preamplificador	USD	\$780.00	\$780.00
3	1	Soluciones de Calibración	USD	\$85.00	\$85.00
4	1	Servicios de Instalación Tanque + Sensor de Nivel	USD	\$1000.00	\$1000.00
Total Valor Venta					\$2,664.00
I.G.V. (18%)					\$479.52
PRECIO VENTA TOTAL					\$3,143.52

Como ya se trató en el presente informe, DIGESA les auditaba y supervisaba los valores de cloro libre residual en ppm; por ello el usuario final veía conveniente agregar el sensor de cloro libre residual al sistema, de esta manera tenía valores en ppm también en el controlador que registra los datos y/o historial de parámetros.

Se resaltó al cliente que no se está agregando a la Tabla 14 los costos de equipos que ya existían en el Sistema Instalado y que permitía solo una adaptación y adicional paralelo, por ejemplo, el controlador industrial, la bomba dosificadora, el tanque con el hipoclorito

de sodio entre otros afines, estos costos si se agregan para un costo global y comparación de inversión.

En ese caso los equipos adicionales para acoplar al sistema fueron:

Tabla 14: Lista de equipos y servicio para implementar línea de monitoreo con sensor de Cl

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	MONEDA	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	Sensor de Cloro	USD	\$3,000.00	\$3,000.00
2	1	Manifold	USD	\$1,500.00	\$1,500.00
3	1	Estructura Fija	USD	\$1,800.00	\$1,800.00
4	1	Rotámetro	USD	\$600.00	\$600.00
5	1	Soluciones de Calibración	USD	\$160.00	\$160.00
6	1	Servicios de Instalación	USD	\$2,000.00	\$2,000.00
Total Valor Venta					\$9,060.00
I.G.V. (18%)					\$1,630.80
PRECIO VENTA TOTAL					\$10,690.80

El cliente valido que existía en el mercado nacional el stock de estos equipos adicionales, así como los repuestos que eran fácil de obtener, ya que en estas épocas hay mucho interés en tratar correctamente el agua, existen muchas marcas en el mercado, diferentes tecnología y precios, por el cual se guio a la empresa para que continúe con la implementación y reforzamiento de su sistema automático de dosificación con hipoclorito de sodio en solución.

Resumen sobre los montos de inversión para el Sistema Automático dosificación de Hipoclorito de Sodio con Sensores OPR vs Cloro Libre:

Tabla 15: Comparación en monto de inversión, Sistema con sensor ORP y otro con Sensor de cloro

ORP (mV)

vs

COLOR (ppm)

ITEM	CANT.	DESCRIP.	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	Bomba Dosificadora	\$799.00	\$799.00
2	1	Controlador W600	\$1,720.00	\$1,720.00
3	1	Electrodo ORP	\$780.00	\$780.00
4	1	Conector #1	\$58.00	\$58.00
5	1	Conector #4	\$73.00	\$73.00
6	1	Mezclador estático	\$450.00	\$450.00
7	1	Servicio de Instalación	\$1,295.00	\$1,295.00

ITEM	CANT.	DESCRIP.	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	1	Bomba Dosificadora	\$799.00	\$799.00
2	1	Controlador W600	\$1,720.00	\$1,720.00
3	1	Sensor de Cloro	\$3,000.00	\$3,000.00
4	1	Conector #1	\$58.00	\$58.00
5	1	Conector #4	\$73.00	\$73.00
6	1	Mezclador estático	\$450.00	\$450.00
7	1	Manifold	\$1,500.00	\$1,500.00
8	1	Estructura Fija Inox.	\$2,200.00	\$2,200.00
9	1	Rotámetro	\$600.00	\$600.00
10	1	Soluciones de Calibración	\$160.00	\$160.00
11	1	Servicios de Instalación	\$2,000.00	\$2,000.00

Total Valor Venta	\$5,175.00
I.G.V. (18%)	\$931.50
PRECIO VENTA TOTAL	\$6,106.50

Total Valor Venta	\$12,560.00
I.G.V. (18%)	\$2,260.80
PRECIO VENTA TOTAL	\$14,820.80

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Luego de los resultados esperados y valores obtenidos en este proyecto, se pudo validar que un sistema automático con sensores ORP puede controlar la dosis de hipoclorito de sodio, el sistema trabajo de forma automática y dosifico según las necesidades que indicaba el sensor de ORP 650 – 850Mv, esto para cumplir con el cloro libre residual que exige la norma. El conocimiento convencional sostiene que mientras se mantiene lectura de cloro libre en un sistema, la desinfección está completa. Sin embargo, la comunidad científica ya no acepta esto como valido o suficiente. El objetivo de todos los programas de cloración es la producción de ácido hipocloroso activo (HOCL) que es un poderoso desinfectante, pero factores como el pH, carga orgánica total y el exceso de nitrógeno puede resultar en la formación de otros compuestos de cloro activo, componentes menos activos como el ion hipoclorito (OCL-) y las cloraminas, que son menos eficaces.
- El diseño del sistema no fue complejo, lo importante fue reconocer los equipos que necesitaba el proyecto y verificar la distribución, así como las medidas y puntos donde se ubicaron los sensores. De los equipos instalados, el controlador que recibía señales del sensor ORP y gobernaba la bomba, tenía opción a ser remotizado, pudiendo visualizar los valores de ORP y PH en tiempo real desde una PC. En el sistema se comprobó que el residual de cloro libre está en función del valor de ORP, no en forma lineal, pero si en forma creciente, a medida que el ORP aumentaba el residual de Cloro Libre aumentaba.
- Un Sistema Automático de dosificación de Hipoclorito de Sodio con Sensores ORP es más eficiencia si se habla sobre desinfección del agua, porque la necesidad de desinfectante está en función de la carga bacteriana u otros patógenos, la ventaja de haber usado un sistema ORP es que midió el verdadero potencial de oxidación que

tiene una solución. Esto quiere decir que mide la actividad de oxidación en el agua y no la concentración de oxidante. En el caso del cloro libre residual los PPM solo indican que hay presencia de cloro en el agua, ORP indica si los organismos han sido destruidos. La tendencia a nivel mundial es medir el potencial de oxidación del agua clorada.

7.2. RECOMENDACIONES

- Monitoreo de forma continua el PH, esto se logró con equipos de bolsillo o sensores en línea como es el caso del Sensor de ORP.
- El Sensor tiene un tiempo de vida útil el cual puede ser años o meses, depende de la temperatura y el medio donde está sumergido, se recomendó recalibrar el sensor usando una referencia compatible de conducta. Lograron esa referencia estableciendo una tabla de tres valores comparando cloro residual, PH y mV en el controlador a la vez.
- Verificaron si hay precipitados en el tanque de hipoclorito, esto ocurre sobre todo cuando hay dilución con el agua, de ser el caso realizaron una programación de mantenimiento preventivos de la válvula de Pie.
- Verificaron la línea de dosificación del producto químico, para prevenir la obstrucción en la salida de la válvula de inyección, esto puede generar cristalizado con reacciones químicas entre el hipoclorito en los carbonatos presentes en el agua como solidos suspendidos.
- El agua de pozo presenta menor turbidez que el agua procedente de la cisterna; se recomendó realizar limpieza con mayor frecuencia en la cisterna.
- Implementación de un filtro de agua a la salida de la cisterna de tal manera que el cloro libre sea estable aguas abajo a lo largo de la línea hasta la salida. La turbidez

en el agua está integrada por partículas coloidales y sólidos en suspensión que influyen en la desinfección del agua por cualquier método. Si el caso del Hipoclorito de Sodio el consumo aumenta a medida que la turbidez aumenta.

- El sistema se encontraba confinado en un recinto sub-suelo, sin opción de desagüe por gravedad, implica que, si por alguna razón se presentara rotura en la línea de PVC o por cristalización o sulfatación de válvulas, etc. no cuenta con un sistema de aviso del peligro, aun siendo el punto neurálgico de abastecimiento general de agua para toda la planta.
- Se sugirió, instalen una válvula chek después del sistema de cloración que evite el retorno del agua; la línea cuenta con un presostato programado con un variador de frecuencia para presión constante de 60 psi crucero; pueden de la misma manera acondicionar en ese mismo punto otro presostato programado con presión mínima para que apague el bombeo.

VIII. SUGERENCIAS

- A pesar que el sistema fue un éxito en control y dosificación, DIGESA aún no brinda su validación en supervisión para valores en mV, lo común es ver un sistema que arroje directamente ppm de cloro libre residual, aquí hay una gran tarea de por medio en la comunicación y exposiciones referente a esta sencilla, económica y practica aplicación.
- En el Perú no hay buenas prácticas de control de este desinfectante, por ejemplo, piscina, centros de recreación y/o almacenamiento de agua para uso potable, se sabe que un sistema de desinfección con sensor de cloro es completo y de alto costo, así que en su mayoría usan métodos artesanales y peligrosos para la salud pública; el sistema que se presentó en este informe es una gran solución para diferentes tipos de aplicación y uso de agua potable.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acoua Tecnología. (s.f.). Potencial Redox, Ingeniería en tratamientos de agua y procesos. Recuperado de <http://acquatecnologiaperu.com/nosotros>

Christman, K. (1998). Cloro. Trabajo presentado en el Simposio OPS: Calidad de Agua, Desinfección Efectiva.

DIGESA. (2010), Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. DS N° 031-2010-SA. Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud; 2011.

DYNAFLUX. (s.f.). Plantas de Tratamiento de aguas y equipos. Recuperado de <https://www.dynaflux.com.pe/>

González Sánchez, A. (2018). Evaluación de la efectividad de distintos desinfectantes oxidantes en el lavado industrial de melón mediante el control de potencial oxido reducción en la pila. Tesis. Universidad de Costa Rica.

Ministerio de Salud (MINSa). (2011). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Recuperado de www.digesa.minsa.gob.pe

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Notas descriptivas, E. coli. Ginebra: Vida saludable, bienestar y objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

Pérez López, J.A. y Espigaras García, M. (1995). Desinfección del Agua. Cloración. Universidad de Granada. Recuperado de <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/CLORACION.pdf>

Poso, R. (2009) Métodos de Desinfección para la potabilización de agua, Universidad Nacional de Ingeniería.

Rocha Castro, E. (2010). Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas. Chihuahua, Mexico: Universidad Autónoma de Chihuahua.

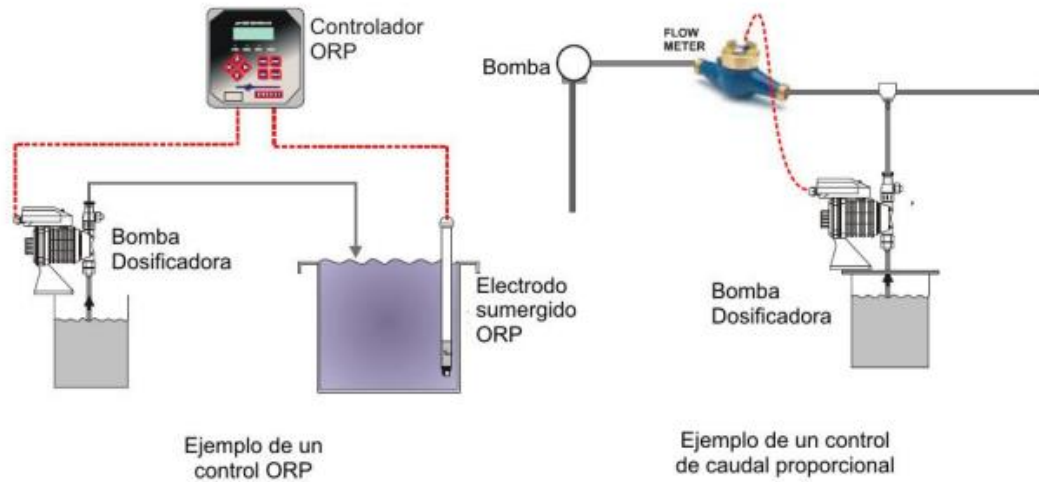
Suslow, T. (2004). Oxidation-Reduction Potential (ORP) for Water Disinfection Monitoring, Control, and Documentation (Publication 8149).

WALCHEM. (s.f.). Equipos para monitoreo de parámetros en el agua. <https://www.walchem.com/>

World Health Organization. (1971). International standards for drinking-water. 3rd ed. World Health Organization. Available in <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39989>

X. ANEXOS

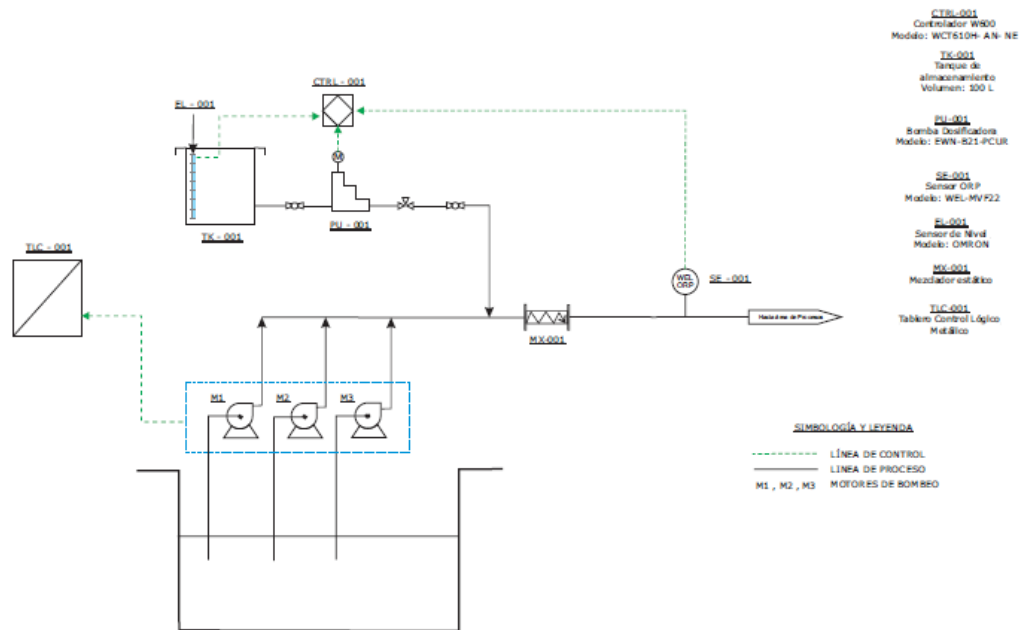
Anexo 1: Sistemas de Desinfección con Hipoclorito de Sodio en Solución




Anexo 2: Solución química aproximada para desinfectar con cloro basado en 6% de concentración a 1 ppm

WATER FLOW			BLEACH (Sodium Hypochlorite) Required		
GPM	GPH	m3/h	ml/min	l/hr	GPD
20	1200	4.542	1.51	0.09	0.57
30	1800	6.813	2.27	0.136	0.86
40	2400	9.084	3.02	0.181	1.15
50	3000	11.355	3.78	0.227	1.44
60	3600	13.626	4.54	0.272	1.73
70	4200	15.897	5.30	0.318	2.01
80	4800	18.168	6.06	0.364	2.30
90	5400	20.439	6.81	0.409	2.60
100	6000	22.71	7.57	0.454	2.88
200	12000	45.42	15.14	0.908	5.76
300	18000	68.13	22.71	1.363	8.64
400	24000	90.84	30.28	1.817	11.52
500	30000	113.55	37.65	2.271	14.4
750	45000	170.33	56.77	3.41	21.6
1000	60000	227.10	75.71	4.54	28.8

Anexo 3: Esquema y leyenda del Sistema Automático de dosificación de Hipoclorito de Sodio con sensor ORP

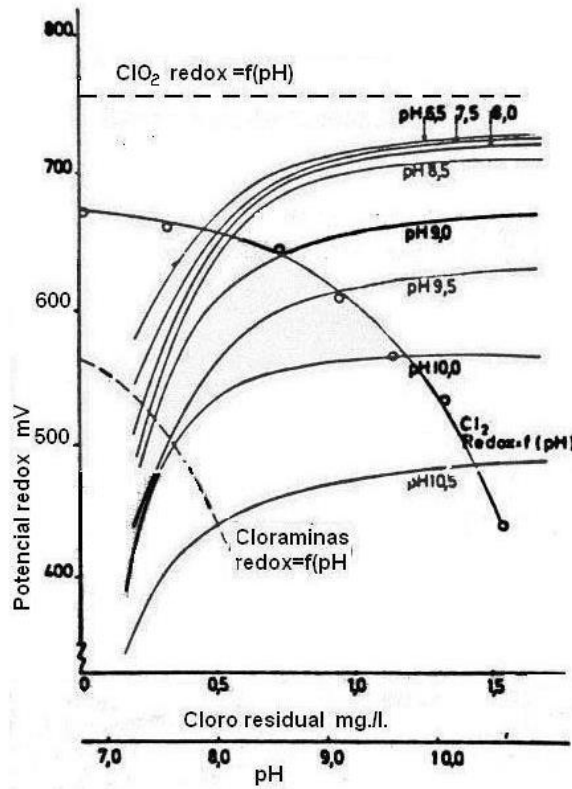


ASUNTO	EMPRESA	ÁREA DE PROYECTOS
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN AUTOMÁTICO DE HIPOCLORITO DE SODIO	GLOBAL ALIMENTOS SAC.	 Ingeniería y Gerencia en Negocios Asociados e Integrados S.A

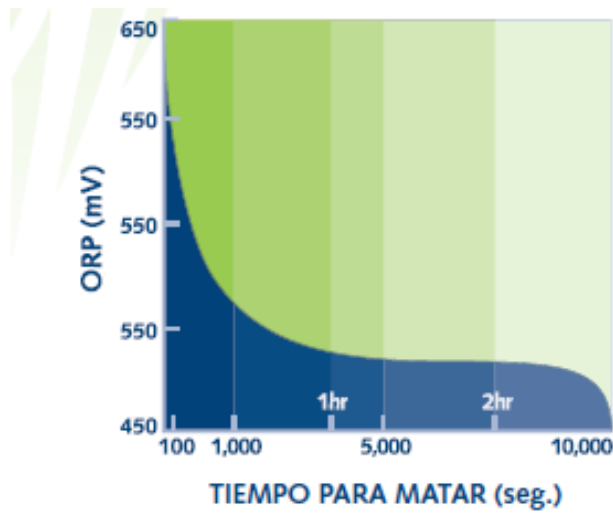
Anexo 4: Tiempo de contacto necesario para inactivación de la Giardia, según concentraciones de cloro y valores de PH

Concentración Cloro (mg/l)	Inactivación de Giardia Cysts a 20°C								
	pH 6.5			pH 7.5			pH 8.5		
	90%	99%	99.9%	90%	99%	99.9%	90%	99%	99.9%
0.6	15	30	45	21	43	64	31	61	92
1.0	16	31	47	22	45	67	33	65	98
1.4	16	33	49	23	47	70	34	69	103
1.8	17	34	51	25	49	74	36	72	108
2.2	18	35	53	26	51	77	38	75	113
2.6	18	37	55	27	53	80	39	78	117
3.0	19	38	57	28	55	83	41	81	122

Anexo 5: Curva que relaciona el ORP vs PH con curvas de Cl



Anexo 6: Tiempo de contacto para eliminar la E. Coli, Carlston et al. 1966



ORP (mV)	TIEMPO PARA MATAR E. Coli
650	0 segundos
600	10 segundos
550	100 segundos
500	1 hora
450	No Mata

PRINCIPIOS DE CLORINACIÓN 'PPM' o 'ORP'?

"Si va a aplicar la cloración en cualquier parte de los procesos, es necesario volver a pensar en lo efectivo que puede ser."

El conocimiento convencional sostiene que mientras se mantiene lectura de cloro libre en un sistema, la desinfección esta completa. Sin embargo, la comunidad científica ya no acepta esto como válido o suficiente. El objetivo de todos los programas de cloración es la producción de ácido hipocloroso activo (HOCl) que es un poderoso desinfectante, pero factores como el sistema pH, carga orgánica total y el exceso de nitrógeno puede resultar en la formación de otros compuestos de cloro activo, componentes menos activos como el ión hipoclorito (OCl^-) y las cloraminas, que son hasta 100 veces menos eficaces. El problema

NINGUN KIT DISPONIBLE EN LA ACTUALIDAD EN EL MERCADO ES CAPAZ DE DIFERENCIAR ENTRE LOS DIVERSOS COMPONENTES QUE CONTIENEN CLORO. POR LO TANTO EL CLORO LIBRE RESIDUAL NO ES IGUAL A "DESINFECCION"

El mercado esta finalmente prestando atención, la tendencia a nivel mundial es medir el potencial de oxidación-reducción o "ORP" de agua clorada. En contraste con PPM que simplemente le dice al observador que el cloro está presente en el agua, ORP indica si los organismos han sido destruidos, independientemente de los niveles de pH o PPM. ORP se mide en milivoltios (mV) y verifica la actividad de oxidación en el agua. En pocas palabras, una lectura por encima de ORP 650 mV - 700 mV es todo lo necesario para tranquilizar a un observador que su programa de cloración es eficaz. Si las lecturas están por debajo de estos niveles, entonces las causas subyacentes, tales como el pH, baja dosificación de cloro, el programa de calidad de agua se puede evaluar y ajustar.

COMO DEBE SER EL ORP EN EL AGUA?

Una vez que los instrumentos y métodos de medición de ORP se desarrollaron en la década de 1960, los investigadores comenzaron a trabajar hacia el establecimiento de normas en las que las mediciones de ORP pueden ser utilizados como un indicador preciso de la calidad del agua. En 1966 un estudio de Carlson, Haselbarth y Mecke del Instituto Higiene del Agua de la Oficina Alemana de Salud Federal, mostró que la tasa de muerte de E. coli en el agua de la piscina era dependiente de ORP y no en el nivel de cloro residual libre.



ORP (mV)	Tiempo eliminación E.Coli
650	0 segundos
600	10 segundos
550	100 segundos
500	1 hora
450	No elimina la E. Coli

En 1972, la Organización Mundial de la Salud reconoció en sus estándares de agua potable que, a nivel de ORP 650 mV, el agua esta desinfectada y la inactivación viral es casi instantánea. La investigación ha mostrado que a un nivel de 650 mV de ORP, bacterias tales como E. coli mueren en contacto o en unos pocos segundos. Organismos más resistentes como listeria, salmonella, levaduras y mohos pueden requerir 750 mV o superior con el fin de ser eliminados.

Cómo medir el ORP?

ORP es fácil de medir con una sonda auto-calibrada portátil.



Anexo 8: Límites máximos permisibles – Reglamento de la calidad de agua para consumo humano MINSA

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. E. Coli	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.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº 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

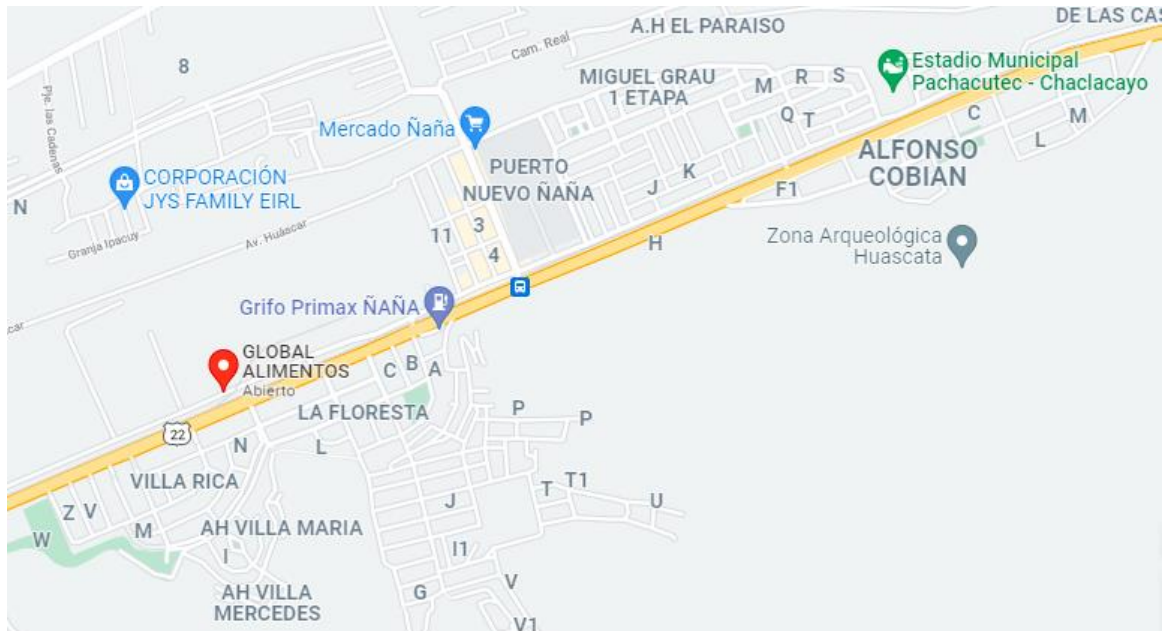
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	--	Aceptable
2. Sabor	--	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L^{-1}	1 000
8. Cloruros	$\text{mg Cl}^{-} \text{ L}^{-1}$	250
9. Sulfatos	$\text{mg SO}_4^{-} \text{ L}^{-1}$	250
10. Dureza total	$\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$	500
11. Amoniaco	mg N L^{-1}	1,5
12. Hierro	mg Fe L^{-1}	0,3
13. Manganeso	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 9: Ruta de plan de trabajo para instalación del sistema de cloración - empresa de alimentos – Chaclacayo

Mapa de Ubicación



Responsables

Área : PLANTA DE MANTENIMIENTO
Jefe / Responsable del trabajo: ING. DAVID FLORES
Supervisor asignado : ING.DAVID FLORES

Área de trabajo

Área : SOTANO DE CLORACION DE AGUA
Jefe / Responsable del trabajo: ING. DAVID FLORES
Supervisor Asignado : ING. DAVID FLORES

Empresa contratista ejecutante

Razón Social : INGENIA SA
Gerente General : AGUSTIN CHINGA CHUMPITAZ
Correo electrónico : achinga@ingeniaindustrial.com
Área Comercial y Proyectos : ERMILA VERAMENDI VIDAL
Correo electrónico : mila.veramendi@ingeniaindustrial.com

a. Actividades

DIA 01

- Instalación física: tuberías conexiones de PVC, trampa del SENSOR ORP,
- Instalación del TABLERO adosables, tubos flexibles forrados de PVC.

DIA 02

- Montaje del manifold: instalación de tuberías
- Instalación y Programación de los equipos WALCHEM.
- Supervisión y programación del set point en el controlador WALCHEM.
- Puesta en marcha, supervisión general y capacitación.

DIA 03

- Medición de parámetro por la mañana y tarde
- Registro de valores antes y después de añadir el desinfectante

DIA 04

- Capacitación
- Entrega de informe

Resumen

Equipos	Actividades
Controladores	<ul style="list-style-type: none">• Programación del set point• Ingreso de parámetros
Tablero	<ul style="list-style-type: none">• Conexiones con el sensor de ORP, bomba, tablero.• Instalación y adaptación al sistema eléctrico• Verificación general a la puesta en marcha
Sensor	<ul style="list-style-type: none">• Calibración de sensores de ORP• Instalación en línea• Conexión al controlador• Verificación de funcionamiento CONTROLADOR + SENSOR + BOMBA
Mezclador estático	<ul style="list-style-type: none">• Instalación en la línea de la tubería posterior a la inyección de Hipoclorito de Sodio y antes del Sensor de ORP.

«continuación»

Bomba Iwaki Walchem	<ul style="list-style-type: none">• Instalación y adaptación al sistema
	<ul style="list-style-type: none">• Inspección de las líneas de succión y descarga• Programación de los STOCKS por minutos o dosificación del Hipoclorito de Sodio controlado.• Conexión al Controlador WALCHEM• Verificación en la línea de inyección y electrodo de nivel en el tanque.

b. Cargos del personal

- **JEFE, SUPERVISOR RESIDENTE DE SERVICIO.**

ROBERTO AUGUSTO LEWIS CHINGA		SUPERVISOR TECNICO MECANICO
------------------------------	--	--------------------------------

- **PREVENCIONISTA Y APOYO EN EL SERVICIO**

KEVIN JARZO LEWIS FLORES		APOYO TECNICO
--------------------------	--	---------------

- **PERSONAL A CARGO DE CAPACITACIÓN**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FUNCION
1	Ermila Veramendi Vidal	44669518	Capacitation de Equipos
2	Roberto Augusto Lewis	07950026	Capacitation de la instalación
3	Jose Antony Tejada	76602638	apoyo en la entrega de material

c. Herramientas

UND	HERRAMIENTAS MANUALES
01	Taladro de percusión mediano y grande
01	juego de desarmadores
06	Pinzas
01	Prensa terminales eléctricos
01	Multímetro simulador
01	Martillos de bola y mecánico
01	Brocas de copa
01	Brocas varios
01	Barrenas para cemento
01	Extensión eléctrica
01	Llaves mixtas tipo rache
01	Arco de sierra

d. Requisitos de seguridad y salud ocupacional

Equipo	Actividades	Secuencia	Controles
CONTROLADOR	Instalación, programación y conexión	<ul style="list-style-type: none"> Inspección, limpieza Visualización de operatividad 	<ul style="list-style-type: none"> Bomba Sensor
TABLERO	Instalación, conexión	<ul style="list-style-type: none"> Inspección, limpieza Visualización de operatividad 	<ul style="list-style-type: none"> Puesta en marcha Bomba de agua Controlador
SENSOR	Instalación y calibración	Limpieza y verificación Calibración con soluciones	<ul style="list-style-type: none"> Sensor de ORP mv
BOMBA	Instalación, conexión y programación	Limpieza y verificación <ul style="list-style-type: none"> Calibración con soluciones 	<ul style="list-style-type: none"> Dosificación precisa según golpes por minuto
MIXER	Instalación y adaptación	<ul style="list-style-type: none"> Empalme en la tubería de la línea de agua 	<ul style="list-style-type: none"> Mezclador de agua con hipoclorito de sodio

- Trabajos Peligrosos a realizar
 - En Espacio Confinado : SI
 - En Altura : NA
 - Eléctrico : SI
 - En caliente: Corte y Soldadura : NA
 - Perforación y/o Excavación : NA
 - Manejo de Carga : NA
 - Energía Peligrosa (Mecánica, Neumática, Vapor, otro) : NA
 - Químicos Peligrosos (Inflamables, Combustibles, Ácidos, Álcalis, Lubricantes, Solventes, GLP, GNV, Gases Tóxicos, Gases Presurizados, otros) : SI
- Equipos de protección personal

ITEM	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)
1	Casco de seguridad
2	Barbiquejo
3	Lentes de seguridad
4	Camisa manga larga
5	Botas de seguridad.
6	Protector auditivo
8	Guantes de nitrilo
9	Otros de acuerdo a necesidad

- Matriz de aspecto ambiental

1	uso de buffer de calibración	Desechos de muestras con reactivos	Contaminación de agua	Usar solo la solución requerida
2	Uso de buffer de calibración	Descarte de recipientes de plástico	Contaminación de suelos	Desechar en contenedores autorizados
3	Generales	Desechos de PVC, restos de cinta teflón	Contaminación de suelos	Desechar en contenedores autorizados

Anexo 10: Cotizaciones y códigos de equipos brindados al cliente

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
01	01	BOMBA DOSIFICADORA ELECTRONICA	USD	799.00	799.00
		MARCA : WALCHEM MODELO : EWN-B21PCUR			

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
02	01	CONTROLADOR W600	USD	1,720.00	1,720.00
		MARCA : WALCHEM MODELO : WCT610H-AN-NE			

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
03	01	ELECTRODO DE ORP	USD	780.00	780.00
		MARCA : WALCHEM MODELO : WEL-MVF-22			

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
04	01	CONECTOR #1 ASM PARA TRANSMISION DE SEÑAL WALCHEM 4 – 20 mA	USD	58.00	58.00
		MARCA : WALCHEM MODELO : E90495ING			

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
05	01	CONNECTOR, 4 & 5PIN-R, EW(N)/IX STOP INPUT	USD	73.00	73.00
		MARCA : WALCHEM MODELO : E90494ING			

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
06	01	EFICIENCIA 2"	USD	450.00	450.00
		MODELO: EST-ING01			

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
01	01	SERVICIO TECNICO EN GENERAL	USD	1,295.00	1,295.00

INGENIERIA Y PUESTA EN MARCHA

INCLUYE:

- ✓ **01 TABLERO** lógico de control diseñado según la supervisión anticipada del sistema.
- ✓ **01 Soporte de Acero inoxidable** (Para la Bomba dosificadora Walchem)
- ✓ **01 SENSOR DE NIVEL** (Para acondicionamiento del tanque)

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
01	01	MEDIDOR DE BOLSILLO PH	USD	359.00	359.00

PRECIO NO INCLUYE IGV

MEDIDOR DE BOLSILLO, pH, ±0.1 pH, 2 puntos de calibración

Marca : HORIBA

Modelo: LAQUAtwin pH 11

Incluye:

- Soluciones de calibración pH 7.00 & 4.01 (14 ml cada uno)
- Pilas CR2032 (2)
- Pipeta
- Manual de instrucción y manual rápido
- Estuche de plástico.

PRECIO NETO TOTAL: US\$ 359.00 + IGV

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
01	01	FRASCOS ORP 240 mV	USD	98.00	98.00

MODELO : HI7021L

PRECIO DE INCLUYE IGV

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Moneda	Precio Neto Unit	Precio Neto Total
02	01	FRASCOS ORP 470 mV	USD	98.00	98.00

MODELO : HI7022L

PRECIO NO INCLUYE IGV

Nota:

- Líquidos para complementos de Solución ORP, cada uno es de 500mL el cual se usara el día de la instalación, el residual se puede almacenar y con cierta cantidad se capacitara a los técnico para que puedan realizar el mantenimiento del Sensor.

PRECIO NETO TOTAL: US\$ 196.00 + IGV