

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO
DE AGUA POTABLE EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO
YOPAL, CASANARE**

HELBERT GABINO MANRIQUE RAMIREZ

MARIA SANDY ROA RAMIREZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELAS DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
YOPAL
2014**

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO
DE AGUA POTABLE EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO
YOPAL, CASANARE**

HELBERT GABINO MANRIQUE RAMIREZ

Código: 7232279

MARIA SANDY ROA RAMIREZ

Código: 1.118.546.940

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo Industrial

Director

EDWIN RÚA RAMÍREZ

Ingeniero Mecánico

Magister en Gerencia de Empresas mención Industria

Magister en Ingeniería Termodinámica de Fluidos

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELAS DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
YOPAL
2014**

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Yopal 08 de Noviembre de 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinito amor, porque nos brinda la vida y fuerza para superarnos día a día.

A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional y acompañamiento en esta etapa tan importante de nuestra vida.

A Edwin Rúa Ramírez por su apoyo y entrega para hacer realidad este proyecto.

A la empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal por su confianza y colaboración brindada.

CONTENIDO

RESUMEN DEL PROYECTO	10
1. TITULO DEL PROYECTO.....	12
2. INTRODUCCION	13
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	14
4. JUSTIFICACION	15
5. OBJETIVOS	16
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
6. MARCO REFERENCIAL	17
6.1 MARCO TEORICO	17
7. DISEÑO METODOLOGICO	39
8. DESARROLLO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	40
8.2. Aireación y adición de soda caustica.....	42
8.3 Coagulación, floculación y decantación:.....	43
8.4 Planta Modular, filtración y cloración:	46
8.5 Pozo profundo Villa maría	49
8.6 Planta de Tratamiento San Jorge:	50
8.7 Pozo profundo Estadio	50
9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CUESTIONARIO REALIZADO A LOS OPERARIOS DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE YOPAL.	51
9.1 Análisis cuantitativo y cualitativo de las encuestas:.....	51
10. EVALUACION TECNICA Y OPERATIVA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	62
11. CONCLUSIONES	75
12. RECOMENDACIONES	77
13. BIBLIOGRAFÍA	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Principales parámetros de clasificación de tipos de agua	pág 20
Tabla 2. Procesos unitarios referidos a cada grado de tratamiento	20
Tabla 3. Tipos de Pozos y vehículos de distribución de agua potable	65
Tabla 4. Carro tanques disponibles para la atención de la emergencia por desabastecimiento de agua en el municipio de Yopal	65
Tabla 5. Personal operativo y administrativo de la Empresa	69

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Aireación por bandeja	22
Figura 2. Aireación tipo escalera en planta de tratamiento convencional	22
Figura 3. Proceso de coagulación y floculación.	23
Figura 4. Proceso de decantación	25
Figura 5. Proceso de filtrado con lechos de arena	26
Figura 6. Proceso de Desinfección o cloración	28
Figura 7. Ensayo en laboratorio de “pruebas de jarras”.	31
Figura 8. Plantas de tratamiento de agua potable presurizadas	32
Figura 9. Planta de tratamiento de agua potable abierta modular	33
Figura 10. Planta de tratamiento de agua potable compacta	35
Figura 11. Planta de producción de agua potable tipo compacta modelo 6.5	37
Figura 12. Bocatoma la tablona, Rejilla captadora de agua sin tratar.	40
Figura 13. Tuberías transportadoras del agua de la bocatoma a los desarenadores	40
Figura 14. Suministro de soda caustica para subir el nivel del pH	41
Figura 15. Adición de oxiclورو de aluminio	41
Figura 16. Mezcladores de oxiclورو de aluminio y agua con soda caustica	42
Figura 17. Proceso de coagulación y provisión de químicos coagulantes	42
Figura 18. Moto-reductor y mezclador de coagulante.	43
Figura 19. Proceso de floculación	44
Figura 20. Sala de mezcladores y almacén de químicos	44
Figura 21. Planta modular, tanques de lechos filtrantes.	45
Figura 22. Tanque de la planta modular que colapso en las pruebas previas a la inauguración el día 20 de diciembre del 2013.	46
Figura 23. Válvulas de dosificación de soda caustica y oxiclورو de aluminio	47
Figura 24. Sistema de mezcla de agua con el cloruro gaseoso	47
Figura 25. Pozo profundo villa maría II	48
Figura 25. Pozo profundo villa maría I	48
Figura 26: Planta de Tratamiento San Jorge	49
Figura 27: Pozo profundo Estadio	49
Figura 28. Ubicación de los pozos profundos en el municipio de Yopal.	62
Figura 29. Esquema de un pozo profundo	63
Figura 30. Planta de tratamiento compacta, pozo profundo San Jorge.	64
Figura 31. Mantenimiento a carro tanque.	66
Figura 32. Ultrapure (Type 1) wáter	66
Figura 33. Turbidimeter 2100N (HACH)	67

Figura 34. Espectrofotometro DR 500	67
Figura 35. Titulador digital (alcalinidad y acidez)	68
Figura 36. Balance Digital (Ph y conductividad)	68
Figura 37. Conductivimetro	68

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Cuestionario Para El Conocimiento Operativo De La Empresa De Acueducto De Yopal	79
---	----

RESUMEN DEL PROYECTO

El municipio de Yopal, Casanare afronta una crisis de salud pública desde el 29 de mayo de 2011, fecha en que los tanques y la planta de tratamiento colapsaron.

Dada la emergencia la empresa de acueducto reinició el abastecimiento de agua mediante sistemas de tratamiento instalados en la bocatoma de la quebrada la Tablona, bocatoma quebrada la Calabozza, pozos profundos en los barrios Villa María, San Jorge, estadio y sede policía municipal. En los pozos profundos se efectúa periódicamente el suministro por la red de acueducto a sectores específicos y mediante carro tanques con una programación definida para todos los barrios de la ciudad; estas medidas extremas por abastecer de agua al municipio dejaron de lado la calidad en el tratamiento de la misma y llevaron a tomar riesgos de salud críticos.

Este proyecto de investigación de tipo descriptivo determina la percepción en la calidad del agua potable a través de encuestas realizadas a una muestra poblacional, conoce la calidad de los procesos, instalaciones y equipos usados para el suministro del agua mediante visitas a las instalaciones y por último establece el impacto de la gestión administrativa a través de encuestas a los trabajadores, entrevista al personal operativo y directivo de la empresa de acueducto con el fin de generar propuestas como acciones de mejora y recomendaciones que involucren cada etapa del proceso desde su inicio en la bocatoma hasta la distribución residencial, incluyendo sistemas de gestión de calidad, normatividad legal, sistema de gestión ambiental, entre otros.

ABSTRACT

Township Yopal, Casanare facing a public health crisis since May 29, 2011, when tanks and treatment plant collapsed. Given the emergency water supply company restarted the water treatment systems installed by the intake of the Tablona broken, the broken intake Calaboza, deep wells in neighborhoods Villa Maria, St. George Municipal Stadium and police headquarters. In deep wells supply is periodically conducted by the pipeline network to specific sectors and by tank car with a schedule for all areas of the city; these extreme measures for supplying water to the municipality put aside the quality of care of it and take risks led to critical health. This research project descriptive determines the perception of the quality of drinking water through surveys of a population sample, knows the quality of processes, facilities and used for the supply of water through site visits and finally teams establishes the impact of administrative management through surveys of employees, interview operational and management personnel of the company's pipeline to generate proposals and actions for improvement and recommendations involving each stage of the process from its inception in the intake to the residential distribution systems, including quality management, legal regulations, environmental management system, among others.

1. TITULO DEL PROYECTO

EVALUACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO YOPAL, CASANARE

2. INTRODUCCION

La población de Yopal sufre una crisis de salud pública ya que carece del servicio primordial de agua potable a raíz del colapso de su planta de tratamiento en el año 2011. Desde ese tiempo, afronta un gran reto de mejorar sus sistemas de potabilización de agua de acuerdo con el Decreto 475 de 1998 (normas técnicas de calidad del agua potable), el Decreto 1575 de 2007 (sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano), y la resolución 2115 de 2007 (características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano) entre otras.

En este proyecto se realizó una investigación descriptiva de campo, apoyado en cuestionario – encuesta, a la población de Yopal, entrevista a directivos e ingenieros de la empresa y análisis de información suministrada por la empresa de acueducto y alcantarillado de Yopal y la secretaria de salud departamental. Realizadas las encuestas, entrevistas y el análisis de las fuentes secundarias se efectuó un análisis estadístico cuantitativo y cualitativo para dar a conocer los factores más relevantes en el diagnóstico, estudio técnico y operativo y determinar los elementos de riesgo, puntos de impacto, falencias de producción, distribución y administración con el fin de establecer planes de acción que mitigue los impactos negativos de la situación sobre la importancia del agua potable en la vida humana.

Como conclusiones se resalta que la calidad en el tratamiento del agua, se vió afectada en su totalidad puesto que además de interrumpir la prestación del servicio ha generado problemáticas de salud con casos de dengue y otras enfermedades ubicando al departamento en alerta permanente. La Secretaria de Salud de Yopal informa que los estudios realizados este año (2014) al suministro de agua, reporta presencia de los microorganismos responsables de enfermedades como la Rovirus, Adenovirus y Enterovirus, sin embargo persiste la presencia del virus responsable de la Hepatitis A.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El agua es un recurso natural y necesario para cualquier población, sin embargo se requiere de un buen tratamiento potable para su consumo puesto que es esencial en la vida de la humanidad.

Casanare es un departamento conformado por 19 municipios. Su capital Yopal cuenta con una población de 133.220 habitantes aproximadamente (censo DANE 2010), La ejecución del servicio de agua potable o acueducto prestado por la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Yopal (EAAAY), ha sido interrumpido en muchas ocasiones desde el suceso ocurrido el 29 de mayo de 2011 en el que la población se vió afectada de manera significativa, teniendo en cuenta el comunicado emitido por la empresa de acueducto y la alcaldía donde indicaban un diagnóstico preliminar de desabastecimiento prolongado y que aun a la fecha persiste, la empresa en pro de prestar el servicio a la comunidad de Yopal, tomó medidas alternativas para abastecer al municipio de agua aunque esta no fuese 100% potable puesto que lo primordial era allegar a la población del líquido. Poco a poco se empezaron a tomar las medidas con entidades tales como la Cruz Roja y la Policía Nacional para que por medio de carro tanques se realizaran recorridos por los sectores de Yopal y se distribuyera el líquido; sin embargo es de aclarar que no toda la comunidad se abastecía del mismo, puesto que no se trataba de una minoría de un sector si no de la población en general, cuestiones como depender de estos vehículos para tener el servicio generaba molestia en la comunidad la cual además tenía y aún tiene que recolectar aguas lluvias en recipientes. Si se analiza en profundidad la situación se puede evidenciar que la empresa y el municipio no se encontraban preparadas o no lo tenía contemplado en la herramienta de planeación estratégica como lo es análisis FODA y el análisis de riesgos mediante los que pudiera dar respuesta a la situación presentada teniendo en cuenta que el terreno en el que se encontraba la planta de tratamiento no era estable.

4. JUSTIFICACION

Esta investigación promueve la importancia de la aplicación del sistema de calidad para el tratamiento de agua potable cumpliendo con los estándares internacionales, prestación de un mejor servicio a los habitantes del municipio de Yopal, Casanare y que como resultado final evite problemas de salud pública.

El proyecto plantea un precedente en la investigación de seguimiento y evaluación del proceso tratamiento del agua potable suministrada a los habitantes del municipio de Yopal, ya sea cuenca o de un pozo profundo, teniendo en cuenta uso de los equipos e insumos y talento humano adecuado para dicho proceso.

Desde el enfoque social comunitario y a través del desarrollo de procesos académicos pertinentes para la solución al problema de agua potable en el Municipio de Yopal se hace necesario que desde la Universidad se den propuestas de solución con ideas y prácticas solidarias. Es así que desde la cadena de formación en Ingeniería Industrial y su línea de investigación en modelos de gestión organizacional se debe partir de un diagnóstico inicial frente a la percepción de los habitantes, los procesos que lleva a cabo la empresa de acueducto y alcantarillado, los modelos de gestión y los informes que la Secretaría de salud emite dados los casos reportados por la calidad en el tratamiento del agua que se entrega a la población

A partir de esa radiografía social, de calidad y salud, la propuesta busca entregar acciones de mejoramiento que mitiguen el impacto negativo que ha traído el colapso de la planta y que puede coadyuvar en la transición de este impase mientras se consolida el proyecto definitivo de agua potable en la ciudad generando una mejor calidad de vida a sus habitantes traducido en progreso, bienestar y articulado a la misión institucional bajo sus ejes transversales de servicio social solidario

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar técnica y operativamente el proceso de tratamiento de agua potable en la Empresa de acueducto de Yopal.

5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Conocer los equipos y herramientas utilizadas para el tratamiento del agua en la Empresa de Acueducto de Yopal.
- ✓ Identificar los tipos de mantenimiento aplicados a los equipos, instalaciones y componentes del proceso de purificación y desinfección del agua en la Empresa de Acueducto de Yopal.
- ✓ Determinar la calidad y eficiencia de los equipos usados en el desarrollo del tratamiento del agua en la Empresa de Acueducto de Yopal.
- ✓ Elaborar una propuesta de mejora técnica y operativa para el tratamiento del agua potable en la Empresa de acueducto de Yopal.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 MARCO TEORICO

6.1.1 Agua potable:

Se denomina agua potable al agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano según unos estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales.

Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Suele consistir en un stripping de los compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono.

El suministro de agua potable es un problema que ha ocupado al hombre desde la antigüedad. En algunas zonas se construían y construyen cisternas que recogen las aguas pluviales. Estos depósitos suelen ser subterráneos para que el agua se mantenga fresca y sin luz, la que favorecería el desarrollo de algas.

En Europa se calcula con un gasto medio por habitante de entre 150 y 200 litros de agua potable al día aunque se consumen como bebida tan sólo entre 2 y 3 litros. En muchos países el agua potable es un bien cada vez más escaso y se teme que puedan generarse conflictos bélicos por la posesión de sus fuentes.

De acuerdo con datos suministrados por el Banco Mundial, el 45% de la población mundial carece de un acceso directo a los servicios de agua potable. En otras fuentes se habla de mil millones de personas sin acceso al servicio, en tanto dos mil quinientos millones no cuentan con servicio de purificación. En los países desarrollados los niños consumen de 30 a 50 veces más agua que en los países llamados en vías de desarrollo.

El suministro de agua para consumo humano debe garantizarse tanto en cantidad como en calidad, de acuerdo con las necesidades de cada población.

Las aguas procedentes de los ríos, necesitan un tratamiento complejo y caro antes de ser suministradas a los consumidores, debido a que las precipitaciones traen cantidades apreciables de materia sólida a la tierra como el polvo, polen, bacterias, esporas, e incluso, organismos mayores. Las emisiones domésticas e industriales también incorporan materiales a la atmósfera, los cuales son almacenados en las nubes y posteriormente son devueltos a la tierra en las precipitaciones. Éstos incluyen una gran cantidad de productos químicos como disolventes orgánicos y óxidos de nitrógeno y azufre, los cuales causan la lluvia ácida.

La cantidad y tipo de las impurezas en las precipitaciones varían con la localización y la época del año, y pueden afectar tanto a ríos como a lagos. El uso de la tierra, incluyendo la urbanización y la industrialización, afectan significativamente la calidad del agua, siendo la agricultura la que produce un efecto más profundo en los recursos debido a la naturaleza dispersa y extensa de la misma. La complejidad y el costo del tratamiento se incrementan al mismo tiempo que la calidad del agua del río se deteriora.

Como en los ríos desaguan grandes superficies de terrenos, la contaminación es inevitable. Todos los vertidos depositados o productos químicos utilizados en una cuenca de captación, finalmente se dirigirán hacia el río, además que después del suministro el agua es devuelta al río como un efluente de aguas residuales tratadas y puede perfectamente ser captada de nuevo aguas abajo, de forma que se deben extremar las precauciones para asegurar que la calidad del agua esté protegida y se controle continuamente. También, la calidad de muchos ríos se ha deteriorado a través de nuestra explotación como portadores de efluentes de aguas residuales.

Por lo tanto, el objetivo de la potabilización será garantizar al consumidor que el tipo de agua captada, alcanzará la calidad indicada en la legislación para un determinado uso. Debido a esto es que es de suma importancia realizar un tratamiento de potabilización al agua antes del consumo humano para evitar que sea una fuente de contaminación.

6.1.2 plantas de tratamiento de agua o plantas potabilizadoras:

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

6.1.3 Tipos de plantas de tratamiento de agua:

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta. También se pueden clasificar, de acuerdo con la tecnología usada en el proyecto, en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente.

6.1.4 Plantas de filtración rápida:

Estas plantas se denominan así porque los filtros que las integran operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m³ /m². De acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones. Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. En esta situación, se aplica el retrolavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad.

De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presentan dos soluciones dentro de este tipo de plantas: plantas de filtración rápida completa y plantas de filtración directa.

6.1.5 Plantas de filtración lenta:

Los filtros lentos operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h; esto es, con tasas como 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en los filtros rápidos; de allí el nombre que tienen. También se les conoce como filtros ingleses, por su lugar de origen.

Los filtros lentos simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea, al percolar el agua proveniente de las lluvias, ríos, lagunas etc.

6.1.6 Clasificación de las plantas de filtración rápida por el tipo de tecnología utilizada:

Las características tecnológicas del sistema deben de estar de acuerdo con los recursos económicos, humanos y materiales disponibles localmente para que se puedan cumplir los objetivos de tratamiento previstos.

Por el tipo de tecnología utilizada en la Región, las plantas de filtración rápida se pueden clasificar de la siguiente forma:

- ❖ Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.
- ❖ Sistemas convencionales de alta tasa o de tecnología CEPIS/OPS.
- ❖ Sistemas de tecnología patentada, normalmente importada de los países desarrollados.

6.1.7 Tipos de tratamiento de agua potable:

Los tratamientos para potabilizar el agua, se pueden clasificar de acuerdo con:

- ❖ Los componentes o impurezas a eliminar.
- ❖ Parámetros de calidad
- ❖ Grados de tratamientos de agua

En tal sentido, se puede realizar una lista de procesos unitarios necesarios para la potabilización del agua en función de sus componentes.

6.1.8 parámetros de calidad:

Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano quedan clasificadas, según el grado de tratamiento que deben incluir para su potabilización, en los 3 grupos siguientes:

- ❖ TIPO A1: Tratamiento físico simple y desinfección
- ❖ TIPO A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección
- ❖ TIPO A3: Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección
- ❖

Según la normativa europea del año 1988, los tipos de agua se definen por los siguientes parámetros:

Tabla 1: Principales parámetros de clasificación de tipos de agua

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
pH	x	(6.5 - 8.5)	(5.5 - 9)	(5.5 - 9)
Color	Escala Pt	20	100	200
Solidos en suspensión	mg/l	-25	x	x
Temperatura	°C	25	25	25
Conductividad a 20 C	S/cm	1000	1000	1000
Detergentes	Lauril sulfato	0.2	0.2	0.5
Plaguicidas totales	mg/l	0.001	0.0025	0.005
Coliformes fecales	100 ml	20	2000	20000

Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Yopal EAAY 2014

Los procesos unitarios que corresponde a cada grado de tratamiento serán los siguientes:

Tabla 2. Procesos unitarios referidos a cada grado de tratamiento

GRADO DE TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN DEL TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
TIPO A1	Tratamiento Físico simple + desinfección	Filtración rápida + Desinfección
TIPO A2	Tratamiento Físico normal + tratamiento Químico + Desinfección	Precloración Coagulación / Floculación Decantación Filtración Desinfección
TIPO A3	Tratamiento Físico y Químico intensos + Afino + Desinfección	Cloración al Breakpoint Coagulación / Floculación, Decantación Filtración Afino con carbon activo Desinfección

Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Yopal EAAY 2014

6.1.9 Procesos de tratamiento de agua potable

Los procesos de tratamiento del agua potable son los siguientes:

- ❖ aeración;
- ❖ coagulación;
- ❖ floculación;

- ❖ decantación o sedimentación;
- ❖ filtración;
- ❖ tratamiento por contacto;
- ❖ corrección de la dureza;
- ❖ desinfección y cloración.

6.1.10 Aeración del agua:

La aeración es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles.

La aeración se realiza por tres razones:

1) Remoción de gases disueltos:

- a) Gas carbónico presente en el agua en forma natural;
- b) gas sulfhídrico proveniente de la putrefacción o fermentación de los depósitos orgánicos putrescibles o fermentables del fondo de los reservorios;
- c) cloro en exceso (proveniente de la supercloración).

2) Introducción del oxígeno del aire en el agua:

- a) Para oxidar el hierro y el manganeso, cuya remoción se realiza mediante la decantación y filtración (de esta manera también se reduce el sabor debido al hierro y al manganeso);
- b) para añadir oxígeno en el agua hervida o destilada.

3) Remoción de sustancias causantes de sabores y olores:

- a) Sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos (cuando son volátiles).
- b) gas sulfhídrico;
- c) sabores debidos al hierro y al manganeso;
- d) descomposición de la materia orgánica (quema).

Figura 1. Aireación por bandeja



Fuente: Autores 2014

Figura 2. Aireación tipo escalera en planta de tratamiento convencional



Fuente: Autores 2014

6.1.11 Coagulación:

La turbiedad y el color del agua son principalmente causados por partículas muy pequeñas, llamadas partículas coloidales. Estas partículas permanecen en suspensión en el agua por tiempo prolongado y pueden atravesar un medio filtrante muy fino. Por otro lado aunque su concentración es muy estable, no presentan la tendencia de aproximarse unas a otras.

Para eliminar estas partículas se recurre a los procesos de coagulación y floculación, la coagulación tiene por objeto desestabilizar las partículas en suspensión es decir facilitar su aglomeración. En la práctica este procedimiento es caracterizado por la inyección y dispersión rápida de productos químicos.

La floculación tiene por objetivo favorecer con la ayuda de la mezcla lenta el contacto entre las partículas desestabilizadas. Estas partículas se aglutinan para formar un floc que pueda ser fácilmente eliminado por los procedimientos de decantación y filtración.

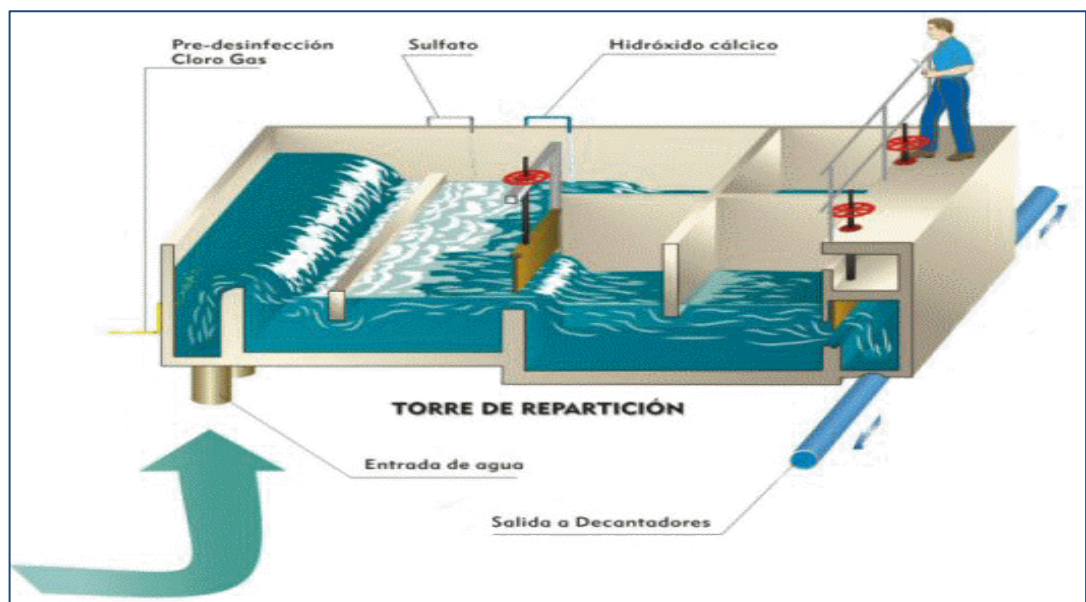
Es muy importante que los procedimientos de coagulación y floculación sean utilizados correctamente, ya que la producción de un floc muy pequeño o muy ligero produce una decantación insuficiente; mientras que el agua que llega a los filtros contienen una gran cantidad de partículas de floc que rápidamente ensucian los filtros y necesitan lavados frecuentes. Por otro lado cuando el floc es frágil, este se rompe en pequeñas partículas que pueden atravesar el filtro y alterar la calidad del agua producida.

Las aguas superficiales pueden contener una gran variedad de materias, el tamaño de las partículas de estas materias y su naturaleza determinan los tipos de tratamiento dentro de las plantas de agua. Las partículas de tamaño muy grande como los detritus orgánicos, algas protozoarios, grava, arena, limo, etc. los bichos en la materia en suspensión del tamaño de 10 micrómetros a 10 mm y mas, pueden ser eliminados por los tratamientos de separación física que conlleva aproximadamente los siguientes:

- ❖ 10 a 100 mm son separados por medio de los sistemas de rejillas.
- ❖ 0.2 a 10 mm pueden ser separados por desarenación, sedimentación, decantación y flotación.
- ❖ a 0.1 mm son separados por filtración (macro y microtamizado).

Las partículas muy finas son una parte de las materias solubles y de las materias coloidales como: proteínas, virus; moléculas y los iones pueden ser separados por adsorción o intercambio de iones.

Figura 3. Proceso de coagulación y floculación.



Fuente: Planes de seguridad del agua Torres, Patricia 2013

Las impurezas que contiene el agua pueden estar en los siguientes estados:

- ❖ en suspensión;
- ❖ disueltas;

- ❖ suspensiones concentradas: en particular vegetales, restos de hojas, vegetales (macroscópicos), sílice, etcétera, que pueden flotar o sedimentarse fácilmente cuando el agua está en reposo;
- ❖ suspensiones finas: turbidez, bacterias, plancton, etcétera;
- ❖ coloidales: dureza, en parte (sales de calcio y magnesio); fierro y manganeso no oxidados, etcétera. La coagulación tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en partículas que puedan ser removidas por la decantación (sedimentación) y la filtración. Tales aglomerados gelatinosos se agrupan y producen los flóculos (floculación).

6.1.12 Sustancias químicas utilizadas:

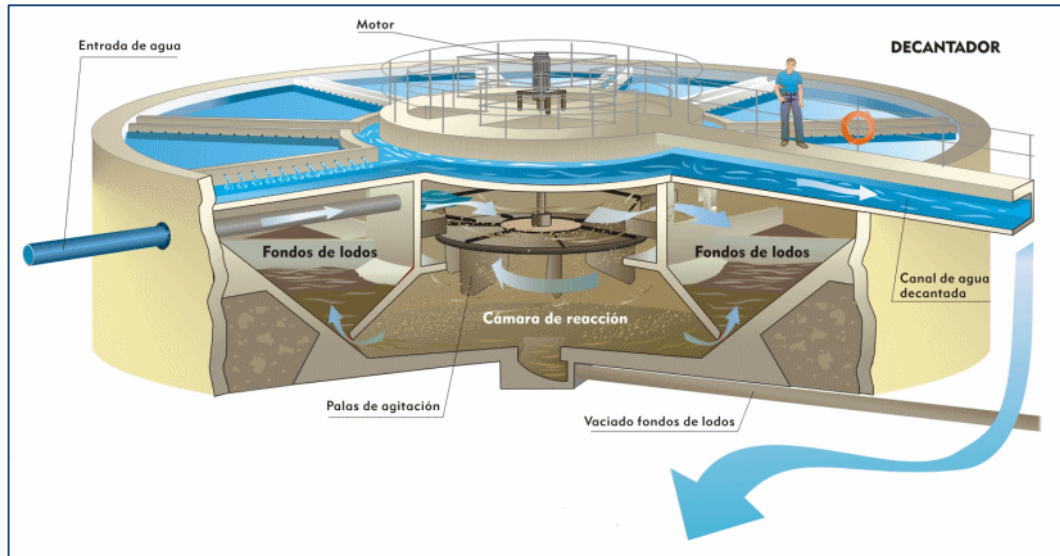
Las sustancias químicas utilizadas en la coagulación se pueden clasificar en tres categorías:

- 1) Coagulantes: compuestos de aluminio o de fierro que generalmente pueden producir hidróxidos gelatinosos no solubles y absorber las impurezas.
- 2) Alcalinizantes: cal viva (óxido de calcio), hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (soda cáustica), carbonato de sodio (carbonato sódico), que pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.
- 3) Coadyuvantes de la coagulación: compuestos (arcilla, sílice activada, polielectrólitos, etcétera) que se pueden convertir en partículas más densas y hacer que los flóculos sean más firmes.

6.1.13 Decantación o sedimentación:

Se define la decantación como el proceso de separación de un líquido de sólidos o de un líquido de mayor densidad mediante el trasiego de la capa superior después de que la materia más pesada ha sedimentado. En el caso de la decantación en aguas para tratamiento la unidad de decantación será la que permitirá la eliminación por sedimentación de los sólidos en suspensión presentes. Estas unidades pueden clasificarse de acuerdo con la dirección predominante del flujo de líquido desde la entrada a la salida, en decantadores de flujo horizontal y decantadores de flujo vertical.

Figura 4. Proceso de decantación



Fuente: Planes de seguridad del agua Torres, Patricia 2013

6.1.14 Filtración:

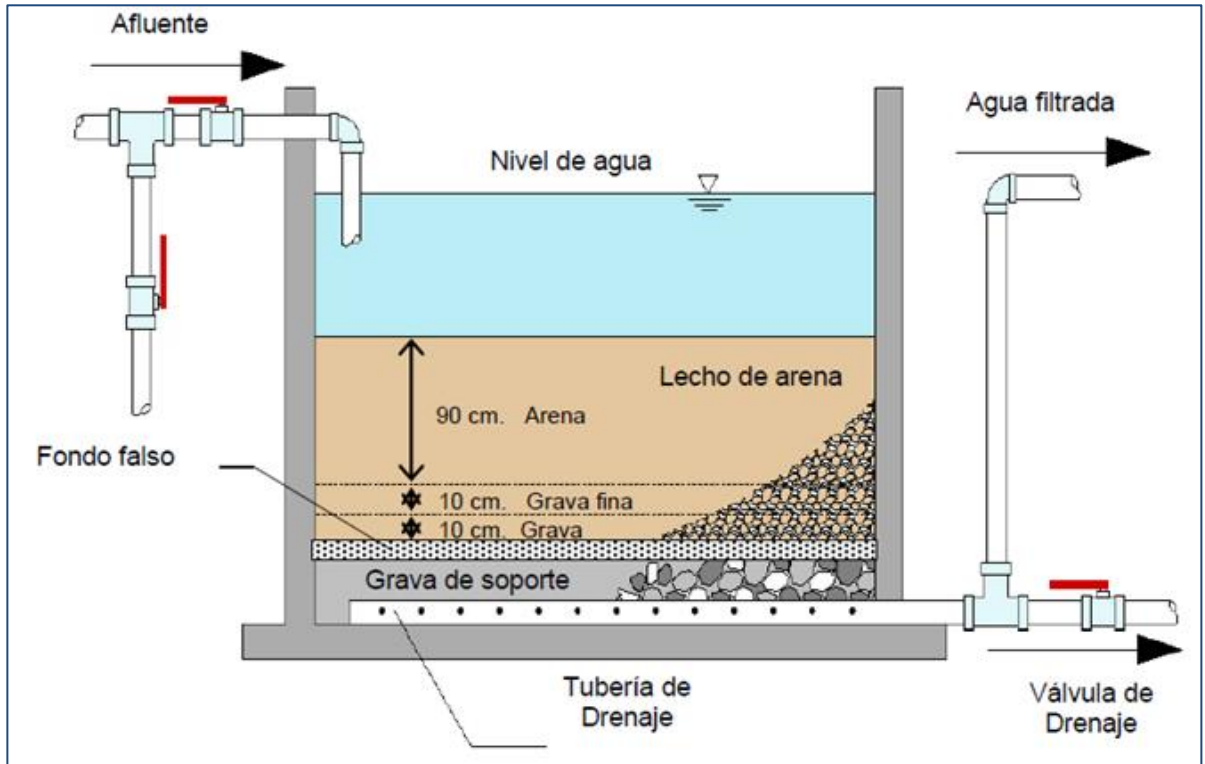
Una vez que se ha decantado el agua para terminar el proceso de clarificación, se hace pasar por una etapa de filtración, la cual consiste en hacer pasar el agua que todavía contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante.

De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros. El medio filtrante más utilizado es la arena, sobre un lecho de grava como soporte.

Aunque también existen otros tipos de lechos como membranas filtrantes que pueden ser de plástico o de metal. Para evitar atascamientos en esta etapa, es importante que la retención de las partículas se haga en el interior del lecho filtrante, y no en la superficie del lecho, por este motivo, será muy importante hacer una elección adecuada del tamaño del grano del lecho filtrante.

Los filtros más utilizados en potabilización de agua son los filtros rápidos en los que el agua ha sido pasada previamente por un proceso de coagulación-floculación.

Figura 5. Proceso de filtrado con lechos de arena



Fuente: Planes de seguridad del agua Torres, Patricia 2013

La expansión de la arena durante el lavado del filtro (expresada en porcentajes de la altura de la capa de arena preparada) debe ser de 25 a 30%; es decir, si la capa de arena preparada es, por ejemplo, de 0,60 metros, la expansión de la arena debe ser de 0,15 a 0,18 metros adicionales a su nivel normal.

En el caso de filtros con sistema de lavado mediante aire y agua, la expansión solo debe ser de 10%, porque en este caso la fricción de los granos de arena para desprender la suciedad adherida la hace el aire comprimido y no el agua.

La tasa de filtración (velocidad de filtración) de un filtro rápido clásico, de arena, debe ser de 120 m³/m²/d; es decir, por cada metro cuadrado de área filtrante debe pasar 120 m³ de agua por día.

6.1.15 Desinfección del agua (cloración):

La desinfección del agua en las plantas de tratamiento de agua se realiza con cloro y, por ello, el término desinfección comúnmente se substituye por cloración. La cloración se puede realizar con los siguientes elementos:

- a) cloro líquido
- b) cal clorada
- c) hipocloritos

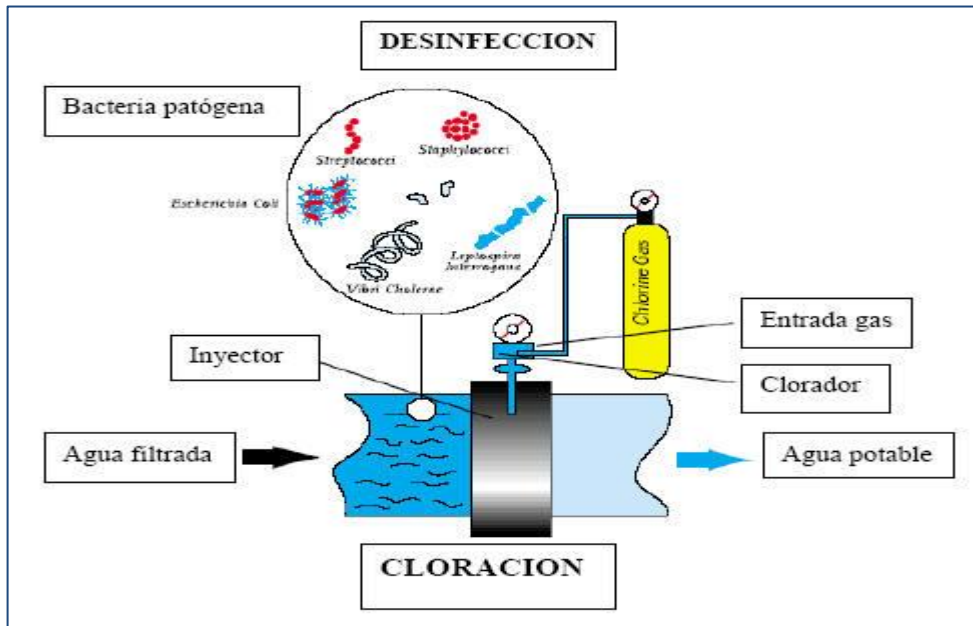
La etapa final del proceso de tratamiento de aguas potables siempre es la desinfección. En algunos casos en las plantas muy sencillas, ésta es la única etapa del proceso. Hay tres tipos básicos de desinfección: Tratamientos físicos, tratamientos químicos y radiación.

1. *Tratamientos físicos:* Son los menos utilizados, Dentro de este tipo de tratamientos se puede incluir la aplicación de calor pero además de ser costoso, deja mal sabor ya que elimina el oxígeno disuelto y las sales presentes en el agua. Otro de los procesos que se utilizan es el dejar pasar el tiempo, para que los gérmenes fecales disminuyan su concentración al ser el agua retenida en ambiente hostil.
2. *Tratamientos químicos:* Los agentes químicos desinfectantes más utilizados son el cloro, el dióxido de cloro y el ozono. Dentro de los que tenemos que el cloro en su forma gaseosa o como Hipoclorito de Sodio o Calcio es el más usado. La aceptación del cloro es debida a 3 factores:

Su capacidad de oxidar sustancias inorgánicas (hierro, manganeso, nitritos, etc) que causan mal sabor, corrosión y deterioro en las líneas de transmisión del agua.

La acción microbicida del cloro como algicida, bactericida y en menor medida virucida. Y la capacidad de mejorar los procesos de coagulación y floculación, ya que favorece la formación de flóculos.

Figura 6. Proceso de Desinfección o cloración



Fuente: Planes de seguridad del agua Torres, Patricia 2013

Adicionalmente a las ventajas anteriores su uso es de bajo costo y es bastante seguro. El equipo que requiere para su dosificación no es sofisticado ni complejo.

El Dioxido de Cloro (ClO_2) es un gas relativamente inestable que se obtiene a partir de la mezcla de cloro con clorito sódico. Es relativamente inestable por lo que normalmente se genera en el lugar de aplicación. Una de sus ventajas es que no se ve afectado por el pH e incluso aumenta su potencialidad frente a amebas y enteovirus.

El Ozono constituye la tercera alternativa tras el cloro y el dióxido de cloro. La aplicación de ozono también requiere de aplicación insitu debido a su inestabilidad.

3. *Radiación:* Hay varias formas que pueden desempeñar un papel desinfectante. Las radiaciones más útiles son UV, los rayos X y los rayos gamma. La radiación que más se utiliza es la UV debido a su costo, un inconveniente que tiene este tratamiento es su baja eficacia frente a la turbidez del agua.

6.1.16 Manejo de Equipos de Medida y Medios de Medición.

Equipos de Medida: Involucra a todos los medios de medición, patrones, materiales de referencia, aparatos auxiliares que son necesarios para realizar una medición.

Medio de Medición: Dispositivo destinado a realizar una medición, solo o en conjunto con otros dispositivos complementarios.

a) Equipos para la Aplicación de los Productos Químicos: Para el buen funcionamiento de los equipos de distribución; la aplicación continua y conservación adecuada de los productos químicos, entre otros; condicionan el buen funcionamiento de la planta ; su cuidado es una parte importante del trabajo del operador y de los responsables de la producción de agua; para lo cual se deben prestar atención a los siguientes puntos:

a.1. Stock de productos Químicos: La cantidad de los productos químicos disponibles deben ser, el mínimo requerido para la Operación continua de la planta, teniendo en cuenta: Importancia del producto; Procedencia : Nacional o Importación : Tiempo de Adquisición y Costos.

a.2. Todos los productos Químicos, deben ser almacenados en ambientes que tengan temperaturas requeridas para el producto considerando : naturaleza del producto sólido o líquido, vida útil, etc.

a.3. Bombas dosificadoras, se debe tener en cuenta las consignas de mantenimiento preventivo y de la limpieza periódica de las bombas, de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes tener en cuenta la instalación recomendadas.

a.4. Tanques de preparación de soluciones, deben ser limpiados periódicamente para eliminar los depósitos que se pueden formar.

b) Aparatos de Medida Utilizados: El control de la Operación de una planta de tratamiento requiere la medición de ciertos parámetros básicos que permiten conocer la cantidad y calidad del agua que se está produciendo, para lo cual es necesario contar con los siguientes aparatos o instrumentos de medida:

- ❖ pHmetros.
- ❖ Conductívimetros.
- ❖ Turbidímetros.
- ❖ Analizadores de Oxidantes residual (ejemplo cloro residual).
- ❖ Colorímetros.
- ❖ Caudalímetros.

La validez de la medida hechos por estos instrumentos están en función de los siguientes factores:

- ❖ Condiciones de Instalación.
- ❖ Calibración y Verificación.
- ❖ Modo de Operación seguido para la medida.
- ❖ Estados de Mantenimiento requeridos.

Ensayos de “Pruebas de Jarra”

Las pruebas más representativas para determinar el comportamiento de los coagulantes y floculantes a escala pequeña es el Ensayo de “Prueba de Jarra”.

Definición: Es un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad deferentes.

Objetivo: Determinar las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación ; tales como : selección del coagulante; selección del pH óptimo; gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación y correlación de las velocidades de sedimentación y la eficiencia de remoción.

Materiales y Equipos Necesarios

- ❖ Agitador Múltiple o Floculador, equipo provisto de 6 agitadores planos; tiene como elementos adicionales vasos de 2 litros de capacidad, de forma cuadrada con una tubería de 4 mm de diámetro, para la extracción de muestra.
- ❖ Un turbidímetro.
- ❖ Un pHmetro.
- ❖ Materiales necesarios para medir la alcalinidad

Figura 7. Ensayo en laboratorio de “pruebas de jarras”.



Fuente: EAAY 2014

6.1.17 Plantas de tratamiento de agua potable presurizadas

Esta planta es fácil de instalar, ocupa poco espacio, resiste a la intemperie y gracias a su larga vida útil, fácil operación y mantenimiento se posiciona como una gran solución en el tratamiento de agua para poblaciones de hasta 1500 personas.

Beneficios

- ❖ Ingeniería de calidad tanto en el diseño, fabricación como en la instalación.
- ❖ Requiere poco espacio para su instalación.
- ❖ Dependiendo del sitio de instalación, no requiere energía eléctrica.
- ❖ Debido a que su diseño es modular, permite fácilmente ampliar su capacidad y población a atender.
- ❖ Servicio postventa. Es resistente a la intemperie
- ❖ Operación sencilla y económica.

Características

- ❖ Plantas Modulares Fabricadas en PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio).
- ❖ La presentación estándar incluye los procesos de dosificación de químicos de paso tipo succión, y los procesos unitarios de floculación, sedimentación

en lecho poroso y filtración descendente a través de carbón y lechos estratificados de arena y gravas

- ❖ Presión máxima de operación: 50 psi.
- ❖ Presión mínima de operación: 15 psi.

Figura 8. Plantas de tratamiento de agua potable presurizadas



Fuente: EAAY 2014

6.1.18 planta de tratamiento de agua potable abierta modular:

Planta de tratamiento de agua potable tipo convencional abierta modular, que incluye los procesos estándares de potabilización: coagulación, Floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Esta planta permite atender hasta poblaciones de 15.000 habitantes.

Este producto es fabricado por personal de producción altamente capacitado y cumpliendo con todas las normas de salud y de seguridad laboral.

Especificaciones técnicas

- ❖ **Floculador - Sedimentador por manto de lodos:** tanque donde se produce el proceso de clarificación del agua cruda, allí se remueve una parte de la turbiedad.

- ❖ **Filtro de leche mixto de flujo descendente:** tanque donde se incluye material -filtrante (arenas, gravas, etc) para remover sólidos de menor tamaño que no fueron removidos en el proceso anterior.
- ❖ **Sistema de desinfección:** tanque donde se eliminan patógenos y bacterias normalmente presentes en el agua cruda.
- ❖ **Tanque de retrolavado con agua tratada:** unidad que se utiliza para el mantenimiento preventivo de la planta; con ésta se lavan los -filtros.

Figura 9. Planta de tratamiento de agua potable abierta modular



Fuente: EAAY 2014

Aplicación: Cumplimiento de la resolución 2115 de 2007 con respecto a calidad de agua apta para el consumo humano.

Materiales de fabricación:

- ❖ Chopped strand mat de 450 g/m²
- ❖ Woven roving de 610 g/m²
- ❖ Matriz: Resina ortoftálica
- ❖ Gel coat: Resina isoftálica

Proceso de fabricación:

- ❖ Pintura: Aspersión del gel coat con pistola (spray up).
- ❖ Laminación: Modelo por contacto (hand lay-up).
- ❖ Corte y pulido: Moto-tool neumático con disco de diamante.
- ❖ Top coat: Impregnación manual.

Condiciones de operación:

- ❖ Caudales desde 0.1 hasta 50 L/s
- ❖ Temperatura de operación máxima: 40C
- ❖ Presión mínima de trabajo = 7psi o 5 metros de columna de agua.
- ❖ Presión máxima de trabajo = 50psi
- ❖ Apoyo uniforme sobre una super-cie nivelada rígida (Losa de concreto estructural)
- ❖ (No está diseñado para ser enterrado)

Ventajas del producto:

- ❖ Ocupa menos espacio que los sistemas tradicionales fabricados en concreto u otro material.
- ❖ Son de fácil mantenimiento, sencillas de instalar y operar.
- ❖ Son modulares. Se puede aumentar su capacidad cuando se requiera, agregando unidades en paralelo.

6.1.19 Planta de tratamiento de agua potable compacta

Es un sistema de potabilización integrado fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) que se compone de un clarificador central (oculador – sedimentador por manto de lodos) y cuatro filtros de flujo ascendente de lavado mutuo, donde se incluyen en una sola unidad los procesos convencionales para la potabilización de agua (coagulación, floculación, sedimentación, filtración, retrolavado y desinfección).

Este producto es fabricado por personal de producción altamente capacitado y cumpliendo con todas las normas de salud y de seguridad laboral.

Figura 10. Planta de tratamiento de agua potable compacta



Fuente: EAAY 2014

6.1.20 Planta de producción de agua potable tipo compacta modelo 6.5

Aireación: Se lleva a cabo en una torre, donde el agua llega por la parte superior y como resultado de la caída hasta el primer nivel; el agua se oxigena oxidando el hierro y el manganeso y permitiendo la reducción de la concentración de gases como el dióxido de carbono, el ácido sulfúrico y la remoción del metano, cloro, amoníaco y orgánicos volátiles.

Mezcla rápida: Tiene por objeto incorporar los productos químicos al agua y ocurre en un cono de mezcla, aquí se dispersa rápidamente el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua. Los químicos utilizados para este tipo de agua son el hidroxocloruro de aluminio, que corresponde a un coagulante de carga catiónica especial para remover turbidez en clarificación de aguas; su utilización permite aumentar velocidades de sedimentación en sistemas rápidos.

Coagulación y Floculación: Una vez ocurrida la mezcla, comienzan a aglomerarse las partículas coaguladas para convertirse luego en partículas floculantes.

Sedimentación: Las partículas sólidas en suspensión se remueven por acción de la gravedad, quedando el líquido clarificado arriba. La clarificación-sedimentación es acelerada por tubos de sedimentación tipo colmena, los cuales tienen un ángulo de inclinación de 60°. El material con el que está construido tiene la propiedad de ser inerte a los ataques químicos del agua, poseer resistencia mecánica y bajo peso.

Filtración: Proceso por el cual un filtro retiene y remueve partículas en suspensión, su objetivo principal es remover la turbiedad que no alcanzó a ser removida en la coagulación y sedimentación, la cual es alta en este tipo de aguas de pozo debido especialmente a la presencia de iones de calcio, magnesio, hierro y a la materia orgánica.

La producción de agua clara y cristalina es pre-requisito para el suministro de agua segura y requiere la filtración a presión, la cual es diseñada teniendo en cuenta la tasa de resistencia del medio filtrante y la fuerza impulsadora del agua.

Desinfección: Proceso que tiene como fin eliminar la carga microbiana representada como coliformes totales y E.coli, como también evitar su proliferación; garantizando la calidad del agua. El desinfectante utilizado es el hipoclorito de sodio al 13%, es un producto altamente oxidante por lo que se recomienda uso de guantes en el momento de prepararlo.

Almacenamiento y distribución: El agua tratada es bombeada hacia el tanque de almacenamiento, de donde se distribuye a los diferentes usuarios.

Figura 11. Planta de producción de agua potable tipo compacta modelo 6.5



Fuente: EAAY 2014

Componentes de la planta de tratamiento tipo compacta 6.5

La planta de tratamiento de agua potable, consta de una unidad compacta construida en lamina collroled de $\frac{1}{4}$ con recubrimiento en pintura Epoxica para garantizar impermeabilización, de 2.50 m de ancho, 2.20 m de alto por 6 m de largo, en la que se encuentran todos los componentes básicos para realizar el tratamiento del agua: torre de aireación, comportamiento de preparación de productos químicos, tanque de mezclado, panel de sedimentación, zona de clarificación, filtros de arena, bombas de dosificación y transferencia.

Incluye además conexiones PVC, partes eléctricas, base skid, instalación y puesta en marcha.

7. DISEÑO METODOLOGICO

Para lograr cumplir los objetivos que se han propuesto en este proyecto y la evaluación técnica y operativa del proceso de tratamiento de agua potable de la planta de Yopal, se realizara una investigación descriptiva de campo, partiendo de unas visitas a los pozos profundos, plantas modulares y bocatoma la tablona, también se realizara un análisis cuali-cuantitativo de un cuestionario – encuesta realizado a los trabajadores operarios de la Empresa de acueducto de Yopal y por ultimo una entrevista a los ingenieros y directivos de la Empresa.

Con esta información obtenida por observación, encuestas y entrevistas se podrá conocer y analizar la siguiente información:

- ❖ Conocer el procedimiento Técnico y operativo para el uso adecuado de equipos, herramientas e insumos para el cumplimiento del proceso de calidad de tratamiento del agua potable.
- ❖ Obtener información sobre cantidad y estado de los equipos, máquinas y herramientas adecuadas para realizar el proceso de tratamiento de agua potable.
- ❖ Verificar si el personal cumple o no con el perfil profesional para el cargo que desempeña en el proceso de potabilización del agua.
- ❖ Realizar seguimiento y evaluación técnica y operativa para mejorar el proceso de calidad de potabilización del agua.

8. DESARROLLO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Empresa de acueducto, alcantarillado y aseo del municipio Yopal, Casanare.

Yopal es la capital del departamento de Casanare. Su extensión es de 2.595 km², y está localizado a 335 km del Distrito Capital de Bogotá. Fundada por colonos boyacenses en 1915, es una de las capitales departamentales más jóvenes de Colombia y la ciudad que registra más rápido crecimiento poblacional a nivel nacional, sobre todo después de su separación del Departamento de Boyacá (antiguos territorios nacionales), y modificación de la constitución de 1991 y la explotación petrolera. Esta es una tierra de hermosos contrastes en fauna, flora, recursos hídricos y riqueza de hidrocarburos que hacen de esta región un lugar potencialmente económico y turístico.

La Empresa de Acueducto, Alcantarillado Y Aseo de Yopal fue creada el 10 de junio de 1997 mediante Decreto 026 firmado por el Alcalde del municipio Dr. Rodrigo Alberto Chaparro Gómez.

La empresa de acueducto alcantarillado y aseo de Yopal (EAAAY) tiene como objeto principal la prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, y sus actividades complementarias de acuerdo con lo contemplado en las Leyes 142 de 1994 y 689 de 2001 y las demás disposiciones que las reglamenten, modifiquen, complementen o sustituyan.

El lunes 22 de septiembre del 2014, se estaba enviando desde la quebrada “La Tablona” y pasando por la Planta Modular un caudal de 320 litros por segundo, el pozo profundo de Villa María está produciendo un caudal de 30 litros por segundo, teniendo un caudal total de 350 litros por segundo.

Bocatoma la Tablona

El agua del acueducto principal de Yopal es captada en la quebrada la Tablona aproximadamente se captan unos 400 litros por segundo por un sistema de rejilla, el agua de esta quebrada tiene unas propiedades y características que hacen más complicada la labor de tratar y purificar este preciado líquido, esta agua tiene un color persistente que varía de 2 a 90 su color, esto complica la dosificación para

el tratamiento del agua, el fluido captado a través de estas rejillas cae por gravedad a un túnel que la transporta en tres tuberías de 16 pulgadas a dos secciones donde se encuentran los tanques desarenadores.

Figura 12. Bocatoma la tablona, Rejilla captadora de agua sin tratar.



Fuente: EAAY 2014

Después del deslizamiento del 2011 en que colapsa la planta de tratamiento se decidió que se debía hacer un tratamiento al agua lo más rápido posible para cubrir las necesidades de la población y se implementa el sistema en las dos secciones o tanques desarenadores, el cual trata física y químicamente aproximadamente 300 a 330 litros por segundo, que es la que se envía a la comunidad.

Figura 13. Tuberías transportadoras del agua de la bocatoma a los desarenadores



Fuente: EAAY 2014

8.2. Aireación y adición de soda caustica

Después de ser captada el agua por la rejilla de la bocatoma esta pasa por un vertedero donde se aplica la soda caustica desleída para subir la alcalinidad y el PH ya que es muy bajo este se encuentra entre 4 y 5, para la coagulación con oxiclورو de aluminio se necesitan subir el PH entre 7 y 8.

Figura 14. Suministro de soda caustica para subir el nivel del pH



Fuente: EAAY 2014

Para la disolución de la soda caustica y el oxiclورو de aluminio se construyó un sistema provisional con agitadores y tanques plásticos de poli metileno ya que este químico es bastante corrosivo y da una reacción exotérmica al contacto con el agua.

Figura 15. Adición de oxiclورو de aluminio



Fuente: EAAY 2014

Figura 16. Mezcladores de oxiclорuro de aluminio y agua con soda caustica



Fuente: EAAY 2014

8.3 Coagulación, floculación y decantación:

En los mezcladores se dosifica la mezcla y envía por mangueras a los vertederos donde Pasa a la primera cámara de floculación que es mezcla de coagulante con el agua. Estos sistemas de dosificación de soda caustica y mezcladores en tanques de poli metileno fueron creados de forma improvisada debido a la urgencia, sin embargo 3 años después no se han hecho mejoras y se aprecian riesgos laborales, técnicos y mecánicos que no se han solucionado en espera de la nueva planta de tratamiento.

Figura 17. Proceso de coagulación y provisión de químicos coagulantes



Fuente: EAAY 2014

Estos tanques de coagulación igualmente fueron construidos en el año 2011 debido a la emergencia y estos son muy pequeños para el caudal tan alto que pasa por aquí, el agua pasa a la cámara de floculación y sedimentación en un tiempo muy corto y los químicos no alcanzan a cumplir su función. En este sistema de coagulación y floculación se encuentran válvulas de compuerta, moto-reductores con aspas de mezcla donde se puede apreciar la falta de mantenimiento preventivo.

Figura 18. Moto-reductor y mezclador de coagulante.



Fuente: EAAY 2014

La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante.

Los factores que pueden promover la coagulación-floculación son el gradiente de la velocidad, el tiempo y el pH. El tiempo y el gradiente de velocidad son importantes al aumentar la probabilidad de que las partículas se unan y da más tiempo para que las partículas desciendan, por efecto de la gravedad, y así se acumulen en el fondo. Por otro parte el pH es un factor prominente en acción desestabilizadora de las sustancias coagulantes y floculantes.

Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. En la coagulación, se agrega una sustancia al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La

coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante

Figura 19. Proceso de floculación



Fuente: EAAY 2014

En esta planta de tratamiento improvisada se hace el tratamiento a un caudal demasiado grande 330 L/s para poder abastecer a la comunidad de Yopal, esta planta no cumple con los estándares de calidad solo realiza un tratamiento leve y esta fue una decisión que se tomó desde el año 2011, “se decide irse a un riesgo bajo y medio y se le informa a la comunidad de los cuidados que se deben tener para consumo del líquido”.

Figura 20. Sala de mezcladores y almacén de químicos



Fuente: EAAY 2014

De esta planta pequeña de tratamiento de coagulación, floculación y sedimentación es enviada el agua a través de un sistema de tuberías de 16 y 18 pulgadas a la planta modular donde se hace el último proceso de filtrado y cloración antes de ser suministrada a la comunidad.

8.4 Planta Modular, filtración y cloración:

Figura 21. Planta modular, tanques de lechos filtrantes.



Fuente: EAAY 2014

El agua que llega de la planta de tratamiento es medida a través de un caudalímetro, luego es conducida a los lechos filtrantes, sin embargo este fluido antes es valorado en el laboratorio y si es necesario se hace una redosificación con soda caústica y oxiclورو de aluminio si lo amerita.

Esta planta modular fue construida como una posible solución a la problemática del agua, sin embargo el día 20 de diciembre del 2013 se realizaron las pruebas de inauguración y en ese momento uno de los inmensos tanques de la Planta Modular de Agua Potable en la vereda “La Vega” de Yopal, colapso. La estructura

al parecer no habría resistido la presión del agua contenida durante el llenado, causando el derrumbamiento total fabricado en fibra de vidrio. Un fuerte olor a químicos se percibía en todo el sector, al tiempo que voceros de la comunidad denunciaban contaminación de las fuentes hídricas aledañas.

La Planta Modular de Agua Potable de Yopal, estaba prevista para inaugurarse el sábado, pero con el hecho sucedido no habría garantías de seguridad para llenar el otro tanque, que supuestamente aportaría los primeros 200 litros por segundo a la ciudad.

Los sucesos e historial de la Planta Modular de Yopal fueron trasladados al Procurador, con las fallas y deficiencias en el proceso constructivo, de control de calidad y falta de diseños iniciales.

Figura 22. Tanque de la planta modular que colapso en las pruebas previas a la inauguración el día 20 de diciembre del 2013.



Fuente: EAAY 2014

En la planta modular se encuentran los lechos filtrantes, dosificación de soda caustica y oxiclورو de aluminio en caso de ser necesario y el sistema de cloración los cuales son controlados por un sistema muy sofisticado pero que aún no se encuentra en su funcionamiento total.

Figura 23. Válvulas de dosificación de soda caustica y oxiclورو de aluminio



Fuente: EAAY 2014

Figura 24. Sistema de mezcla de agua con el cloruro gaseoso



Fuente: EAAY 2014

8.5 Pozo profundo Villa maría

Se continúa con la operación del pozo profundo, brindando con ello la entrega de producción de treinta tres (33) litros por segundo, con este pozo se atiende la demanda de agua apta para el consumo humano de tres mil (3.000) usuarios, estos usuarios están ubicados en un bloque localizado en la comuna 2 desde la calle 24 hasta la calle 40 entre las carreras 29 y 33 de la ciudad de Yopal.

Figura 25. Pozo profundo villa maría II



Fuente: EAY 2014

Figura 25. Pozo profundo villa maría I



Fuente: EAY 2014

8.6 Planta de Tratamiento San Jorge:

Capacidad 5 Litros x Segundos, Profundidad 450 metros.

Figura 26: Planta de Tratamiento San Jorge



Fuente: EAAY 2014

8.7 Pozo profundo Estadio



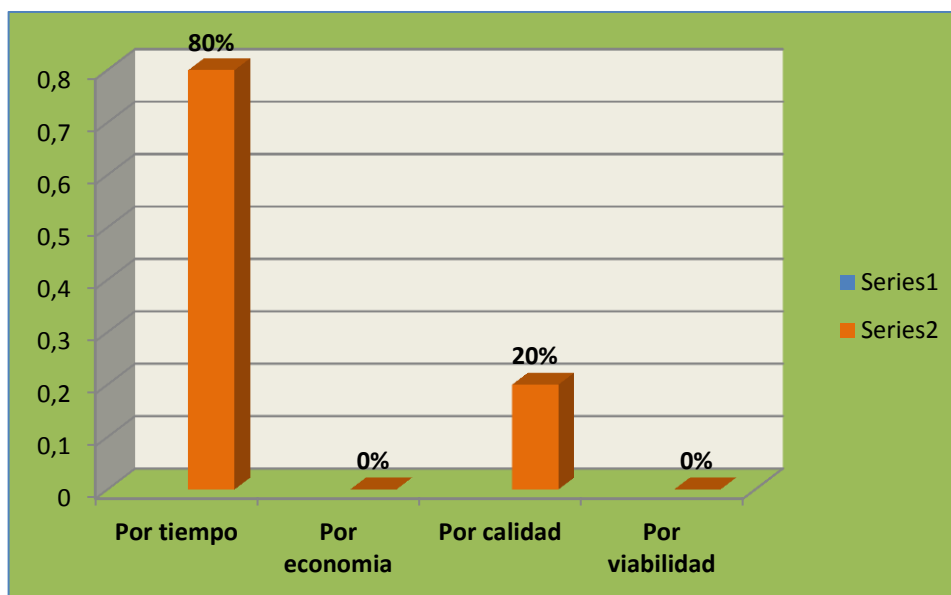
Figura 27: Pozo profundo Estadio

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CUESTIONARIO REALIZADO A LOS OPERARIOS DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE YOPAL.

Se realizó una encuesta a todos los operarios de la bocatoma la tablona, Planta modular y pozos profundos que trabajan en el turno del día, a través de un cuestionario que ellos leyeron y respondieron con base en su conocimiento y experiencia en la Empresa.

9.1 Análisis cuantitativo y cualitativo de las encuestas:

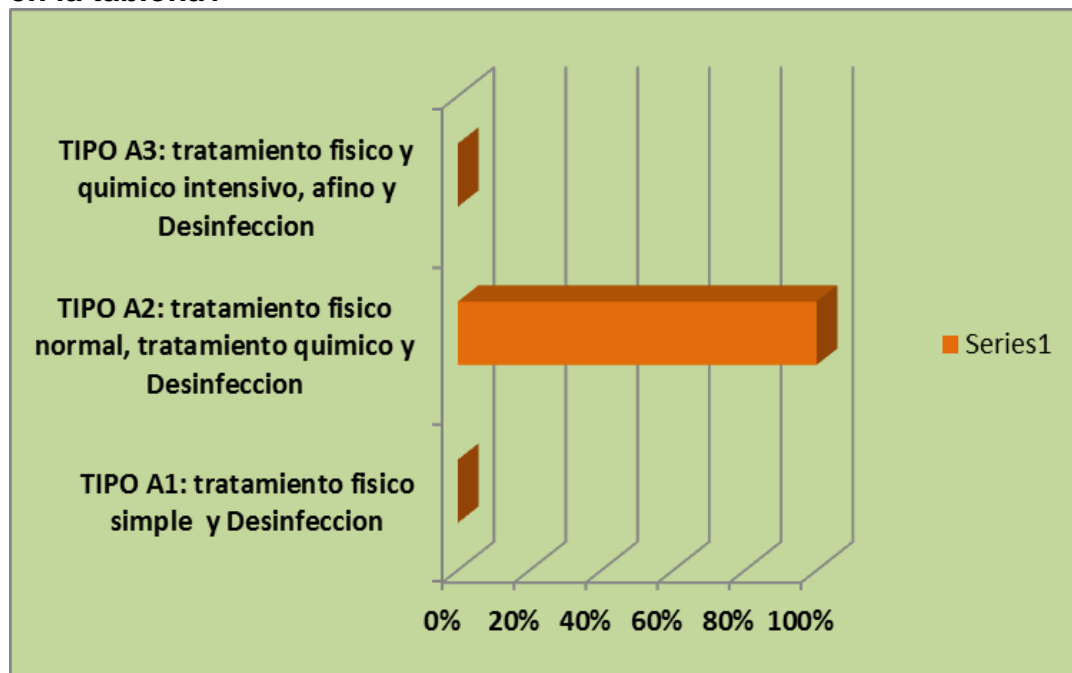
¿Por qué se optó por atender la emergencia de agua potable con pozos profundos y planta de tratamiento de agua portátil?



Fuente: Autores 2014

Se pudo determinar que la Empresa atendió la emergencia del agua potable con pozos profundos por cuestión de tiempo, ya que esta es una forma rápida de abastecer de agua a la comunidad, pero cabe aclarar que no se instalaron plantas de tratamiento eficientes ni se tomaron las medidas de sanidad necesarias para evitar enfermedades de piel y eliminación de bacterias generando de esta forma muchas enfermedades en niños y población más vulnerable.

¿Qué grado de tratamiento se le aplica al agua para su potabilización en la tablonera?

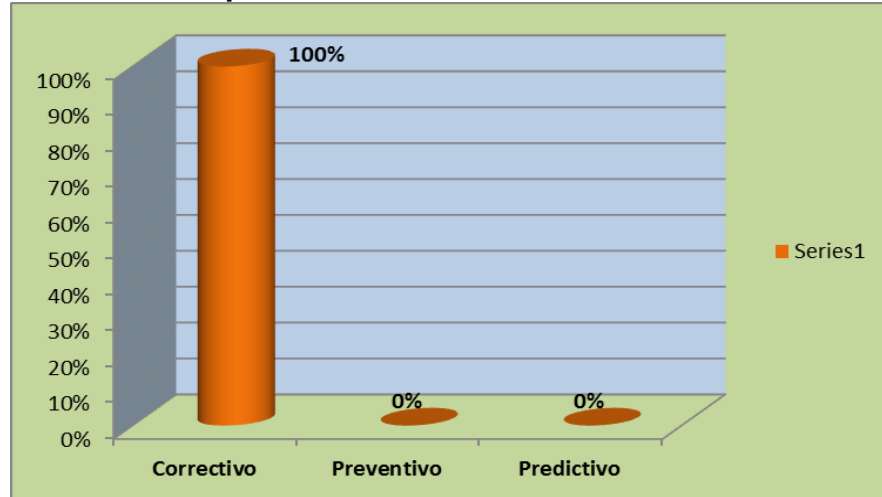


Fuente: Autores 2014

Los trabajadores de la Empresa afirman en un 100% que se aplica en la bocatoma y los pozos profundos el tratamiento tipo A2: tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección. Sin embargo se pudo observar en las visitas realizadas que el agua no alcanza a realizar el proceso de coagulación y floculación en la forma adecuada y es por ello que el fluido sale con cierta turbidez, además en el proceso de cloración el sistema automatizado aun no funciona y en el momento que se pierde caudal filtrado en los lechos filtrantes los operarios lo perciben tarde dejando pasar gran cantidad de agua con más cloro del apropiado.

En los pozos profundos de san Jorge y el estadio tienen plantas de tratamiento compactas y es de allí que se suministra agua potable a la comunidad vecina por las redes y en carrotaques a todo el municipio, sin embargo los operarios no tienen allí laboratorios ni equipos sofisticados en el sitio para verificar la calidad del producto que se está entregando a la comunidad, poniendo en riesgo la salud de los usuarios.

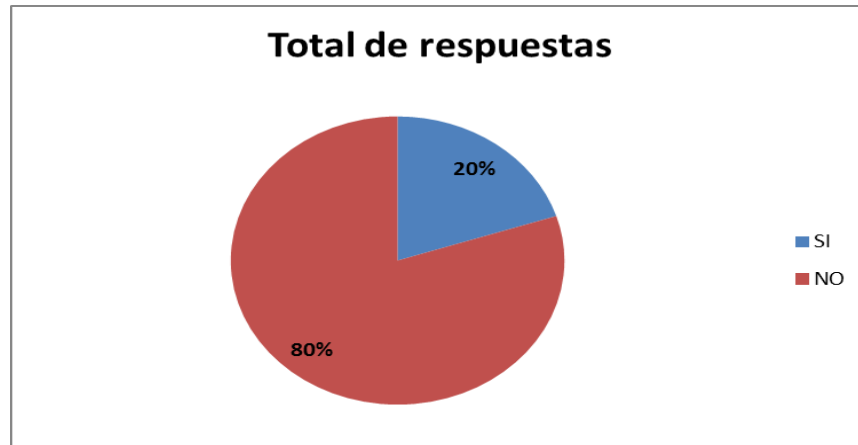
¿Qué sistema se utiliza para el mantenimiento de las redes?



Fuente: Autores 2014

En esta pregunta el 100% de los trabajadores confirman que la Empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y las labores de mantenimiento de equipos y redes se hacen cuando estos se dañan o cuando la comunidad protesta por la turbidez o mala calidad del agua.

¿La empresa tiene un programa de mantenimiento preventivo para todos los equipos utilizados en el tratamiento del agua?



Fuente: Autores 2014

En esta pregunta el 80% de los trabajadores confirman que la Empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo sin embargo por observación o experiencia se hacen en algunas ocasiones mantenimientos predictivos.

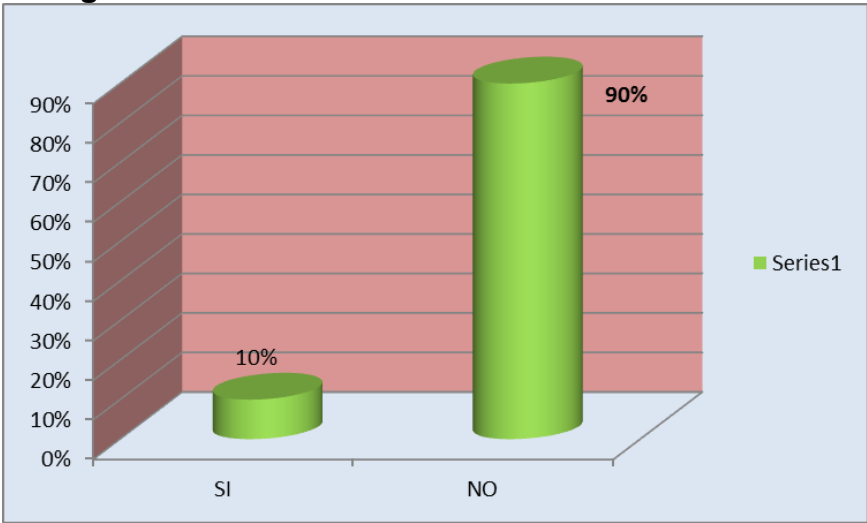
La empresa tiene un sistema de gestión de calidad orientado al proceso del tratamiento de agua?



Fuente: Autores 2014

La Empresa cuenta con un sistema de gestión de calidad y antes de la catástrofe estaba certificada por ISO 9001, ahora con tantas improvisaciones y planes de choque por la emergencia no han logrado cumplir con los estándares de calidad.

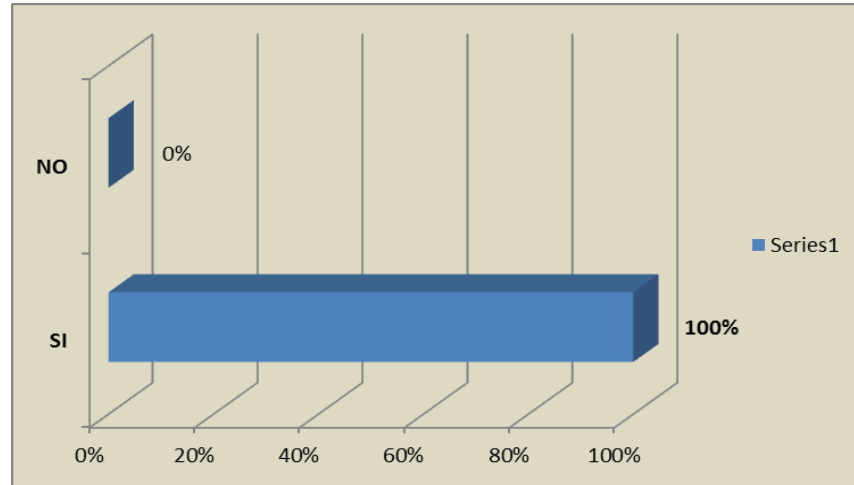
La Empresa tiene un sistema de gestión ambiental orientado al proceso del tratamiento del agua?



Fuente: Autores 2014

El 90% de los trabajadores confirman que no existe un sistema de gestión ambiental, sin embargo la Empresa cuenta con un profesional especializado en el tema.

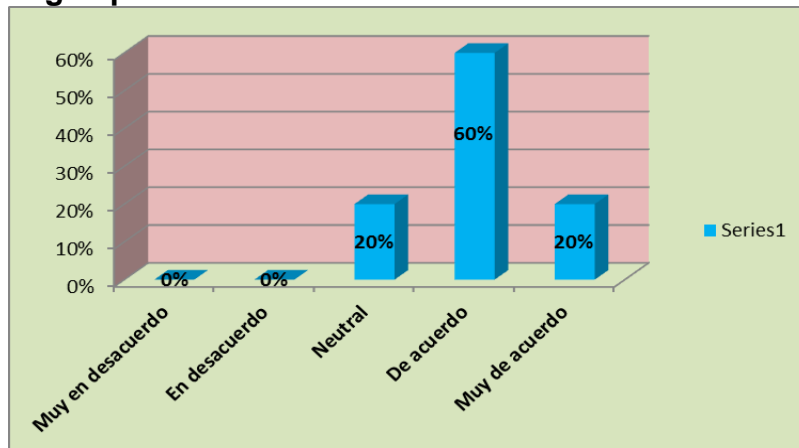
La empresa tiene un manual de funciones orientado para cada puesto de trabajo



Fuente: Autores 2014

El 100% de los operarios confirman que la Empresa tiene un manual de funciones para cada puesto de trabajo y además informan que cada uno es notificado de sus funciones desde el día que es contratado.

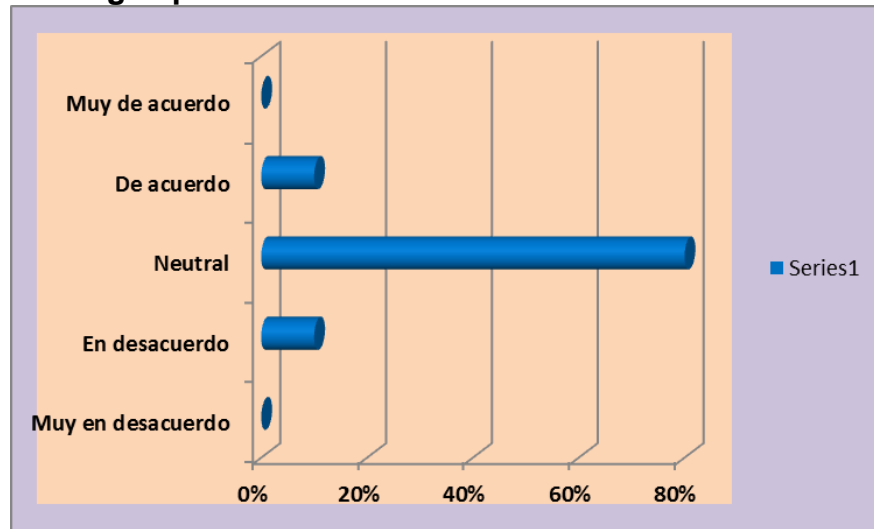
La empresa cuenta con talento humano suficiente para el proceso del tratamiento de agua potable



Fuente: Autores 2014

En esta pregunta se pudo determinar que el 60% los operarios están de acuerdo en que el talento humano es suficiente para el proceso.

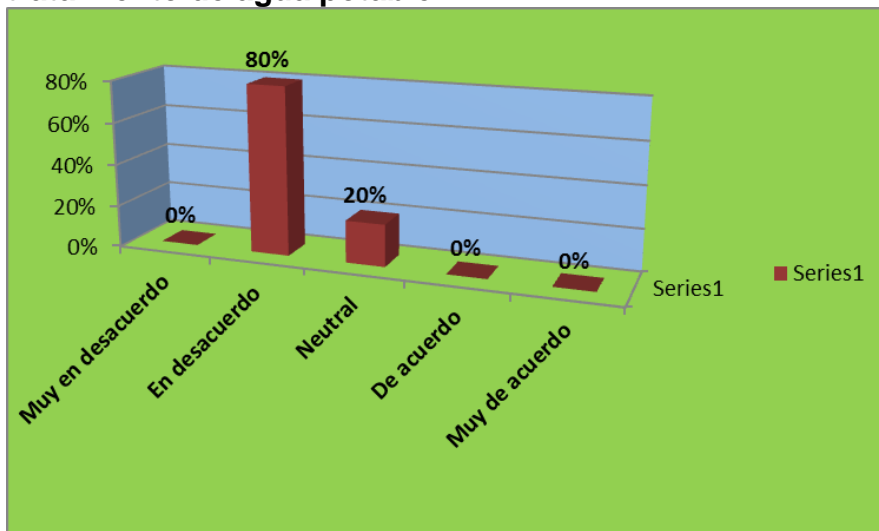
La empresa cuenta con suficientes equipos aptos para el proceso del tratamiento de agua potable.



Fuente: Autores 2014

Esta pregunta nos permitió determinar que el 80% de los operarios no están de acuerdo en que los equipos son aptos para el proceso de tratamiento de agua, en las visitas se pudo observar que algunos equipos son muy viejos y otros necesitan mantenimiento.

La empresa cuenta con unas instalaciones óptimas para el proceso del tratamiento de agua potable.

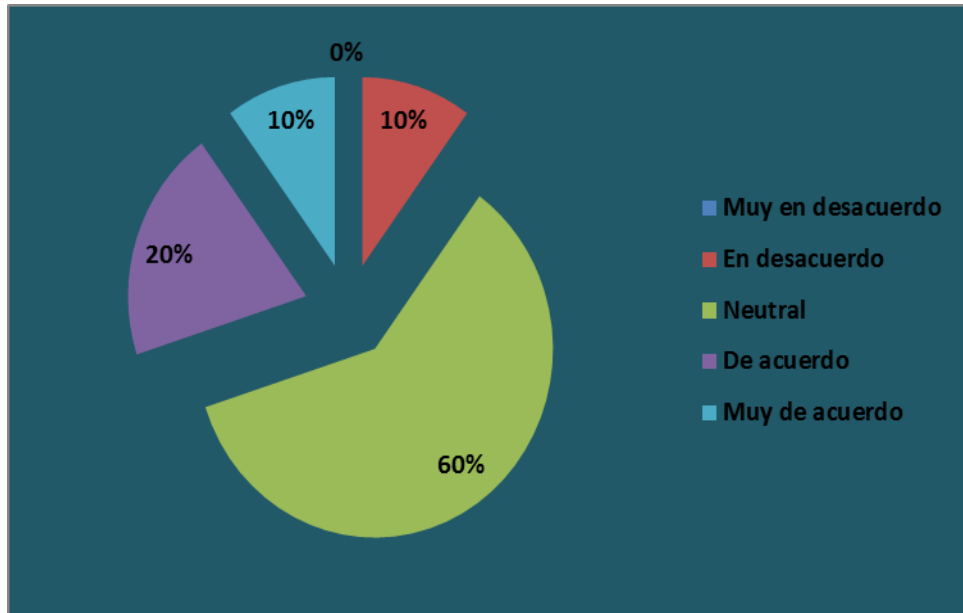


Fuente: Autores 2014

El 80 % de los trabajadores están en desacuerdo en que las instalaciones son óptimas para el proceso del tratamiento del agua, como se pudo observar en las

visitas a los pozos profundos, bocatoma y planta modular; aún no existe una planta de tratamiento optima ni una solución a esta problemática de más de 3 años.

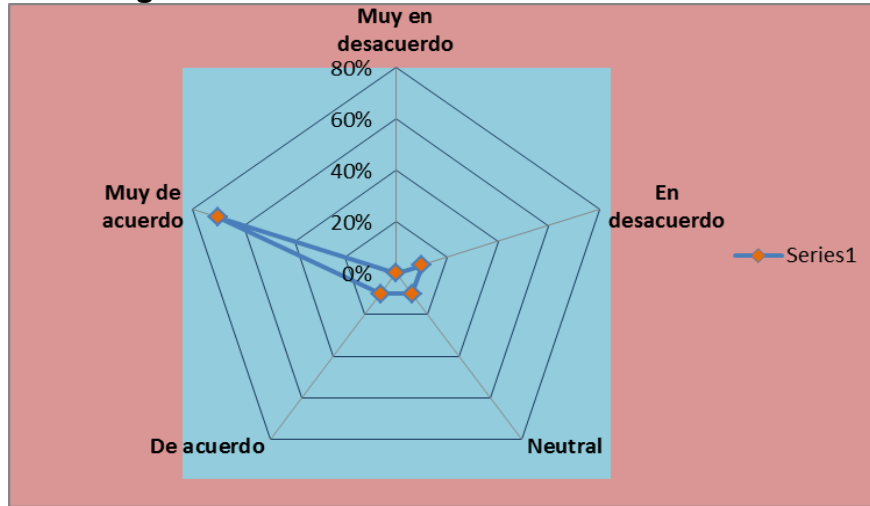
Los equipos utilizados para el tratamiento del agua son de muy buena calidad



Fuente: Autores 2014

Los trabajadores en un 60 % no están de acuerdo ni en desacuerdo en que los equipos utilizados son de muy buena calidad, se consideran neutrales. De acuerdo a lo observado y a las respuestas dadas por los ingenieros en las entrevistas existen algunos equipos sofisticados en la planta modular pero aún no se han puesto en funcionamiento, los equipos que funcionan en la bocatoma algunos son muy viejos, otros necesitan mantenimiento y no se consideran de buena calidad. Los equipos que funcionan en los pozos de villa maría I y II, son considerados de buena calidad pero aún falta mejorar sus instalaciones y el sistema de cloración no es el apropiado.

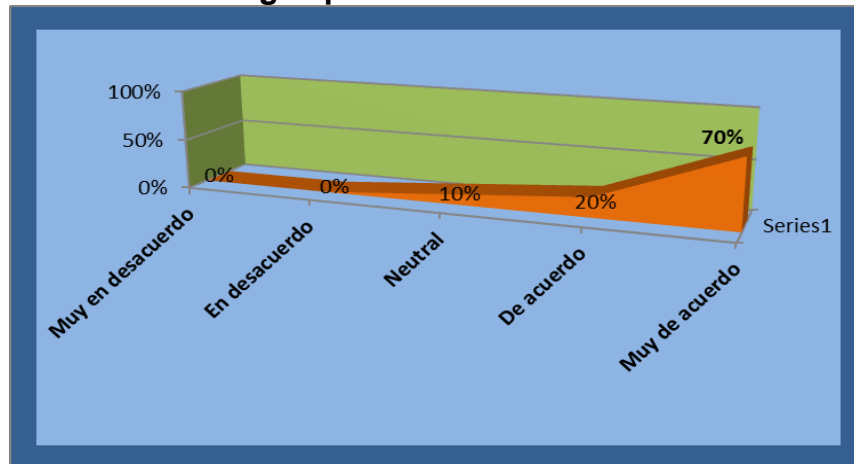
La empresa utiliza productos químicos efectivos para el tratamiento y desinfección del agua.



Fuente: Autores 2014

El 70% de los operarios están muy de acuerdo en que los productos químicos son efectivos para el tratamiento y desinfección del agua, cabe resaltar que en la bocatoma estos químicos son manejados de forma insegura, el sistema de dosificación es improvisado y delicado los trabajadores no utilizan protección para el manejo de estos químicos.

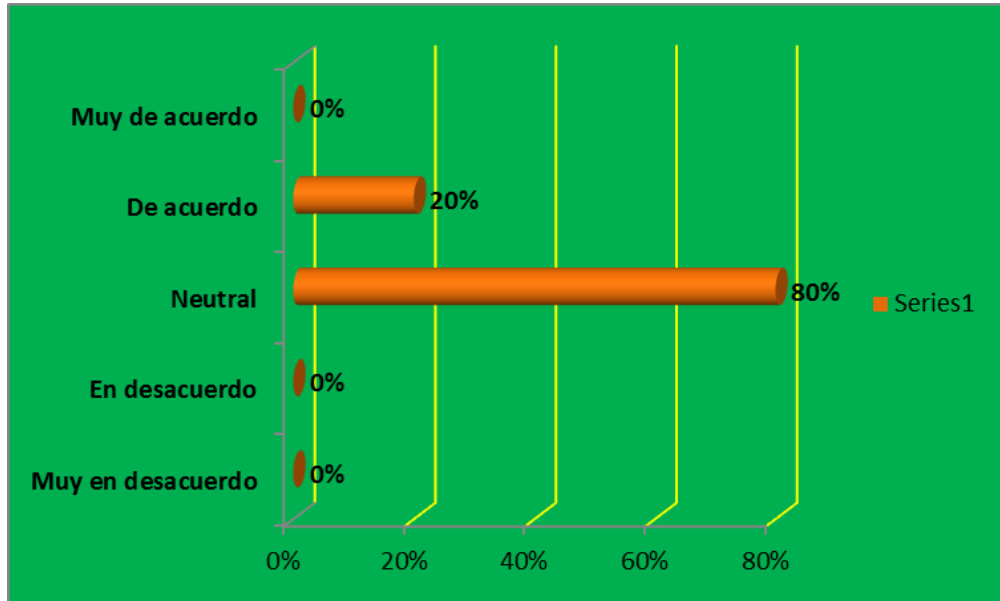
La empresa cuenta con unos laboratorios óptimos y sofisticados para el análisis de la calidad del agua potable.



Fuente: Autores 2014

El 70% de los trabajadores considera que los laboratorios son óptimos y sofisticados para el análisis de la calidad del agua potable, sin embargo en las visitas se pudo observar que las instalaciones no son las más apropiadas.

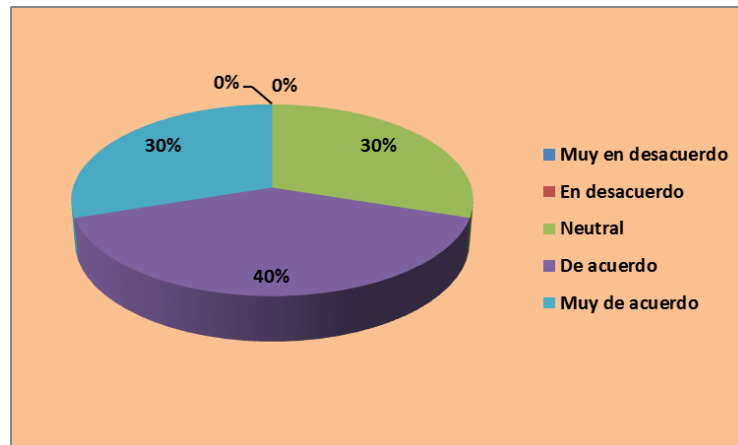
La Empresa está preparada para afrontar épocas de invierno y de verano o sequía.



Fuente: Autores 2014

El 80% de los trabajadores encuestados responde no estar de acuerdo ni en desacuerdo, el 20% responde estar de acuerdo en que la Empresa si está preparada para afrontar épocas de invierno y de sequía, sin embargo en la entrevista a los ingenieros expertos del tema de la Empresa respondieron que no tienen tanques de almacenamiento en caso de sequía y que en temporadas de invierno el agua eleva su turbidez al punto que es imposible hacerle el tratamiento físico químico.

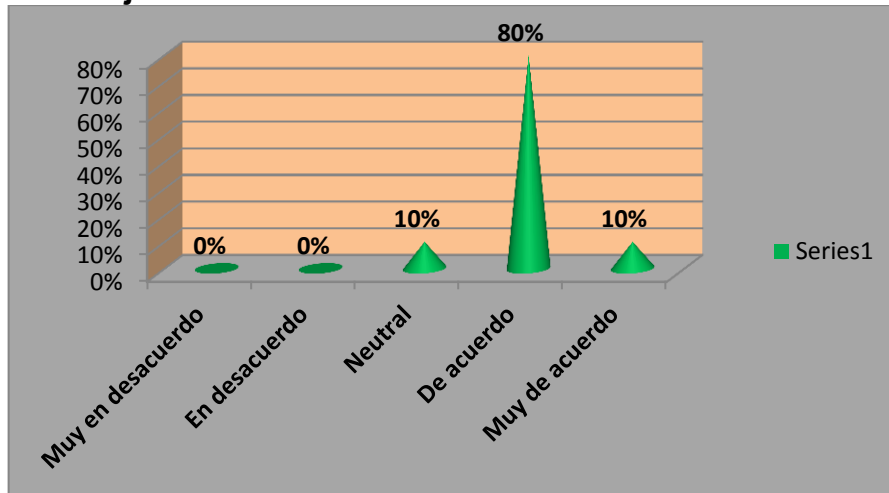
La empresa ha capacitado a los trabajadores para el buen desempeño de sus funciones.



Fuente: Autores 2014

En esta pregunta el 40% respondió estar de acuerdo en que si se ha capacitado a los trabajadores para el buen desempeño de sus funciones, el 30% no está de acuerdo y el otro 30% es neutral, lo que nos hace pensar que se han capacitado a algunos trabajadores y a otros no.

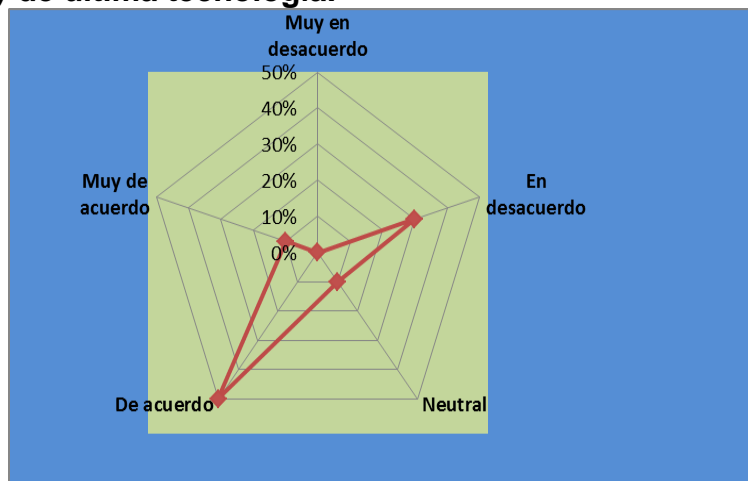
Los trabajadores conocen absolutamente los riesgos laborales en sus puestos de trabajo.



Fuente: Autores 2014

En esta pregunta el 80% de los trabajadores están de acuerdo en conocer los riesgos laborales que tienen en la Empresa, sin embargo existen riesgos muy evidentes y peligrosos que se podrían evitar, por ejemplo el uso de un tanque plástico de ACPM junto a la planta eléctrica sin protección alguna.

Los trabajadores cuentan con herramientas y equipos de trabajo sofisticados y de última tecnología.



Fuente: Autores 2014

El 50% de los operarios están de acuerdo en que cuentan con herramienta y equipos de trabajo sofisticados y de última tecnología, el 30% está en desacuerdo ya que no cuentan con buenas herramientas ni buenos equipos para trabajar. Lo que pudimos analizar partiendo de la observación en las visitas y respuestas de los trabajadores es que la planta modular cuenta con herramienta sofisticada y de última tecnología, así como el pozo de villa maría I y II, pero los trabajadores de la Bocatoma la tablonera trabajan con las herramientas que lograron sacar de la planta que se derrumbó y el pozo de san Jorge trabaja con una planta vieja y con herramienta algo obsoleta.

10. EVALUACION TECNICA Y OPERATIVA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

En general la Empresa de acueducto de Yopal tiene muchas falencias y es urgente construir una planta de tratamiento de buena calidad, pensando más en la salud de la población y no en cumplir con el abastecimiento del fluido.

Haciendo un análisis técnico y operativo con base en las respuestas dadas por los trabajadores en las encuestas, la observación e inspección en las visitas y las respuestas de los ingenieros expertos se pueden establecer las siguientes determinaciones:

- ❖ La Empresa no tiene un sistema de gestión Ambiental
- ❖ La Empresa no tiene un programa de mantenimiento preventivo
- ❖ La Empresa tiene un Sistema de gestión de Calidad pero no cumple con los estándares de la norma, por tanto no está certificada.
- ❖ La Empresa no está preparada para épocas de invierno o de sequía.
- ❖ La Empresa no cuenta con unas instalaciones óptimas para el tratamiento del agua potable.
- ❖ La Empresa no cuenta con buenas herramientas de trabajo en todas sus instalaciones.
- ❖ La Empresa busca abastecer a la comunidad de agua pero descuidan la calidad y toman riesgos de salud altos.
- ❖ En la planta modular tienen equipos sofisticados y de última tecnología pero no los han puesto en funcionamiento.
- ❖ Se hizo una inversión muy grande para la construcción de unos tanques de filtración y cloración en la planta modular como alternativa de solución, pero en la primera prueba no soporto la presión del agua y se derrumbó.
- ❖ La Empresa sigue proyectándose a construir más pozos profundos por la urgencia pero estos presentan tratamientos de agua de mala calidad.

Mantenimiento en la bocatoma la tablona:

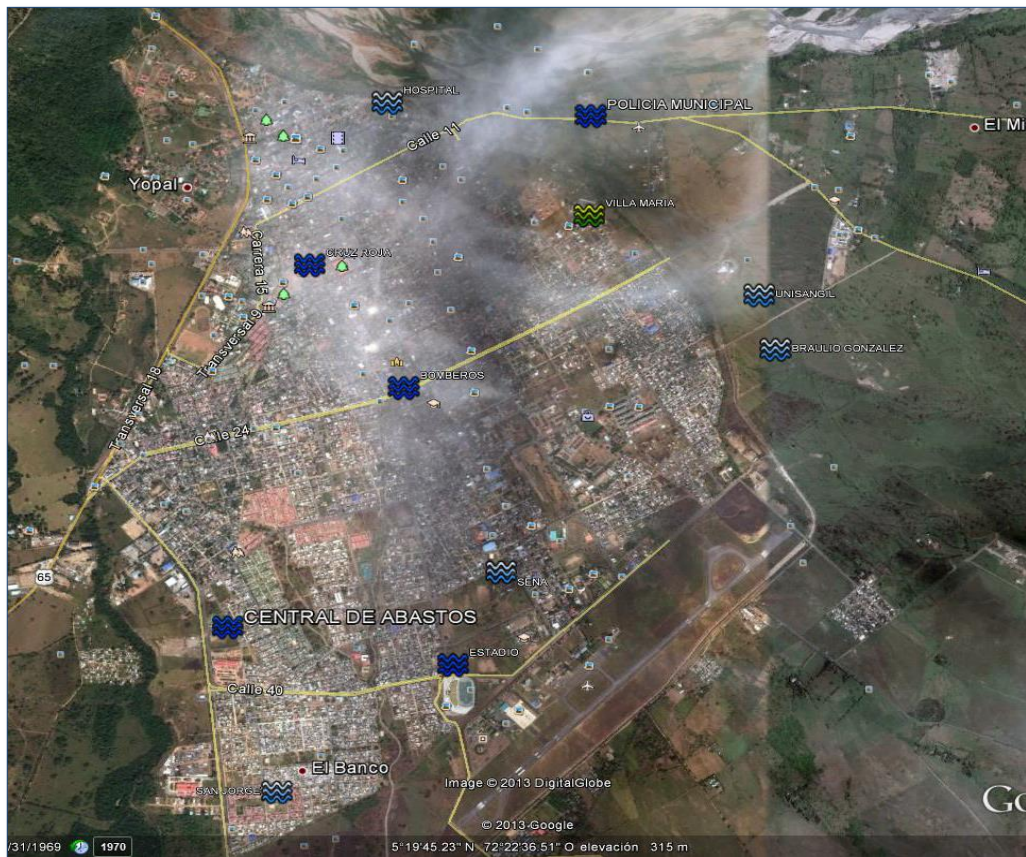
En la bocatoma el mantenimiento se realiza de la siguiente manera:

- ❖ En la rejilla periódicamente, después de las crecientes o cuando se observa taponamiento se realiza manualmente con el operario de la planta.
- ❖ Las redes tiene un sistema de venteos y desarenadores por el cual se realiza una purga.
- ❖ Los tanques de tratamiento se lavan manualmente cada semana.
- ❖ En el resto de equipos se realizan mantenimientos correctivos ya que no poseen un plan de mantenimiento estipulado.

Los Pozos profundos, ubicación y operación.

Una solución a corto plazo fue la implementación de pozos profundos y plantas de tratamiento portátil. Se cuenta con un sistema de pozos profundos ubicados en el Municipio de Yopal, en la actualidad se encuentran operando los pozos Villa María 1 y 2, Policía Nacional, Sena, Central de Abastos, San Jorge, Estadio, Bomberos, Llano Lindo y Cruz Roja, cada uno de estos cuenta con unas plantas de tratamiento dispuestas para realizar la función de entregar agua apta para consumo humano., la cual se carga para los carro tanques que realizaran la distribución de acuerdo a las diferentes rutas y de igual manera se distribuye para que la comunidad pueda llevar el agua totalmente gratis en garrafones o en canecas desde las llaves o puntos de distribución en el sitio de tratamiento. PERFOTEST LTDA. Realiza perforaciones de pozos profundos para captación de agua subterránea utilizando sistema de roto-percusión convencional, entubación simultanea o tricono, capaces de perforar hasta 150 m. con diámetros de hasta 10 pulgadas.

Figura 28. Ubicación de los pozos profundos en el municipio de Yopal.

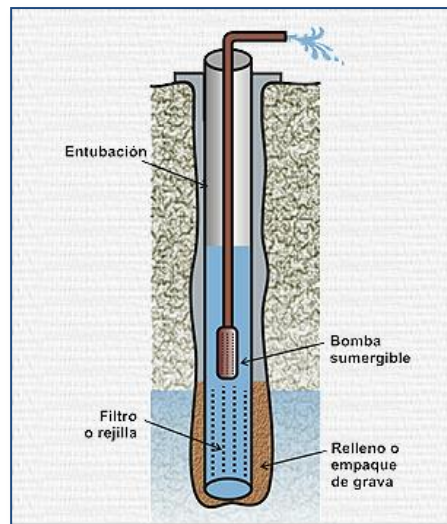


Fuente: gogleearth 2014

Los pozos de agua pueden ser habilitados con cañería de acero carbono con cribas de acero inoxidable, galvanizado o PVC hidráulico y dependiendo de la caracterización de los suelos, estos puede llevar un filtro de gravilla en el espacio anular entre la pared de la perforación y la cañería, con el objeto de retener los sedimentos hacia el interior del pozo, evitando el embanque y la turbiedad del agua.

Las perforaciones fueron realizadas por una empresa especializada en este trabajo, la profundidad de los pozos varían según el sector, oscilan desde los 75 metros hasta los 500 metros de profundidad, la mayoría son perforaciones de un diámetro de 6 pulgadas donde se introduce una tubería de pvc del mismo diámetro y es reducida a 4 pulgadas en el cual se introduce una electrobomba tipo lapicero trifásica de 8 hp, esta bombea por una tubería de 2 pulgadas con un caudal aproximado de 5 litros por segundo.

Figura 29. Esquema de un pozo profundo



Es agua extraída es llevada a tanques de almacenamiento donde se le toma una muestra periódica antes de ser tratada.

Todos los pozos cuentan con su sistema de tratamiento de agua potable, en cada uno de los pozos existe una persona que maneja el sistema de tratamiento y el cual realiza la inspección y control de la entrega de agua por medio de esta planta hacia el carro tanque o hacia la comunidad directamente.

Esta persona se comunica directamente con la atención de la emergencia si se presenta algún inconveniente en el manejo de la planta de tratamiento y con el fin de brindar seguridad en el manejo de la planta el profesional del stap, estará apoyando todos los procesos que se generen para el tratamiento de agua potable, de igual manera se cuenta con una persona disponible para realizar los mantenimientos que el pozo y la planta de tratamiento satélite necesite, esta persona estará rotando por todos los pozos profundos verificando que se encuentre en buenas condiciones desde la captación del pozo profundo hasta la entrega a la comunidad.

Figura 30. Planta de tratamiento compacta, pozo profundo San Jorge.



La profesional de apoyo para el laboratorio es una Ingeniera química, quien realiza las pruebas constantes en cada una de las plantas de tratamiento y realiza las recomendaciones para mejorar la calidad de agua que se entrega a la comunidad, realizando las pruebas de control y seguimiento al agua ya tratada, verificando los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua con relación al Decreto 1575 del 2007 y su resolución completaría 2115 del 2007. Garantizando el funcionamiento de los pozos profundos y las plantas de tratamiento.

Un ingeniero electromecánico y un auxiliar cumplen la función revisar y hacer seguimiento y control a todos los equipos que conforman el sistema del plan de contingencias y emergencias, si algún equipo falla o presenta alguna novedad es reportada por la persona de Mantenimiento e inmediatamente se desplaza el apoyo electromecánico para realizar la respectiva revisión, análisis y operación de la misma. Una vez se tiene establecido el funcionamiento de los equipos y el aseguramiento de la calidad de agua, la persona que está encargada del pozo

remite comunicación por medio de radioteléfono a la tecnóloga que se encuentra en la atención de la contingencia con el fin de solicitar la ruta para el vehículo que se encuentra cargando, hay que tener en cuenta que para cada pozo se tiene definido el tipo de vehículo que realiza el cargue como son los siguientes:

Tabla 3. Tipos de Pozos y vehículos de distribución de agua potable

POZOS	TIPO DE VEHICULO A CARGAR
San Jorge	Carro tanque tipo sencillo.
Estadio	Carro tanque tipo Tracto camión.
Villa María	Carro tanque tipo Doble troque.
Central de abastos.	Carro tanque tipo turbo capacidad 4 tn.

Tabla 4. Carro tanques disponibles para la atención de la emergencia por desabastecimiento de agua en el municipio de Yopal

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN DEL VEHICULO (M3)	# DE VEHICULOS	APOYADO POR
Tracto camión	40	4	Contratos eaaay – alcaldía
		1	Gestionado por la alcaldía
Doble troque	24	3	Ecopetrol
		2	Propios eaaay
		3	Contratos eaaay- alcaldía
Sencillos	12	6	Contratos eaaay- alcaldía
		4	Gestionado por la alcaldía
		1	Bomberos voluntarios
Camioneta turbo	4	4	Propios eaaay
		2	Contratos eaaay- alcaldía
		5	Gestionado por la alcaldía
Camioneta 4*4	1	1	Contratos eaaay- alcaldía

Seguimiento y control a los carro tanques:

Se ejerce control permanente, sobre la calidad del agua que se está suministrando, y para tal efecto es necesario continuar con el trabajo que se viene desarrollando la planta de tratamiento y el personal a cargo del control de calidad, a fin de muestrear, desarrollar y poner en funcionamiento los protocolos de limpieza de los vehículos que transportan el agua, para lo cual se cuenta con un cronograma establecido para realizar el lavado respectivo del mismo.

Hay que tener en cuenta que antes de ingresar el vehículo se hace un proceso riguroso de calidad por parte de la secretaria de salud municipal y luego de que

ellos emitan el concepto sanitario, la EAAAY, realiza nuevamente el control para el ingreso cuando ya pase el filtro se les instalado los logos de agua gratis y agua potable, todos los vehículos cuentan con estos logos, y se realiza reunión con los propietarios y conductores del vehículo para efectuar el proceso de ingreso del vehículo por documentos, donde se solicita la hoja de vida del vehículo, como del conductor, chequeando, el soat, seguros contra terceros, tarjeta de propiedad, revisión tecno mecánica, y el caso del conductor se realiza la inspección del pase dependiendo el tipo de vehículo a conducir.

Figura 31. Mantenimiento a carro tanque.



Equipos utilizados para realizar pruebas de laboratorio físico químico en la Empresa de Acueducto de Yopal

Ultrapure se puede ajustar su calidad de agua ultrapura para que coincida con sus aplicaciones. Incorporado en 185/254 nm de la lámpara UV del sistema reduce los niveles de compuestos orgánicos para aplicaciones críticas, y también destruye las bacterias. Puede agregar aplicaciones Pak para eliminar contaminantes específicos tales como bacterias, partículas, pirógenos, nucleasas, disruptores endocrinos o los compuestos orgánicos volátiles.



Figura 32. Ultrapure (Type 1) wáter

Hach 2100 Series Laboratorio Medidores de sedimento se han diseñado para proporcionar una mayor precisión y sensibilidad en cualquier aplicación. El Turbidímetro de Laboratorio 2100N está equipado con una lámpara de filamento de tungsteno halógeno lleno estable para satisfacer las exigencias de información del método EPA 180.1. Este modelo es ideal para pruebas de laboratorio básico de muestras hasta 4000 NTU.



Figura 33. Turbidímetro 2100N (HACH)

Instrumento usado en el análisis químico que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones y la concentración o reacciones químicas que se miden en una muestra. También es utilizado en los laboratorios de química para la cuantificación de sustancias y microorganismos.



Figura 34. Espectrofotómetro DR 500

Titulador digital es un instrumento práctico y eficaz, que permite realizar análisis precisos en campo, planta o laboratorio. Alcalinidad, Titulación, Precisión y Peso



Figura 35. Titulador digital (alcalinidad y acidez)

Balance digital es un instrumento de medición, se caracteriza por dos rasgos fundamentales: su gran rango de pesaje y su capacidad para obtener el peso con una precisión asombrosa.



Figura 36. Balance Digital (Ph y conductividad)

El conductímetro es un dispositivo diseñado para medir una característica de todos los materiales que es la CONDUCTIVIDAD. La conductividad se mide en Siemens*m²/m, o lo que es lo mismo Sm*m. Siemens es una unidad, por el área transversal del conductor, sobre la longitud del conductor (Un conductor más "grueso" conduce más y uno más largo menos).



Figura 37. Conductímetro

9.5 recursos humanos de la Empresa de Acueducto de Yopal:

PERSONAL	DEPENDENCIA
Coordinador del CAC	Director técnico Director administrativo y financiero
Sistema provisional de tratamiento.	Profesional SPTA Profesional de apoyo de laboratorio Auxiliar electromecánico Operadores Auxiliar de operaciones
Unidad de acueducto	Profesional Fontaneros Obreros
Oficina de seguridad industrial	Profesional Auxiliar
Centro de atención de la emergencia- CAC	Tecnólogo entrega de rutas Auxiliar de atención a los usuarios. Personal de mantenimiento Personal de apoyos de manejo de pozos profundos y PTAP de tratamiento. Conductor de carrotanques. Inspectores.

Tabla 5. Personal operativo y administrativo de la Empresa

9.6 Aportes técnicos y operativos para la Empresa de Acueducto.

Se hizo un análisis técnico operativo con base en la investigación descriptiva de campo realizada a la Empresa de acueducto de Yopal incluyendo todas las instalaciones que la conforman. Como contribución académica e investigativa con este proyecto se realizan los siguientes aportes:

9.6.1 Diseño y construcción de un Plan de mantenimiento preventivo:

La finalidad del mantenimiento preventivo es: Encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por; usuarios, operadores, y mantenimiento. Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios. Máquinas, equipos, vehículos, etc.

Antes de empezar a mencionar los pasos requeridos para establecer un programa de mantenimiento preventivo, es importante analizar sus componentes para que comencemos con una base de referencia común.

a). *Definición:* Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos,

utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos.

Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de Conservación, Confiabilidad, Mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento.

Haciendo uso de los datos hacemos su planeación esperando con ello evitar los paros y obtener con ello una alta efectividad de la planta, los conceptos de este mantenimiento se agrupan en dos categorías: *preventivo* y *correctivo*.

El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones, tales como; Reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc.

Hechas en períodos de tiempos por calendario o uso de los equipos. (Tiempos dirigidos). El mantenimiento preventivo podrá en un futuro ser potencialmente mejorado por medio de la incorporación de un programa de Mantenimiento Predictivo. Dentro del mantenimiento planeado se contempla el mantenimiento predictivo.

Beneficios del mantenimiento preventivo:

1. Reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones). Obviamente, si tiene muchas fallas que atender menos tiempo puede dedicarle al mantenimiento programado y estará utilizando un mantenimiento reactivo mucho más caro por ser un mantenimiento de "apaga fuegos"

2. Incrementa la vida de los equipos e instalaciones. Si tiene buen cuidado con los equipos puede ayudar a incrementar su vida. Sin embargo, requiere de involucrar a todos en la idea de la prioridad ineludible de realizar y cumplir fielmente con el programa.

3. Mejora la utilización de los recursos. Cuando los trabajos se realizan con calidad y el programa se cumple fielmente. El mantenimiento preventivo incrementa la utilización de maquinaria, equipo e instalaciones, esto tiene una relación directa con: El programa de mantenimiento preventivo que se hace. Lo que se puede hacer, y como debe hacerse.

4. Reduce los niveles del inventario. Al tener un mantenimiento planeado puede reducir los niveles de existencias del almacén.

5. Ahorro: Un peso ahorrado en mantenimiento son muchos pesos de utilidad para la compañía. Cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.

Capacitación del personal.

Capacitar al personal de las plantas de tratamiento de agua para consumo humano, en cada uno de los aspectos que tiene que ver con los procesos unitarios de tratamiento, remoción de sólidos, desarenación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección con base a los recientes desafíos en el tratamiento del agua para consumo

Sistema de seguridad industrial y riesgos laborales:

Sistema General de Riesgos Laborales: Es el conjunto de entidades públicas y privadas, normas y procedimientos, destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrirles con ocasión o como consecuencia del trabajo que desarrollan.

Las disposiciones vigentes de salud ocupacional relacionadas con la prevención de los accidentes de trabajo y enfermedades laborales y el mejoramiento de las condiciones de trabajo, hacen parte integrante del Sistema General de Riesgos Laborales.

Salud Ocupacional: Se entenderá en adelante como Seguridad y Salud en el Trabajo, definida como aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones.

En lo sucesivo se entenderá como el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. Este Sistema consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y salud en el trabajo.

9.7 Propuesta de mejora técnica y operativa para el tratamiento del agua potable en la Empresa de acueducto de Yopal

Actividad	Tiempo	Indicador	Responsable
Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para todos los equipos y maquinas involucradas en el tratamiento del agua.	6 meses	Horas de trabajo mensual de las maquinas con mantenimiento preventivo / Horas de trabajo mensual de las maquinas con mantenimiento correctivo	Jefe de mantenimiento
Comprar y adquirir herramientas de trabajo con tecnología de punta para el reemplazo de herramientas obsoletas	3 meses	Numero de Herramientas de nueva tecnología adquirida	Jefe de mantenimiento
Capacitar a los trabajadores en el manejo de los equipos con tecnología de punta presentes en la planta modular.	3 meses	Número de trabajadores con capacitación / Número de trabajadores proyectados a capacitar	Talento humano Y división técnica
Construir rejillas en los vertederos adyacentes a la bocatoma como acción preventiva de accidentes laborales.	2 meses	Número de rejillas construidas	División técnica
Reestructurar el almacén de depósito de productos químicos en la planta bocatoma la tablona.	6 meses	Instalaciones del almacén adecuadas para el desarrollo del proceso	División técnica
Reducir el caudal de agua tratada en la bocatoma la tablona con el objetivo de optimizar tiempos de recorrido en los procesos de coagulación y floculación.	6 meses	Reducción en litros por segundo de agua coagulada y floculada.	División técnica
Gestionar la construcción de algunos tanques de almacenamiento según	1 año	Número de tanques construidos	Gerencia y división técnica

estándares de la norma técnica colombiana de construcción.			
--	--	--	--

11. CONCLUSIONES

Del análisis cuali-cuantitativo realizado a la encuesta respondida por los trabajadores de la Empresa de acueducto se destacan las siguientes conclusiones:

- ❖ La Empresa atendió la emergencia del agua potable con pozos profundos por cuestión de tiempo, ya que esta es una forma rápida de abastecer de agua a la comunidad.
- ❖ El tratamiento del agua en Yopal no cuenta con la tecnología ni herramientas suficientes para prestar un buen servicio y un producto de buena calidad.
- ❖ El agua tratada en la bocatoma en la tablonera no alcanza a realizar el proceso de coagulación y floculación en el tiempo necesario por la necesidad de suministrar el líquido vital a la población.
- ❖ La Empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y las labores de mantenimiento de equipos y redes se hacen cuando estos se dañan.
- ❖ Los trabajadores confirmaron que no existe un sistema de gestión ambiental.
- ❖ Los operarios ratifican que los equipos no son aptos para el proceso de tratamiento de agua, en las visitas se pudo observar que algunos equipos son muy viejos y otros necesitan mantenimiento.
- ❖ Los trabajadores en su mayoría consideran que los laboratorios son óptimos y sofisticados para el análisis de la calidad del agua potable, sin embargo en las visitas se pudo observar que las instalaciones no son las más apropiadas.

Partiendo de la observación en las visitas y la entrevista a los ingenieros expertos se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- ❖ se pudo observar en las visitas a los pozos profundos, bocatoma y planta modular; que aún no existe una planta de tratamiento óptima ni una solución a esta problemática de más de 3 años.
- ❖ Existen algunos equipos sofisticados en la planta modular pero aún no se han puesto en funcionamiento.
- ❖ Los equipos que funcionan en la bocatoma en su mayoría son muy viejos, algunos necesitan mantenimiento y no se consideran de buena calidad. Los equipos que funcionan en los pozos de villa maría I y II, son considerados de buena calidad pero aún falta mejorar sus instalaciones y el sistema de cloración no es el apropiado.
- ❖ En la bocatoma los químicos son manejados de forma insegura, el sistema de dosificación es improvisado e inadecuado, los trabajadores no utilizan protección para el manejo de estos químicos.
- ❖ La Empresa no está preparada para afrontar épocas de invierno y de sequía, los ingenieros expertos respondieron que no tienen tanques de

almacenamiento en caso de sequía y que en temporadas de invierno el agua eleva su turbidez al punto que es imposible hacerle el tratamiento físico químico.

12.RECOMENDACIONES

La Empresa de acueducto tiene muchas falencias y mejoras por hacer, en esta investigación solo se estudió y analizó la parte técnica y operativa de la Empresa, positivamente se dan las siguientes recomendaciones:

- ❖ Diseñar e implementar un Programa de mantenimiento preventivo donde se abarquen todos los equipos, procesos y herramientas de la Empresa.
- ❖ Diseñar e implementar un sistema de Gestión Ambiental para reducir el impacto y daño que se ha venido realizando a través de las perforaciones del suelo de Yopal entre otros.
- ❖ Corregir todas las fallas de seguridad observadas en la bocatoma, en cuanto al manejo de los químicos, almacenamiento, homogenización expuesta al medio ambiente.
- ❖ Diseñar e Implementar un programa o manual de seguridad industrial para la bocatoma y todos los pozos profundos.

13. BIBLIOGRAFÍA

[1]. ROJAS Ricardo, Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano (), 2012.

[2] BRÍÑEZ K, GUARNIZO J, ARIAS S. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2012; 30(2): 175-182

[3] PÉREZ CARRIÓN, J. M. Y VARGAS, L. El agua. Calidad y tratamiento para consumo humano. Manual I, Serie Filtración Rápida. Programa Regional HPE/CEPIS/OPS de Mejoramiento de la Calidad del Agua.

[3] EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE YOPAL (2012), informe de Gestión, Resultados Plan de Gestión y resultados (pp.13 a 110) Yopal [s.n]

[4] ALCALDIA MUNICIPAL DE YOPAL. Diagnostico [s.n], Plan de Desarrollo Yopal con sentido Social 2012 – 2015 (pp. 68-76), Yopal [s.n]

[5] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA (2006). Guía de Planeación para implementar el sistema de Gestión de la calidad bajo la norma técnica de calidad en la gestión pública NTCGP 1000:2004. Bogotá D.C [s.n]

[6] PEREZ A, TORRES Patricia, CRUZ Camilo, (2009). Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia. Revista Ingeniería e investigación Vol. 29 No. 3, .79-85

[7] CONTRERAS Martha, ACEVEDO G. Karina, El acceso al agua para consumo humano en Colombia, Revista de Economía Institucional, vol. 15, n. ° 29, segundo semestre/2013, pp. 125-148.

Conceptos Estadísticos en el Control de la Calidad." Administración de producción y operaciones. Norman Gaither and Greg Frazier. 8th ed. Mexico City: Cengage Learning, 2000. 665-667. Gale Virtual Reference Library. Web. 16 May 2014. Retrieved from:
<http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX3002500244&v=2.1&u=unad&it=r&p=GVRL&sw=w&asid=d2303983b023383173c9b1082003d5be>

ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

CUESTIONARIO PARA EL CONOCIMIENTO OPERATIVO DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE YOPAL.

NOMBRE: _____

CARGO: _____

1. ¿Por qué se optó por atender la emergencia de agua potable con pozos profundos y planta de tratamiento de agua portátil?
 - a. Por tiempo
 - b. Por economía
 - c. Por calidad
 - d. Por facilidad
 - d. Por viabilidad

2. ¿Qué grado de tratamiento se le aplica al agua para su potabilización en la tablonera?
 - a. TIPO A1: tratamiento físico simple y Desinfección
 - b. TIPO A2: tratamiento físico normal, tratamiento químico y Desinfección
 - c. TIPO A3: tratamiento físico y químico intensivo, afino y Desinfección.

3. ¿qué sistema se utiliza para el mantenimiento de las redes?
 - a. Correctivo
 - b. Preventivo
 - c. Predictivo

Pregunta cerrada de única respuesta	Si	No
4. ¿La Empresa tiene un programa de mantenimiento preventivo para todos los equipos utilizados en el tratamiento del agua?		
5. ¿La Empresa tiene un sistema de gestión de calidad orientado al proceso del tratamiento del agua?		
6. La Empresa tiene un sistema de gestión ambiental orientado al proceso del tratamiento del agua		
7. ¿La Empresa tiene un manual de funciones orientado para cada puesto de trabajo?		

De las siguientes afirmaciones dadas en qué grado usted considera estar de acuerdo o en desacuerdo.	Muy en desacuerdo	En Desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
8. La Empresa cuenta con talento humano suficiente para el proceso del tratamiento de agua potable					
9. La Empresa cuenta con suficientes equipos aptos para el proceso del tratamiento de agua potable					
10. La Empresa cuenta con unas instalaciones óptimas para el proceso del tratamiento de agua potable					
11. Los equipos utilizados para el tratamiento del agua son de muy buena calidad					
12. La Empresa utiliza productos químicos efectivos para el tratamiento y desinfección del agua.					
13. La Empresa cuenta con unos laboratorios óptimos y sofisticados para el análisis de la calidad del agua potable.					
14. La Empresa está preparada para afrontar épocas de invierno y de verano o sequía.					
15. La Empresa se está proyectando para el crecimiento poblacional del Municipio.					
16. La Empresa cuenta con personal con conocimiento en primeros auxilios					
17. La Empresa ha capacitado a los trabajadores para el buen desempeño de sus funciones.					
18. Los trabajadores conocen absolutamente los riesgos laborales en sus puestos de trabajo.					
19. La Empresa ha realizado simulacros de emergencia de incendio					
20. Los trabajadores cuentan con herramientas y equipos de trabajo sofisticados y de última tecnología.					