



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“CARBÓN ACTIVO GRANULAR, EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Denis Infante Chipile

Asesor:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

Cajamarca – Perú

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Denis Infante Chipile**, denominada:

CARBÓN ACTIVO GRANULAR, EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE.

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
ASESOR

Mg. Ing. María Salomé De la Torre
Ramírez
JURADO
PRESIDENTE

Mg. Ing. Martha Gladys Huamán Tanta
JURADO
SECRETARIO

M. Cs. Ing. Irene Del Rosario Ravines
Azañero
JURADO
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres Javier Infante Díaz y Andrea Chipile de Infante, quienes siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente tanto moral como económica, por sus consejos para poder llegar a ser un gran profesional.

A mi hermano Rodrigo y demás familiares en general por su apoyo que me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por permitir tener vida y salud para poder realizar uno de mis propósitos que es ser Ingeniero Civil.

A mis padres Javier Infante Díaz y Andrea Chipile de Infante, por brindarme su tiempo y mostrarme el camino hacia la superación y así poder llegar a ser un gran profesional.

A mi hermano Rodrigo y demás familiares en general por brindar su tiempo y un apoyo incondicional.

A mis amigos y compañera de estos años por permitirme aprender más de la vida a su lado.

Le agradezco a mi institución y a mis maestros, en especial al Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por su apoyo, paciencia y colaboración para finalmente poder realizar este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases Teóricas	17
2.2.1. Agua potable.....	17
2.2.2. Química del Agua	18
2.2.3. Solución y suspensión de impurezas	18
2.2.4. Ajuste de pH	19
2.2.5. Carbón Activado	19
2.2.6. Clasificación de los diferentes tipos de carbón activado.....	21
2.2.7. Características físico – químicas.....	24
2.2.8. Aplicaciones del carbón activado	25
2.2.9. El carbón activo en tratamientos de agua	26
2.2.10. Filtro de Carbón Activado	27
2.2.11. Proceso de Activación	30
2.2.12. El carbón activo granular	31
2.2.13. Reactivación del carbón activo.....	32
2.2.14. Adsorción con carbón activo	32
2.2.15. Especificaciones de calidad	35
2.3. Hipótesis	36
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	37
3.1. Operacionalización de Variables	37
3.2. Diseño de investigación	39
3.3. Unidad de estudio	39
3.4. Población	39
3.5. Muestra (muestreo o selección).....	39
3.6. Recursos	39
3.6.1. Recursos Humanos	39
3.6.2. Materiales	39

3.6.3.	Servicios	39
3.7.	Presupuesto	40
3.8.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	40
3.8.1.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.8.2.	Procedimientos de recolección de datos	43
3.9.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	44
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		45
4.1.	Resultados fisicoquímico y microbiológicos del informe de Laboratorio Regional del Agua	45
4.1.1.	Resultados captación 1	45
4.1.2.	Resultado captación 2	45
4.1.3.	Resultado captación 3	46
4.2.	Resultados de turbidez del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas	46
4.2.1.	Resultados - captación 1	46
4.2.2.	Resultados - captación 2	47
4.2.3.	Resultados - captación 3	47
4.3.	Resultados de pH a 25° C del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas	48
4.3.1.	Resultados - captación 1	48
4.3.2.	Resultados - captación 2	48
4.3.3.	Resultados - captación 3	49
4.4.	Resultados de Color verdadero del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas	50
4.5.	Resultados de Coliformes Totales del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas	50
4.5.1.	Resultados - captación 1	50
4.5.2.	Resultados - captación 2	51
4.5.3.	Resultados - captación 3	51
4.6.	Resultados de Coliformes Termotolerantes del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas	52
4.6.1.	Resultados - captación 1 y 3	52
4.6.2.	Resultados - captación 2	52
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN		53
5.1.	Resultados fisicoquímicos y microbiológicos, porcentajes de las 3 captaciones	53
5.1.1.	Porcentajes - captación 1	53
5.1.2.	Porcentajes - captación 2	54
5.1.3.	Porcentajes - captación 3	54
5.2.	Resultados de turbidez – porcentajes de las 3 captaciones	54
5.2.1.	Porcentajes turbidez - captación 1	54
5.2.2.	Porcentajes turbidez - captación 2	55
5.2.3.	Porcentajes turbidez - captación 3	56
5.3.	Resultados de pH a 25° C – porcentajes de las 3 captaciones	57
5.3.1.	Porcentajes pH a 25° C - captación 1	57
5.3.2.	Porcentajes pH a 25° C - captación 2	57
5.3.3.	Porcentajes pH a 25° C - captación 3	58
5.4.	Resultados de Color verdadero de las 3 captaciones	59

5.5.	Resultados de Coliformes Totales – porcentajes de las 3 captaciones	59
5.5.1.	Porcentajes Coliformes Totales - captación 1	59
5.5.2.	Porcentajes Coliformes Totales - captación 2.....	60
5.5.3.	Porcentajes Coliformes Totales - captación 3.....	61
5.6.	Resultados de Coliformes Termotolerantes – porcentajes de las 3 captaciones.....	61
5.6.1.	Porcentajes Coliformes Termotolerantes - captación 1 y 3.....	61
5.6.2.	Porcentajes Coliformes Termotolerantes - captación 2	62
CONCLUSIONES.....		64
RECOMENDACIONES		65
REFERENCIAS.....		66
ANEXOS		68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº. 1: Rangos típicos de tamaño de carbón activado granular para distintas aplicaciones...	31
Tabla nº. 2: Principales parámetros con los que se especifica un carbón activado granular para el tratamiento de agua y normas de análisis.	36
Tabla nº. 3: Variable dependiente - Parámetros de control obligatorio (PCO)	37
Tabla nº. 4: Variable Independiente – Dimensiones de los diferentes estratos.....	38
Tabla nº. 5: presupuesto para proyecto de investigación.	40
Tabla nº. 6: Lista de materiales y plomería.	41
Tabla nº. 7: Técnica de recolección de datos para ensayo de Coliformes totales.	42
Tabla nº. 8: Técnica de recolección de datos para ensayo de Coliformes termotolerantes.	42
Tabla nº. 9: Técnica de recolección de datos para ensayo de Color.....	43
Tabla nº. 10: Técnica de recolección de datos para ensayo de Turbiedad.	43
Tabla nº. 11: Técnica de recolección de datos para ensayo de Residual de desinfectante.....	43
Tabla nº. 12: Técnica de recolección de datos para ensayo de pH (Potencial de hidrógeno).	43
Tabla nº. 13: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Captación 1	45
Tabla nº. 14: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Captación 2	45
Tabla nº. 15: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Captación 3	46
Tabla nº. 16: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Porcentajes de datos en la captación 1	53
Tabla nº. 17: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Porcentajes de datos en la captación 2	54
Tabla nº. 18: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Porcentajes de datos en la captación 3	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº. 1: Placas graníticas de carbón activado.....	22
Figura nº. 2: Macroporos y mesoporos en los gránulos de carbón activado.....	22
Figura nº. 3: Carbón activo granular.....	24
Figura nº. 4: Carbón activo en polvo.....	24
Figura nº. 5: Compuestos con muy alta probabilidad de ser eliminados por el carbón activo.....	33
Figura nº. 6: Compuestos con alta probabilidad de ser eliminados por el carbón activo.....	34
Figura nº. 7: Compuestos con probabilidad moderada de ser eliminados por el carbón activo.....	35
Figura nº. 8: Compuestos cuya eliminación no es probable que el carbón activo sea efectivo.....	35
Figura nº. 9: Materiales usado en los filtros.....	41
Figura nº. 10: Diagrama de profundidades apropiadas para el filtro de carbón activado.....	42
Figura nº. 11: Resultados de turbidez – Captación 1.....	46
Figura nº. 12: Resultados de turbidez – Captación 2.....	47
Figura nº. 13: Resultados de turbidez – Captación 3.....	47
Figura nº. 14: Resultados de pH a 25° C – Captación 1.....	48
Figura nº. 15: Resultados de pH a 25° C – Captación 2.....	49
Figura nº. 16: Resultados de pH a 25° C – Captación 3.....	49
Figura nº. 17: Resultados de Color verdaderos – Captación 1, 2 y 3.....	50
Figura nº. 18: Resultados de Coliformes Totales – Captación 1.....	50
Figura nº. 19: Resultados de Coliformes Totales – Captación 2.....	51
Figura nº. 20: Resultados de Coliformes Totales – Captación 3.....	51
Figura nº. 21: Resultados Coliformes Termotolerantes – Captación 1 y 3.....	52
Figura nº. 22: Resultados Coliformes Termotolerantes – Captación 2.....	52
Figura nº. 23: Porcentajes turbidez – captación 1.....	55
Figura nº. 24: Porcentajes turbidez – captación 2.....	55
Figura nº. 25: Porcentajes turbidez – captación 3.....	56
Figura nº. 26: Porcentajes pH a 25°C – captación 1.....	57
Figura nº. 27: Porcentajes pH a 25°C – captación 2.....	58
Figura nº. 28: Porcentajes pH a 25°C – captación 3.....	58
Figura nº. 29: Porcentajes Coliformes Totales – Captación 1.....	59
Figura nº. 30: Porcentajes Coliformes Totales – Captación 2.....	60
Figura nº. 31: Porcentajes Coliformes Totales – Captación 3.....	61
Figura nº. 32: Porcentajes Coliformes Termotolerantes – captación 1.....	62
Figura nº. 33: Porcentajes Coliformes Termotolerantes – captación 2.....	62
Figura nº. 34: Caserío Maraynillo.....	70
Figura nº. 35: Captación 1 – Maraynillo.....	70
Figura nº. 36: Estado actual de la captación 1.....	71

Figura nº. 37: Estado actual de la cámara húmeda - captación 1.	71
Figura nº. 38: Captación 2 – Maraynillo.	72
Figura nº. 39: Estado actual de la captación 2.	72
Figura nº. 40: Estado actual de la cámara húmeda - captación 2.	73
Figura nº. 41: Captación 3 – Maraynillo.	73
Figura nº. 42: Estado actual de la captación 3.	74
Figura nº. 43: Estado actual de la cámara húmeda - captación 3.	74
Figura nº. 44: Frascos de laboratorio para toma de muestra en cámara de reunión.	75
Figura nº. 45: Tomando muestras de agua en la cámara de reunión.	75
Figura nº. 46: Transportando los tanques hacia caserío Maraynillo.	76
Figura nº. 47: Iniciando la jornada de trabajo.	76
Figura nº. 48: Realizando el trazo para excavación – captación 1.	77
Figura nº. 49: Verificando el trazo para excavación – captación 1.	77
Figura nº. 50: Tanque ubicado en captación 3.	78
Figura nº. 51: Realizando el trazo para excavación – captación 3.	78
Figura nº. 52: Verificando el trazo para excavación – captación 3.	79
Figura nº. 53: Inicio de excavación - captación 1.	79
Figura nº. 54: Instalación de accesorios al tanque.	80
Figura nº. 55: Tubería existente - captación 2.	80
Figura nº. 56: Corte de tubería existente - captación 3.	81
Figura nº. 57: Accesorios instalados en los tanques.	81
Figura nº. 58: Avance de excavación de zanja - captación 3.	82
Figura nº. 59: Realizando la instalación del tanque - captación 3.	82
Figura nº. 60: Abrazaderas para la toma de muestras de agua.	83
Figura nº. 61: Tanque instalado - captación 3.	83
Figura nº. 62: Realizando la instalación del tanque - captación 1.	84
Figura nº. 63: Carbón activado granular (GAC 1240W).	84
Figura nº. 64: Colocación del carbón activado.	85
Figura nº. 65: Toma de muestras semana 1 – Captación 1.	85
Figura nº. 66: Inspección de captaciones y filtros por parte del Dr. Ingeniero Orlando Aguilar.	86
Figura nº. 67: Visita del asesor al Caserío Maraynillo.	86
Figura nº. 68: Muestras de agua tomadas en la semana 2.	87
Figura nº. 69: Muestras de agua tomadas en la semana 3.	87
Figura nº. 70: Mejoramiento de la captación tras recomendaciones del Ingeniero Orlando Aguilar.	88
Figura nº. 71: Base para la caída del agua.	88
Figura nº. 72: inspección por parte del asesor Dr. Ing. Orlando Aguilar.	89

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad determinar el efecto del carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable proveniente de tres manantiales ubicados en el caserío Maraynillo, el cual abastece y beneficia a una total de 79 familias del caserío Rosariorco, ambos caseríos ubicados en el distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca. Se construyó los filtros de carbón activo con materiales locales, con capas de agregados tales como: 0.25 m de grava de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, 0.10 m de gravilla de malla N° 04 y finalmente una capa de 0.30 m de carbón activo con una granulometría de 12 x 40; de tal manera se determinó los valores de los cinco parámetros obligatorios según el Reglamento de la calidad del agua, 2011, siendo estos: parámetros físicos, químicos y biológicos, dentro de los cuales se encuentran: Turbidez y color verdadero, pH, bacterias coliformes totales y bacterias termotolerantes o fecales, respectivamente. Se obtuvo como resultados que: la turbidez baja hasta un porcentaje de 2.54% con respecto de la muestra patrón (afluente); color verdadero se encuentran valores menores al límite de cuantificación de métodos del laboratorio establecido; pH a 25° C aumento hasta un porcentaje de 159.58% en la primera semana, volviéndose más alcalino o básico, no llegando al valor ideal siendo 7; Coliformes totales el filtro actúa efectivamente bajando el valor de 100% a 29.11 % en la primera semana en la captación 1, 30.30% en la segunda semana en la captación 3 y 0% en la última semana obteniendo un agua libre de Coliformes totales; Colifomes termotolerantes actúa efectivamente bajando del 100% a 0% en todas las muestras obtenidas, obteniendo un agua libre de Coliformes totales y Coliformes termotolerantes. Como consecuencia se logró obtener un agua purificada apta para el consumo humano en cuanto a los cinco parámetros de control obligatorio (PCO) analizados en este estudio de investigación, ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos o valores máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la calidad del agua, 2011.

ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to determine the effect of granular activated carbon in improving the quality of drinking water from three springs located in the Maraynillo hamlet, which supplies and benefits a total of 79 families of the Rosariorco hamlet, both hamlets located in the district of Baños del Inca, province of Cajamarca. Active carbon filters were built with local materials, with layers of aggregates such as: 0.25 m gravel $\frac{3}{4}$ "diameter, 0.10 m gravel mesh No. 04 and finally a 0.30 m layer of activated carbon with a granulometry of 12 x 40; In this way, the values of the five mandatory parameters were determined according to the Water Quality Regulation, 2011, being these: physical, chemical and biological parameters, within which are: Turbidity and true color, pH, total coliform bacteria and thermotolerant or fecal bacteria, respectively. It was obtained as results that: the turbidity decreases up to a percentage of 2.54% with respect to the standard sample (tributary); true color values are found lower than the limit of quantification of established laboratory methods; pH at 25° C increased to a percentage of 159.58% in the first week, becoming more alkaline or basic, not reaching the ideal value being 7; Total coliforms the filter acts effectively lowering the value of 100% to 29.11% in the first week in the catchment 1, 30.30% in the second week in the catchment 3 and 0% in the last week obtaining a water free of total Coliforms; Thermotolerant coliforms act effectively lowering from 100% to 0% in all samples obtained, obtaining a water free of total coliforms and thermotolerant coliforms. As a consequence, it was possible to obtain a purified water suitable for human consumption in terms of the five mandatory control parameters (PCO) analyzed in this research study, since the results obtained are within the ranges or maximum permissible values established by the Regulation of water quality, 2011.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El Ministerio de Salud, 2011, menciona que: El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sinnúmero de enfermedades a niños y adultos.

Mojica, Gómez, Rincón, Blanco, Giraldo y Moreno, 2012, indican que los procesos de urbanización e industrialización que se han realizado en forma general en todos los países y que han aportado grandes beneficios a la población, han generado también serios problemas ambientales como: la alteración de los ecosistemas, el manejo inadecuado de recursos naturales, la contaminación ambiental y daños a la salud humana.

Un claro ejemplo de contaminación de Mojica et. al., 2012, es la presencia de compuestos orgánicos en fuentes hídricas, los cuales representan un serio peligro para el medio ambiente y en particular para la salud humana. La gran mayoría de ellos son tóxicos, cancerígenos y resistentes a la biodegradación natural.

De la misma manera Mojica et. al., 2012, dice que estos compuestos se pueden eliminar del agua mediante varios procesos, dentro de los cuales se destaca la adsorción sobre carbón activado, que es una tecnología disponible para eliminar contaminantes orgánicos como: solventes aromáticos, surfactantes, compuestos fenólicos, pesticidas, herbicidas, aminas aromáticas y alifáticas y colorantes orgánicos solubles, desde soluciones acuosas.

Rincón, Ramírez, Mojica, Blanco, Giraldo y Moreno, 2014, refieren que en la actualidad es ampliamente utilizado para remover el color, olor, sabor y un sin número de impurezas orgánicas durante el tratamiento de agua para el uso doméstico e industrial. También se usa en la recuperación de solventes, en la remoción de color en diversas esencias azucaradas, en el control de la contaminación ambiental, en la industria farmacéutica y médica.

Asimismo Prias, 2011, afirma que el carbón activado es utilizado en áreas que van desde la medicina, el tratamiento de aguas, en la eliminación de olores y sabores, como agente decolorante en la industria del azúcar, en mascarillas para la adsorción de gases tóxicos, para eliminar o recuperar compuestos orgánicos como tintes, disolventes o compuestos orgánicos tóxicos de las aguas, en la purificación del aire, en la industria química, en la industria farmacéutica, en la purificación de gases, en la implementación de supercapacitores, en la

decoloración de vinos, zumos y vinagres, en la eliminación del cloro libre en agua potable, en la eliminación de ozono en agua potable, en eliminación de geosminas, antracina, simazina, y en la eliminación de dioxinas.

De igual manera Mattson y Mark, 1971, mencionan que el uso de los materiales de carbón activado se pierde en la historia, de forma que es prácticamente imposible determinar con exactitud cuando el hombre comenzó a utilizarlos. Lo cierto es que antes del uso de lo que en la actualidad denominamos carbones activados, es decir carbones con una estructura porosa altamente desarrollada, ya se empleaban como adsorbentes el carbón vegetal, o simplemente maderas parcialmente quemadas.

Según el manual del carbón activo, 2017, en cuanto a las plantas potabilizadoras municipales, existen dos realidades: de los países “desarrollados” y las de países “en desarrollo”. En los primeros, el carbón activado se aplica en casi todas las plantas. En los segundos, se aplica más bien cuando existen problemas de olor y sabor. Los primeros potabilizan el agua con carbón activado debido a que en los últimos años se ha encontrado que prácticamente ya no existe río, lago ni pozo cuyo agua se encuentre libre de contaminantes orgánicos sintéticos. Por otro lado, han surgido evidencias de que estos compuestos, aunque están presentes en muy bajas concentraciones, a largo plazo, causan graves trastornos a la salud (entre ellos algunos tipos de cáncer)

Se hace uso de filtros con carbón activado para mejorar la calidad de vida de la población del caserío Rosariorco que cuenta con una población de 76 familias, las que van a ser beneficiadas directamente, ya que en la actualidad cuentan con un sistema de agua entubada sin realizarse ningún tipo de tratamiento básico, para que se tenga apta para el consumo humano.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del carbón activo granular en la mejora de la calidad del agua?

1.3. Justificación

La presente investigación tiene finalidades de distinto carácter, entre los principales criterios encontramos:

- **Justificación Teórica.**

Se ha demostrado que la calidad del agua para el uso en procesos ha llevado a implementar técnicas de eliminación de sustancias contaminante no polares presentes en las aguas, es así que una de las etapas de purificación es la filtración usando carbón

activado fino y granular, este material es utilizado gracias a su gran adsorción superficial (Mañay, 2013).

- **Justificación Práctica.**

En el ámbito del tratamiento de aguas, estos procesos se emplean para depuraciones de aguas subterráneas, purificaciones del caudal final de las estaciones de tratamiento de agua potable ETAP, decoloraciones del agua, depuraciones de aguas para piscinas, refinamiento de las aguas residuales tratadas, etc. (Mañay, 2013).

Mañay, 2013, informo que las técnicas para la producción del carbón activado son múltiples, una de la más común es la activación por vía térmica, su aplicación es a escala industrial en países como Holanda, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Alemania, de todos estos países Estados Unidos es el mayor producto en el mundo con un 40% de la producción total.

Otra de las técnicas menos utilizadas es la activación química teniendo ventajas de ser una alternativa que ofrece una activación selectiva para la obtención de un carbón activado con características específicas para la eliminación total o parcial de un determinado adsorbato. (Mañay, 2013)

1.4. Limitaciones

Se cuenta con poco material bibliográfico en la ciudad de Cajamarca; sin embargo se hizo uso de artículos científicos y algunas tesis de grado.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar el efecto del carbón activo granular, en la limpieza del agua potable proveniente de los manantiales del sistema de agua potable ubicados en el caserío Maraynillo.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Elaborar los filtros de carbón activado.
2. Determinar el efecto en las propiedades físicas (Turbiedad y color), propiedades química (pH y residual de desinfectante) del agua potable proveniente de los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo.
3. Determinar el efecto en las propiedades biológicas (bacterias coliformes totales y bacterias termotolerantes o fecales) del agua potable proveniente de los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- Maskew, Charless y Alexander, 2002, informaron que en los Estados Unidos, G.L. Spalding demostró en 1930 que el carbón activado se puede aplicar en forma satisfactoria y económica a un abastecimiento público de aguas. A partir de entonces, el carbón activado ha sido el absorbente elegido en la remoción de olores y sabores complejos del agua. El polvo se ha aplicado también con éxito a los tanques de almacenamiento y tanque abiertos de sedimentación. Ahí, actúa como absorbente y como un medio para obstruir el paso de la luz, impidiendo así, el crecimiento de algas.
- De acuerdo al estudio “La construcción de un sistema de tratamiento de agua portátil usando materiales locales”, Aqueous Solutions, 2017, sostuvo que para la eliminación de los contaminantes biológicos y químicos se puede lograr utilizando materiales locales fácilmente disponibles. Aquí se proporcionan instrucciones detalladas para la construcción de un sistema de tratamiento de agua que puede purificar 300 L / día utilizando una serie de filtros de grava, arena biológicamente activa y carbón. Los tanques son de 200 L, hecho de BPA-free HDPE (high density polyethylene). Los barriles de HDPE vacíos pesan menos que 10 kg y se puede llevar a pie a las comunidades que no cuentan con un camino de acceso. Los barriles están conectados con accesorios de PVC y llenados con agregados que se puede generar localmente. El sistema cuesta alrededor de \$125 para construir, y debe proporcionar años de servicio con mantenimiento periódico del bio-filtro de arena y el cambio de carbón una vez al año.

Por consiguiente, las especificaciones de la información y diseño que aquí se presentan son de código abierto / arquitectura abierta.

Finalmente se Invitó a observaciones críticas de ingenieros de campo y (agua, saneamiento, higiene) los profesionales del sector del desarrollo, investigadores universitarios, organizaciones no gubernamentales de desarrollo sostenible, los técnicos comunitarios de agua, etc.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Agua potable

Maskew et. al., 2002, mencionan que para calmar la sed del hombre, el agua debe ser pura y tener buen sabor. Por lo tanto, debe encontrarse libre de organismos patógenos; de sustancias venenosas o fisiológicamente indeseables; y por otra parte debe ser atractiva a los sentidos.

En el comienzo histórico del abastecimiento comunal de agua en los países de escaso desarrollo, fueron sumamente peligrosos los brotes recurrentes de fiebres entéricas, atribuibles a los aprovisionamientos de agua potable. Para que el agua sea aceptable y útil en términos generales, ha llegado a adquirir máxima importancia el que el agua sea microbiológicamente segura para su consumo doméstico e industrial (Maskew et. al., 2002).

Maskew et. al., 2002, sin embargo mencionan que aun hoy en día, las fallas humanas y mecánicas, ya sea por separado o combinadas, disminuyen las barreras establecidas contra la infección, y contaminan los suministros de agua que por largo tiempo se han reconocido como seguros. Es por esto que el cuidado del agua aun constituye la responsabilidad más esencial e indiscutible de las autoridades respectivas; desde ingenieros, y personal en general, hasta el empleado de más reciente ingreso.

En las aguas existen cinco clases de organismos capaces de infectar al ser humano: bacterias, protozoarios, virus y hongos. Algunos de éstos completan su ciclo de vida al pasar a través de un portador acuático intermedio. Otros son simplemente transportados por el agua de un hombre a otro hombre, con gran riesgo para ellos mismos. Como ejemplos de portadores acuático pueden mencionar ciertas especies de molusco que evacuan las larvas productora de las esquistosomiasis, y un minúsculo crustáceo que hospeda al agente infectante de la dracontiasis. Como ejemplo de organismos que diseminan enfermedades a través del agua como componente en la vía fecal-oral, están las bacterias del cólera y de la fiebre tifoidea; durante el siglo XIX los primeros sistemas de aguas y aguas residuales transportaban y diseminan estas bacterias. Debido a su distribución geográfica, la esquistosomiasis y la dracontiasis reciben el nombre de enfermedades tropicales y aunque en el agua se encuentran hongos parasitarios, parece que no infectan al hombre a través de ella (Maskew et. al., 2002).

2.2.2. Química del Agua

“Las aguas naturales nunca son completamente puras. Durante su precipitación y su peso sobre o a través del suelo, adquieren muchas clases de impurezas tanto disueltas como en suspensión.”(Maskew et. al., 2002).

Maskew et. al., 2002, informan que las concentraciones de estas sustancias rara vez son fuertes en el sentido químico común. En muchos casos, su magnitud llega a ser de algunas milésimas de 1% o menor. Sin embargo, pueden modificar profundamente las propiedades químicas del agua y su utilidad. Debido a esto, el término química del agua, en el contexto del abastecimiento de aguas y la remoción de aguas residuales, se refiere a las propiedades químicas de las soluciones acuosas que contienen alguna de la amplia variedad de sustancias:

- Encontradas como impurezas en las aguas naturales.
- Agregadas al agua durante el tratamiento.
- Recogidas durante el flujo del agua a través de tubos u otros conductos.
- Impuestas al agua por los múltiples usos que la convierten en agua residual doméstica, municipal o industrial.

Las sustancias químicas que presentan interés desde el punto de vista de la ingeniería oscilan, desde los gases disueltos, las sales y otros compuestos inorgánicos, hasta los materiales orgánico complejo, tanto natural como sintético, deslavados de los campos y bosques o contenidos en las aguas residuales municipales e industriales (Maskew et. al., 2002).

2.2.3. Solución y suspensión de impurezas

Maskew et. al., 2002, afirman que en relación con el estado de dispersión y tamaño de las partículas más finas, las impurezas en el agua se clasifican en forma amplia, como: 1) Sólidos en suspensión; 2) Coloides, y 3) Solutos.

Técnicamente, se dice que las sustancias se encuentran en suspensión cuando son tan gruesas que se pueden remover por sedimentación (sólidos sedimentados), o por retención sobre papel filtro o la capa de asbesto de un crisol de Gooch (sólidos filtrables). El límite inferior de la gama de tamaños para esta clase de material se encuentra entre 0.1 y 1 μ ($1 \mu = 10^{-4}$ cm), variando un poco según el tamaño y densidad de las partículas. Este límite se aproxima al tamaño de las bacterias y a la longitud de onda de la luz visible (0,4 a 0,8 μ) y por ello representa también el límite inferior de la visibilidad microscópica.

2.2.4. Ajuste de pH

En 2012, Galvín ha demostrado que se puede lograr mediante adición de reactivos químicos ácidos (HCl, H₂O₄, CO₂) para rebajar su pH, o básicos (NaOH, Ca (OH)₂, Na₂CO₃) para incrementarlo, según el objetivo pretendido; mediante filtración a través de productos alcalinotérreos como mármol, dolomitas y otros productos sintéticos (que además varían el equilibrio carbónico del agua). Finalmente, en este campo puede ser útil la neutralización recíproca de efluentes con característica de ácido-basicidad opuestas.

2.2.5. Carbón Activado

El carbón activado es un material que, como su nombre lo indica, es materia carbonizada la cual puede ser de origen vegetal o mineral. Se le llama activado debido a que toda la materia carbonizada tiene propiedades adsorbentes, pero el estado de activación que se da a este tipo especial de carbón le confiere propiedades especiales que lo hacen tener una gran capacidad para adsorber ciertas sustancias (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017).

El carbón activado es un material de carbón que se prepara en la industria para que tenga una elevada superficie interna y así poder adsorber (retener sobre su superficie) una gran cantidad de compuestos muy diversos, tanto en fase gaseosa como en disolución (Rodríguez y Molina, 2017).

La adsorción es diferente a la absorción ya que absorción implica el paso de una sustancia, inicialmente en suspensión, a la parte interna del material absorbente. Por ejemplo: el agua en una esponja. Adsorción es diferente en el sentido de que el material removido se adhiere físicamente o químicamente a la superficie del material adsorbente, sin penetrar en su estructura física (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017).

La alta efectividad en remoción o adsorción de compuestos, se debe a que el carbón activado tiene una gran área ó superficie disponible para que puedan interactuar las moléculas de la sustancia que se adsorbe (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017).

Esta gran superficie se adquiere cuando el material carbonáceo se somete a altas temperaturas y se inyecta súbitamente vapor de agua, nitrógeno, bióxido de carbono, argón o algún otro gas inerte. Este repentino cambio en la estructura interna del material provoca un gran número de huecos de tamaño microscópico, cuya superficie

es receptiva a la retención de moléculas con una cierta estructura o estereoquímica. (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017).

Rincón et. al., 2014, indicaron que el carbón activado es un material poroso carbonaceo con gran área de influencia, es capaz de adsorber una gran diversidad de sustancias tanto gaseosas como líquidas, y es conocido desde principios del siglo pasado, por sus propiedades adsorbentes.

El carbón activado se puede producir a partir de una gran variedad de materias primas carbonosas. Las fuentes más comunes son: madera, turba, lignito y carbón de las fábricas de papel. La materia prima se carboniza en ausencia de aire a una temperatura inferior a 600°C. Después, se activa mediante una combustión lenta a nivel de 600 a 700°C, o por oxidación con vapores o gases adecuados, como vapor de agua o bióxido de carbono de 800 a 900 °C (Maskew et. al., 2002).

El carbón activado granular tiene generalmente el tamaño de la arena para filtros, es decir de 0.1 a 1 mm de diámetro. El carbón activado pulverizado se tritura generalmente a un tamaño tal que el 50% pase a través de una criba de 300 mallas, y el 95 %, por una criba de 200 mallas, es decir, de 50 a 75 respectivamente. La capacidad de absorción es elevada debido a que una libra (454 grs), de carbón activado finalmente dividido contiene aproximadamente 10E13 partículas y pie cubico (28-311) macizo de carbón activado en partículas presenta una área combinada de superficie externa y de poros, próxima a 10 millas cuadradas (25,9 kmE3) el agua en que se encuentra suspendida (Maskew et. al., 2002).

La Escuela Politécnica Superior (EPS), 2017, menciona que todos los átomos de carbón en la superficie de un cristal son capaces de atraer moléculas de compuestos que causan color, olor o sabor indeseables; la diferencia con un carbón activado consiste en la cantidad de átomos en la superficie disponibles para realizar la adsorción. En otras palabras, la activación de cualquier carbón consiste en " multiplicar" el área superficial creando una estructura porosa. Es importante mencionar que el área superficial del carbón activado es interna. Para darnos una idea más clara de la magnitud de la misma, imaginemos un gramo de carbón en trozo el cual moleremos muy fino para incrementar su superficie, como resultado obtendremos un área aproximada de 3 a 4 metros cuadrados, en cambio, al activar el carbón logramos multiplicar de 200 300 veces este valor.

Maskew et. al., 2002, dijeron que durante algún tiempo, se determinaba la capacidad adsorptiva de los diferentes carbones hacia el fenol puro como base para su

comparación general. Sin embargo, el valor de fenol o cantidad de carbón en miligramos por litro requerido para reducir 100g por 1 de fenol de 90% no refleja necesariamente la eficiencia relativa de un carbón determinado en la remoción de sustancia distinta de fenol. Por lo tanto, la prueba directa sobre las aguas que se van a tratar se ha convertido en el procedimiento preferido. Los carbones comerciales poseen un valor de fenol de 15 a 30.

Aun cuando las ecuaciones de Freundlink y Languor (Ecs.26-12 a 15) se pueden utilizar en pruebas comparativas para identificar las magnitudes de los coeficientes de adsorción pertinentes de un absorbente determinado, las ecuaciones rara vez se ajustan a la información observada en la práctica. En cambio, la dosis experimental del carbón se traza contra las concentraciones residuales observadas del absorbato, y la dosis requerida se llena a partir de curvas ajustadas visualmente. Se emplean trazados tanto aritméticos como doble logarítmicos (Maskew et. al., 2002).

Por todo ello, cuando se desea remover una impureza organica que causa color, olor o sabor indeseable, normalmente la adsorción con carbón activado suele ser la técnica más económica y sencilla (EPS, 2017).

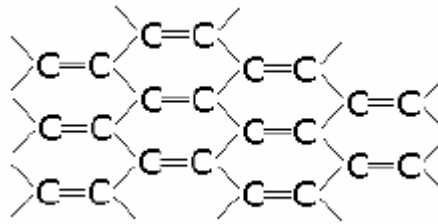
2.2.6. Clasificación de los diferentes tipos de carbón activado

El nombre de carbón activado se aplica a una serie de carbones porosos preparados artificialmente a través de un proceso de carbonización, para que exhiban un elevado grado de porosidad y una alta superficie interna.

Es un producto obtenido a partir del carbón amorfo, el cual se ha sometido a un tratamiento de activación con el fin de incrementar su área superficial hasta 300 veces debido a la formación de poros internos, pudiendo alcanzarse áreas de 1200 -1500 m²/g de carbón (EPS, 2017).

La diferencia fundamental entre uno y otro tipo de carbón radica en la estructura, o arreglo de sus átomos. En el caso del carbón activo, éstos se encuentran combinados en forma de placas graníticas, que pueden representarse de acuerdo a la siguiente figura (EPS, 2017).

Figura nº. 1: Placas graníticas de carbón activado.



Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2017.

Las placas están separadas y tienen distintas orientaciones, por lo que existen espacios entre ellas, a los que se les denominan poros, que brindan al carbón activo su principal característica: una gran área superficial, y por lo tanto, una alta capacidad adsorbente. El área de la mayoría de los carbones activados comerciales están entre 500 – 1500 m²/g (EPS, 2017).

Según Ojedas un carbón activado tiene una superficie activa de 1,000 a 1,200 mts²/gr, lo cual significa que un gramo de carbón activado tiene una superficie activa similar al área de un campo de fútbol soccer.

Figura nº. 2: Macroporos y mesoporos en los gránulos de carbón activado.



Fuente: Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017.

También, si el carbón tiene gran afinidad por la adsorción específica de un compuesto, la cantidad que puede remover de éste, es de hasta 60 gramos de contaminante por cada 100 gramos de carbón activado y por estas cualidades se ha dicho que el uso del carbón es la mejor tecnología disponible en este momento para la remoción de contaminantes del aire y del agua (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017).

El carbón que reacciona con el vapor de agua, escapa en forma de hidrógeno y monóxido de carbono dejando una gran porosidad en la estructura del material. La forma, tamaño y naturaleza de la porosidad formada depende de factores como: el pretratamiento químico que se haya dado al material, el origen del material a partir del cual se elabora el carbón activado, temperatura de activación, etc. (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017).

También al carbón puede ser producido a partir de un proceso de activación química. En este tipo de activación, el material a carbonizar (por ejemplo: cáscara de nuez o de coco o aserrín de madera) es saturado en una solución de ácido fosfórico y después es carbonizado a 500° C (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017).

El tipo de carbón resultante, dependiendo si es una activación con vapor o con ácido fosfórico, tiene propiedades absorbentes específicas ya que los poros formados y la estructura del carbón producido son diferente y tiene diferentes aplicaciones (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, 2017).

Ojedas menciona que de acuerdo al tamaño de poro, el carbón puede ser catalogado de acuerdo al tamaño de los poros en su estructura. Estos poros se clasifican de acuerdo a su tamaño en:

Microporos: son aquellos que tienen un tamaño promedio menor a 2 nanómetros

1 nanómetro=1 nm=10⁻⁹ mts=10⁻⁷ cm

Mesoporos: Los que tienen un diámetro de 2-50 nm

Macroporos: Los que tienen un diámetro mayor a 50 nm

Los macroporos se encuentran inicialmente en el material antes de su activación. Los microporos y mesoporos son formados en el proceso de activación y son los que le dan propiedades adsorbtivas al carbón.

Podemos clasificar el carbón activo en granular y polvo, dependiendo del tamaño de grano del mismo (grano grueso o grano fino) (EPS, 2017).

Figura nº. 3: Carbón activo granular.



Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2017.

Figura nº. 4: Carbón activo en polvo.



Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2017.

2.2.7. Características físico – químicas

2.2.7.1. Composición química

La Escuela Politécnica Superior, 2017, dice que el término carbón activo designa un amplio espectro de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distinción de poros y superficie específica) y en su granulometría.

Desde el punto de vista de la composición química, el carbón activo es carbón prácticamente puro, al igual que lo es el diamante, el grafito, el negro de humo y los diversos carbones minerales o de leña. Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas (EPS, 2017).

Asimismo, la composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5–10% en cenizas, 60% en oxígeno y 0,5% en hidrógeno.

2.2.7.2. Estructura física

El carbón activo posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo da lugar normalmente a una distribución de tamaño de poro bien determinada. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio: macroporos ($r > 25$ nm), mesoporos ($25 > r > 1$ nm) y microporos ($r < 1$ nm) (EPS, 2017).

2.2.8. Aplicaciones del carbón activado

Son dos las características fundamentales en las que se basan las aplicaciones del carbón activado: elevada capacidad y baja selectividad de retención. La elevada capacidad de eliminación de sustancias se debe a la alta superficie interna que posee, si bien porosidad y distribución de tamaño de poros juegan un papel importante. En general, los microporos (tamaño inferior a 2nm) le confieren la elevada superficie y capacidad de retención, mientras que los mesoporos (tamaño comprendido entre 2-50nm) y macroporos (tamaño >50nm) son necesarios para retener moléculas de gran tamaño, como pueden ser colorantes o coloides, y para favorecer el acceso y la rápida difusión de las moléculas a la superficie interna del sólido. Por otra parte, el carbón activado tiene escasa especificidad ante un proceso de retención, es un adsorbente “universal” (Rodríguez et al., 2017).

El carbón activado tiene una amplia gama de aplicaciones tanto en polvo como granular en medio líquido y gaseoso.

Según la Escuela Politécnica Superior, 2017, sus aplicaciones en medio líquido abarca la decoloración de licores de azúcar potabilización de aguas (eliminación de olor, color, sustancias químicas, bacterias, tratamientos de aguas residuales, declaración de aguas para su uso en la fabricación de bebidas refrescantes, decoloración y mejora de bebidas alcohólicas (vinos, rones), purificación de grasas y aceites comestibles, purificación de proteínas, como medicamento en la desintoxicación de personas, purificación de plasma sanguíneo, separación de elementos metálicos (oro, plata), entre otras.

Por su parte, en medio gaseoso encuentra sus aplicaciones en el almacenamiento y separación de gases, en máscaras antigás, protección anti radiactiva en plantas

nucleares, desodorizante de productos alimenticios. Además hoy tiene amplias perspectivas de aplicación como soporte catalítico y como catalizador (EPS, 2017).

En general, el carbón pulverizado se aplica en medio líquido mientras el granulado puede ser aplicado en ambos medios. Recopilando las múltiples aplicaciones, destacamos:

- Eliminación de impurezas que causan color, olor y sabor en agua potable (mejora de las propiedades organolépticas en el agua).
- Tratamiento de aguas residuales (Tratamiento terciario de aguas residuales.)
- Tratamiento de agua en procesos industriales.
- Depuración de aguas subterráneas
- Depuración de aguas para piscinas
- Refinamiento de las aguas residuales tratadas
- Tratamiento de emisiones atmosféricas.
- Purificación de aire y gases.
- Decoloración de vinos, zumos y vinagres.
- Decoloración de azúcar y caramelo.
- Mascarillas de gases.
- Eliminación de olores en plantillas de zapatos.
- Potabilización de agua superficial y de pozo.
- Eliminación de ozono en agua potable.
- Eliminación de geosminas, antracitas y simazinas.
- Desodorización y eliminación de gusto para productos de la industria alimenticia.
- Decoloración en industria alimenticia, farmacéutica y química.
- Eliminación de PAH's de aceites vegetales.
- Eliminación de dioxinas y purificación de aires y emisiones gaseosas.
- Eliminación de COU's y recuperación de disolventes en tratamientos de aire y gases.
- Eliminación de compuestos no orgánicos con carbones impregnados o catalíticos, aprovechando la gran superficie del carbón activo.
- Eliminación de cloro libre en agua potable.

2.2.9. El carbón activo en tratamientos de agua

Según la Escuela Politécnica Superior, 2017, el carbón activado es un sólido que tiene dos propiedades que lo han hecho muy útil en el tratamiento de aguas. La primera consiste en que atrapa todo tipo de contaminantes orgánicos en sus paredes, con una avidéz tal que se puede dejar un agua prácticamente libre de estos compuestos. La

segunda, es que destruye el cloro libre residual que no ha reaccionado después de que dicho compuesto haya realizado una acción desinfectante.

En estas funciones se ha considerado desde hace muchos años la tecnología más rentable. Debido a ellos, prácticamente todas las industrias que requieren agua potable utilizan carbón activo como uno de los procesos básicos de purificación (EPS, 2017).

Una de las funciones del carbón activo en el tratamiento de aguas es la eliminación de concentraciones residuales de agentes oxidantes como cloro y ozono, y de los derivados cancerígenos, trihalometanos, originados en estos tratamientos. El carbón activo actúa adsorbiendo estos productos o catalizando su paso a formas reducidas inofensivas (EPS, 2017).

2.2.9.1. El carbón activado en la potabilización del agua

En la Escuela Politécnica Superior, 2017, menciona que el carbón activado tiene capacidad para lograr estados de equilibrio tales, que la concentración de los compuestos adsorbibles en el agua llegue a niveles indetectables por los métodos de análisis comunes. Todo esto, aunado al hecho de que las fuentes de abastecimiento de agua potable normalmente tienen cantidades relativamente pequeñas de materia orgánica, hace del carbón activado la mejor alternativa técnica y económica para su control.

2.2.10. Filtro de Carbón Activado

Aqueous Solutions, 2017, reafirma que el filtro de carbón funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción, lo que significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, es diferente de absorción, lo que esencialmente significa "tomar" o "tomar en." Para ser exactos, sin embargo, en el tratamiento de aguas contaminantes difusos en los poros de carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción). Esto ha llevado a un amplio uso del término no específico "sorción".

La porosidad y el área superficial grande de carbón proporcionan una multitud de sitios reactivos para la unión de compuestos disueltos. En estos sitios reactivos se pueden unir los compuestos orgánicos disueltos no problemáticos, así como dirigidos contaminantes peligrosos. Un poco de materia orgánica disuelta, presente en todas las aguas naturales y pueden ocupar lugares en las superficies de carbón y con ello excluir los contaminantes de interés. Este problema en filtros de carbón es mitigado en nuestro caso por los procesos unitarios de la grava y filtro de arena - que actúan para eliminar

una parte sustancial de materia orgánica disuelta en el agua de la fuente antes de que se encuentre con el carbón. El principio es lograr un alto nivel de tratamiento antes del filtro de carbón, con el fin de "salvar el carbón" para la eliminación de compuestos problemáticos disueltos que pasan a través de las etapas de tratamiento anteriores (Aqueous Solutions, 2017).

Carbón local comparado a carbón activado: En el sistema de tratamiento descrito aquí, el filtro de carbón funciona como una "post-filtro adsorbente," similar a la utilización de carbón activado granular (CAG) en procesos unitarios de instalaciones municipales de tratamiento de agua. El filtro de carbón se coloca después de los filtros de grava y arena con el fin de orientar los componentes específicos de la materia orgánica de fondo (por ejemplo, compuestos que causan sabores indeseables, olores, o aspecto) o compuestos orgánicos sintéticos (COS) como los pesticidas, productos farmacéuticos, compuestos de combustible, etc, que no estén bien eliminados por los procesos de la unidades precedentes (Aqueous Solutions, 2017).

Hay, sin embargo, algunas diferencias importantes entre el carbón de leña generado localmente y el carbón activado comercial. Primero, el carbón local (idealmente) está hecho a partir de residuos agrícolas y forestales y biomasa leñosa renovable y ambientalmente sustentable. La mayoría de carbones activados comerciales se hacen a partir de sub-bituminoso carbón de lignito (no renovable). Ambos carbones locales y carbones activados se someten a una etapa de carbonización donde se calienta el material de alimentación a varios cientos de grados Celsius bajo una atmósfera de oxígeno restringida. Sin embargo, los carbones comerciales son posteriormente "activados" por procesos físicos y / o químicos para desarrollar su reactividad y la estructura interna de poros, usando vapor a alta presión, dióxido carbono, o ácidos. En otras palabras, la etapa de activación es un proceso industrial que requiere instalaciones, energía, equipos y reactivos que no es accesibles en comunidades rurales (Aqueous Solutions, 2017).

Además, investigaciones recientes sobre la diversidad biológica en filtros de carbón activado ha demostrado sinergismo entre adsorción y mecanismos de biodegradación para mejorar la remoción de compuestos orgánicos sintéticos COS. La eficacia de la combinación de adsorción-biodegradación es más alta que solamente los procesos de adsorción o biodegradación. La adsorción por el carbón atenúa contaminantes disueltos dando tiempo para su distribución por la biopelícula, que a su vez libera sitios superficiales sobre el carbono para sorción adicional, extendiendo la vida de los medios del filtro. Incluso algunos compuestos típicamente clasificados como no-

biodegradables se descomponen en biofiltros de carbón que están en uso por muchos años. La exposición a los contaminantes retenidos por el carbón durante periodos de semanas o meses permite que los microorganismos se aclimaten y desarrollan las vías enzimáticas necesarias para descomponer algunos compuestos que de otra manera son ambientalmente recalcitrantes. Así, la sinergia entre los procesos de biodegradación y adsorción puede dar lugar a una eliminación neta de unos COS peligrosos del sistema (Aqueous Solutions, 2017).

Una preocupación común para la filtración de carbón es la retrodifusión, o "lixiviación", de los contaminantes del carbón dentro del agua, ya sea durante su tiempo de vida en el lecho de filtro o, posteriormente afuera del filtro. Investigaciones recientes sobre los sistemas de carbón activado ha mostrado que muy poca lixiviación ocurre del carbón usado. Medidas de retrodifusión (contaminantes que están liberados de las superficies y salen a través de los poros) son muy lentos debido a la obstrucción de los poros por la materia orgánica natural (Aqueous Solutions, 2017).

Esencialmente, los contaminantes se difunden en los poros, se adhieren a las superficies interiores de los poros, y se quedan atrapados allí por materia orgánica natural que bloquea los poros durante la vida operativa del filtro. Por otra parte, los contaminantes orgánicos más sintéticos se unen más fuertemente a las superficies que el carbón disuelto natural de la materia orgánica –así que es poco probable que los compuestos orgánicos naturales desplacen los contaminantes adsorbidos (Aqueous Solutions, 2017).

El tiempo de vida efectivo del carbón en el filtro depende de la calidad del carbón, así como las características de la fuente de agua y la eficacia de las etapas del tratamiento de las aguas que entran en el filtro. En el contexto de una comunidad rural en vías de desarrollo, estos factores se caracterizan por un alto grado de variabilidad e incertidumbre. Como el carbón puede ser generado localmente a bajo costo, se recomienda un enfoque conservador, diseñando para una cantidad de carbón mucho mayor que la tasa de utilización que se emplea en sistemas avanzados de CAG (Carbón Activado Granulado). Un filtro de carbón construido de acuerdo con las especificaciones descritas aquí que suministro 300 L / día debe ser renovado por lo menos una vez por año (Aqueous Solutions, 2017).

2.2.11. Proceso de Activación

La obtención de carbón activado está basada en dos etapas fundamentales: la carbonización de la materia prima y la activación del producto carbonizado. En general, todos los materiales carbonosos pueden ser transformados en carbón activado, siendo las propiedades del producto final dependientes de la naturaleza de la materia prima, del agente activante y de las condiciones del proceso de activación (EPS, 2017).

2.2.11.1. Proceso de Activación Físicamente

Según la Escuela Politécnica Superior, 2017, el proceso se inicia con la etapa de carbonización, de modo que se logre la deshidratación y la desvolatilización de forma controlada, obteniéndose un carbonizado con elevado por ciento en carbono fijo y una estructura porosa inicial. Durante la carbonización los elementos no carbonosos, como el hidrógeno y oxígeno, presentes en la materia prima, son eliminados en parte por la pirolisis del material y los átomos de carbono se organizan en estructuras microcristalinas conocidas como "cristalitas gráficas elementales". Entre estos microcristales hay espacios libres, debido a que su ordenamiento es irregular. Estos espacios o intersticios son bloqueados por carbono amorfo, alquitranes y otros residuos de la descomposición pirolítica del material celulósico.

Como resultado de ello los carbones producto de la carbonización sólo presentan una pequeña capacidad de absorción aumentándose esta capacidad a través del proceso de activación (EPS, 2017).

La activación se realiza en una segunda etapa a temperaturas entre 800 y 1100°C en presencia de un oxidante como agente activante que puede ser CO² y vapor de agua (EPS, 2017).

2.2.11.2. Proceso de Activación Químicamente

Según el manual de carbón activo (2017) este proceso se desarrolla en una sola etapa, calentando en atmósfera inerte una mezcla del agente activante con el material de partida. Las sustancias más usadas son: ácido fosfórico (H₃PO₄), Cloruro de cinc (ZnCl₂), ácido sulfúrico (H₂SO₄), aunque también se han usado sulfuros y tiocianatos de potasio, cloruros de calcio y magnesio, hidróxidos de metales alcalinos, entre otras sustancias, siempre en dependencia de la materia prima original a utilizar y el mayor o menor volumen de poros de un tipo o de otro que se quiera obtener (EPS, 2017).

2.2.12. El carbón activo granular

Según Prias, 2005, El carbón activado granular consiste en gránulos de forma irregular que se instalan dentro de un recipiente por qué se hace circular el líquido o gas que va a tratar. El carbón activado granular se fabrica en diversos rangos de tamaños. Por ejemplo, un 8x30 es un carbón cuyas partículas pasan por la malla 8 pero no por la 30. Las especificación de malla que se utiliza con mayor frecuencia es la Estándar Americana (U.S. Std .Sieve). El número de malla equivale al número de aberturas por pulgada lineal. Un carbón 8x30 tiene partículas de entre 0.595 y 2.38 mm como podemos ver en la tabla.

Mientras menores son las partículas de carbón, trabajan con una rapidez sustancialmente mayor, aunque también causan una mayor caída de presión en el fluido tratado. Lo primero se debe a que se acorta y se facilita el acceso del adsorbato a la superficie interna del carbón. Para dar una idea del efecto que tiene el tamaño de partícula en la cinética de la adsorción, un carbón activado granular comercial tamaño 12 x 40 normalmente adsorbe con el doble de rapidez que uno 8 x 30.

En la Tabla nº. 1 se mencionan algunos de los rangos de tamaño más comunes en distintas aplicaciones. La última limitante por la que no suelen usar tamaños menores en la presión disponible para el flujo a través de la cama de carbón o el costo que tiene el vender la caída de presión. De cualquier manera, cabe la posibilidad de que se elijan tamaños menores o mayores a los típicos, según las características y limitaciones de cada proceso.

Tabla nº. 1: Rangos típicos de tamaño de carbón activado granular para distintas aplicaciones.

APLICACIÓN	GRANULOMETRIAS
Tratamiento de agua y de líquidos en general, a nivel industrial y municipal	8x30, 12x40, 14x30, 14x40
Purificadores de agua caseros.	12x40, 14x40, 20x50
Acondicionamiento de aire, purificación de gases (como CO ₂ , He, acetileno), recuperación de vapores de solventes, campanas para cocinas.	4x6, 4x8, 4x10
Mascarillas de gases.	12x20
Recuperación de oro.	6x12, 6x16, 8x16, 10x20
Boquillas de cigarrillos.	6x14, 12x20, 20x50

Fuente: Prias, 2005.

2.2.13. Reactivación del carbón activo

La viabilidad económica de la aplicación del carbón activado depende de la existencia de un medio eficaz para su regeneración y recuperación, una vez agotada su capacidad de adsorción. El carbón activo granular se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y su posterior eliminación de la superficie del carbón en un horno. En este proceso se destruye parte del carbón, entre un 5 y 10%, y es necesario reemplazarlo por carbón nuevo o virgen. Es conveniente aclarar que la capacidad de adsorción del carbón regenerado es ligeramente inferior a la del carbón virgen (Manual del carbón activo, 2017).

La teoría de adsorción señala que al cambiar las condiciones en las que se encuentra el carbón, se podrá lograr la desorción o desprendimiento de los adsorbatos retenidos, dejando libre la superficie del carbón activado (Prias, 2005).

La desorción, sin embargo, puede ser muy lenta y puede no llegarse a restablecer toda o casi toda la capacidad original del carbón. Por otra parte, la quimisorción implica una reacción química, por lo que las moléculas retenidas por este otro mecanismo se desprenderán con estructuras moleculares completamente distintas de aquella que tenía el adsorbato originalmente; finalmente. Existen moléculas inorgánicas que no han sido adsorbidas pero que si precipitan y se depositan en la superficie del carbón y cuya eliminación tampoco responderá a los métodos de desorción de moléculas adsorbidas físicamente (Prias, 2005).

Hay tipos de reactivación:

- Reactivación con vapor de agua.
- Reactivación con gases calientes.
- Reactivación térmica.
- Reactivación con ácido.
- Reactivación mediante la modificación del pH en solución acuosa.
- Reactivación biológica.
- Reactivación térmica a vacío.

2.2.14. Adsorción con carbón activo

2.2.14.1. Diferencias entre adsorción y absorción

Cuando una sustancia se adhiere a una superficie se habla de adsorción, en este caso, la sustancia se adhiere a la superficie interna del carbón activo. Cuando la sustancia es absorbida es un medio diferente entonces se conoce como absorción. Cuando un gas es atraído dentro de una solución se habla de absorción (EPS, 2017).

2.2.14.2. Capacidad de adsorción de un carbón

La Escuela Politécnica Superior, 2017, menciona que la capacidad de adsorción de un determinado carbón se puede estimar a partir de los datos de la isoterma. Si se representan los datos de la isoterma, se obtiene una gráfica como la de la siguiente figura. A partir de esta gráfica la capacidad de adsorción del carbón se puede determinar prolongando la isoterma hasta la intersección con la línea vertical trazada por el punto correspondiente a la concentración inicial C_0 . El valor de $(x/m) C_0$ correspondiente a ese punto se puede entonces leer en el eje de ordenada en el gráfico.

Este valor de $C_0 (x/m)$ representa la cantidad de materia adsorbida por unidad de peso de carbón activado una vez alcanzado el punto de equilibrio con la concentración inicial de constituyente. Esta condición se debe cumplir en la parte superior de un lecho de carbón correspondiente a un tratamiento en columna de contacto, por lo que representa la capacidad de adsorción última del carbón para un constituyente determinado (EPS, 2017).

2.2.14.3. Factores que influyen en la adsorción de compuestos presentes en el agua

La Escuela Politécnica Superior tenemos las siguientes:

- El tipo de compuesto que desee ser eliminado. Los compuestos con elevado peso molecular y baja solubilidad se absorben más fácilmente
- La concentración del compuesto que desea ser eliminado. Cuanta más alta sea la concentración, más carbón se necesitará.
- Presencia de otros compuestos orgánicos que competirán con otros compuestos por los lugares de adsorción disponibles.
- El pH del agua. Por ejemplo, los compuestos ácidos se eliminan más fácilmente a pH bajos.

Según esto podemos clasificar algunos compuestos según su probabilidad de ser eficazmente adsorbidos por el carbón activo en el agua:

Figura nº. 5: Compuestos con muy alta probabilidad de ser eliminados por el carbón activo.

Alacloro	Desetilatraccina	Malation
Aldrin	Demeton-O	MCPA
Antraceno	Di-n-butiltalato	Mecoprop
Antraccina	1,2-Diclorobenceno	Metazaclor
Azinfos-etil	1,3-Diclorobenceno	2-Metilbencenammina
Bentazona	1,4-Diclorobenceno	Metilnaftaleno
Bifenil	2,4-Diclorocresol	2-Metilbutano

2,2-bipiridina	2,5-Diclorofenol	Monuron
Bis(2-etilexil)Ftalato	3,6-Diclorofenol	Naftaleno
Bromacil	2,4-Diclorofenoxi	Nitrobenceno
Bromodiclorometano	Dieldrin	m-Nitrofenol
p-Bromofenol	Dietilftalato	o-Nitrofenol
Butilbenceno	2,4-Dinitrocresol	p-Nitrofenol
Hipoclorito de calcio	2,4-Dinitrotolueno	Ozono
Carbofurano	2,6-Dinitrotolueno	Paration
Cloro	Diuron	Pentaclorofenol
Dióxido de cloro	Endosulfan	Propacina
Clorobenceno	Endrin	Simacina
4-Cloro-2-nitrotolueno	Etilbenceno	Terbutrin
2-Clorofenol	Hezaclorobenceno	Tetracloroetileno
Clorotolueno	Hezaclorobutadieno	Triclopir
Criseno	Hexano	1,3,5-Trimetilbendeno
m-Cresol	Isodrin	m-Xileno
Cinacina	Isooctano	o-Xileno
Diclohexano	Isoproturon	p-Xileno
DDT	Lindano	2,4-Xilenol
Deisopropiltatracina	Linuron	

Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2017.

Figura nº. 6: Compuestos con alta probabilidad de ser eliminados por el carbón activo.

Anilina	Dibromo-3-cloropropano	1-Pentanol
Benceno	Dibromoclorometano	Fenol
Alcohol bencílico	1,1-Dicloroetileno	Fenilalanina
Ácido benzoino	Cis-1,2-Dicloroetileno	Ácido o-ftálico
Bis(2-cloroetil)éter	trans-1,2-Dicloroetileno	Estireno
Bromodiclorometano	1,2-Dicloropropano	1,1,2,3-Tetracloroetano
Bromoformo	Etileno	Tolueno
Tetracloruro de carbono	Hidroquinona	1,1,1-Tricloroetano
1-Cloropropano	Metil Isobutil Ketona	Tricloroetileno
Clorotoluron	4-Metilbencenamina	Acetato de vinilo

Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2017.

Figura nº. 7: Compuestos con probabilidad moderada de ser eliminados por el carbón activo

Ácido acético	Dimetoato	Metionina
Acrilamida	Etil acetato	Metil-tert-butil éter
Cloroetano	Etil éter	Metil etil Ketona
Cloroformo	Freón 11	Piridina
1,1-Dicloroetano	Freón 113	1,1,2-Tricloroetano
1,2-Dicloroetano	Freón 12	Cloruro de vinilo
1,3-Dicloroetano	Glifosato	
Dikegulac	Imazipur	

Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2017.

Figura nº. 8: Compuestos cuya eliminación no es probable que el carbón activo sea efectivo.

Acetona	Cloruro de metileno
Acetonitrilo	1-Propanol
Acrilonitrilo	Propionitrilo
Dimetilformaldehido	Propileno
1,4-Dioxano	Tetrahidrofurano
Isopropil alcohol	Urea
Cloruro de metilo	

Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2017.

2.2.15. Especificaciones de calidad

La ASTM de Estados Unidos es el organismo cuyos procedimientos de evaluación sigue la mayoría de los fabricantes de carbón activado. Sin embargo, existen otros a los que comúnmente se hace referencia. Entre ellos esta AWWA estadounidense, la DIN de Alemania, entre otras (Priás, 2005).

N₂

En la tabla se muestran los principales parámetros especificados para carbón activado granular que se destina al tratamiento de agua. Algunos de estos, como el número de yodo, el contenido de cenizas totales, los solubles en agua, la humedad y el pH, se aplican también ara el carbón activado en polvo (Priás, 2005).

Tabla n°. 2: Principales parámetros con los que se especifica un carbón activado granular para el tratamiento de agua y normas de análisis.

PARÁMETRO	UNIDADES EN LAS QUE SE EXPRESA	RANGO DE VALORES TÍPICOS	EJEMPLO DE UNA NORMA QUE SE APLICA
Número de yodo	mg/g de carbón	500 a 1,200	ASTM D-4607
Área superficial	m ² /g	500 a 1,200	Adsorción de N ₂ (método BET) ASTM D-3037
Radio medio de poro y volumen total de poro	nm y cm ³	0.7 a 500.0 y 0.2 a 1.0	Porosimetría con mercurio y adsorción de N ₂ . ASTM C-699
Densidad aparente	g/cm ³	0.26 a 0.65	ASTM D-2854
Dureza	Adimensional	30 a 99	ASTM D-3802
Rango de tamaño de partícula	Malla estándar americana (U.S. Std Sieve)	4x8 a 20x50	ANSI/AWWA B604-90
Tamaño efectivo de partícula	mm	0.4 a 3.3	ANSI/AWWA B604-90
Coefficiente de uniformidad	Adimensional	Menor a 2.1	ANSI/AWWA B604-90
Contenido de cenizas totales	% base seca	3 a 15	ASTM D-2866
Solubles en agua	% base seca	0.5 a 7	ASTM D-5029
pH de extracto acuoso	pH	2 a 11	ASTM D-3838
Humedad (al empacar)	%	2 a 15	ASTM D-2867
Longitud de semidecloración	cm	2 a 10	DIN 19603

Fuente: Prias, 2005.

2.3. Hipótesis

El agua tratada con carbón activo granular proveniente en los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo en el distrito de Baños del Inca mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de Variables

Tabla n^o. 3: Variable dependiente - Parámetros de control obligatorio (PCO).

HIPOTESIS	TIPO DE VARIABLE	VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
El agua tratada con carbón activo granular proveniente en los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas.	Variable Dependiente	Parámetros de control Obligatorio (PCO)	Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos. (Ministerio de salud, 2011)	Características físicas del agua potable.	Turbiedad	Límite máximo permisible = 5
					Color	Límite máximo permisible = 15
				Características químicas del agua potable.	PH	Límite máximo permisible = 6.5 a 8.5
					Residual de desinfectante	Límite máximo permisible = 5
				Características biológicas del agua potable.	Bacterias coliformes totales	Límite máximo permisible < 1.5
					Bacterias termotolerantes o fecales	Límite máximo permisible < 1.5

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla n°. 4: Variable Independiente – Dimensiones de los diferentes estratos.

HIPOTESIS	TIPO DE VARIABLE	VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	VALORES
El agua tratada con carbón activo granular proveniente en los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas.	Variable Independiente	Dimensiones de los diferentes estratos.	Cada una de las capas que se superponen unas a otras conformando la estructura de ciertas cosas (Holmes, Arthur y Doris L. Holmes, 1982).	Altura	Grava de ¾"	0.25 m
					Gravilla	0.10 m
					Carbón activado granular ⁰	0.30 m

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.2. Diseño de investigación

La investigación es experimental de tipo experimental aplicada.

3.3. Unidad de estudio

Calidad de agua proveniente de los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo pasada a través de los filtros con carbón activado.

3.4. Población

Muestra por conveniencia: Calidad de agua proveniente de los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo pasada a través de los filtros con carbón activado.

3.5. Muestra (muestreo o selección)

El tipo de muestra no es probabilístico, agua proveniente de los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo pasado por el filtro de carbón activado.

3.6. Recursos

3.6.1. Recursos Humanos

Investigador: Infante Chipile Denis

Asesor: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

3.6.2. Materiales

Barril plástico de 200 L (HDPE)

Abrazadera PVC de 2" a 1/2"

Tapón PVC SAP de 1/2" macho

Adaptador PVC SAP 2"

Unión PVC SAP 2" c/rosca

Adaptador p/tanque hidro 3 de 1 1/2" C/R

Reducción campana PVC de 2" a 1 1/2"

Cinta teflón 1/2"

Tubo PVC SAP 2" x 5 mts CL – 7.5

Cono de pavilo chico

Carbón activado granular (GAC 1240 W)

3.6.3. Servicios

Empastado

Fotocopias

Internet

Movilidad

3.7. Presupuesto

Tabla n°. 5: presupuesto para proyecto de investigación.

Recursos	Unidad	Cantidad	Precio U. (S/.)	Parcial (S/.)
Anillado	Servicio	1	S/. 10.00	S/. 10.00
Folder	unidad	4	S/. 1.00	S/. 4.00
Fotocopiado	servicio	50	S/. 0.20	S/. 10.00
Barril Plastico 200 L	unidad	3	S/. 130.00	S/. 390.00
Impresiones	servicio	50	S/. 0.60	S/. 30.00
Internet	Servicio	1	S/. 120.00	S/. 120.00
Carbón activado granular	Kilogramos	75	S/. 12.00	S/. 900.00
Accesorio para el tanque	Unidad	1	S/. 150.00	S/. 150.00
Movilidad	Servicio	6	S/. 83.33	S/. 500.00
Pruebas de laboratorio	Servicio	12	S/. 100.00	S/. 1200.00
TOTAL				S/. 3,314.00

Fuente: Elaboración propia, 2017.

El financiamiento se asumirá con recursos propios del investigador.

3.8. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.8.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.8.1.1. Ubicación del filtro de carbón activado

Aqueous Solutions, 2017, menciona que la gravedad es la manera más fácil y más confiable para mover el agua. Idealmente, el sistema de agua está situado sobre un suelo estable y nivelado a una menor elevación de la fuente de agua y una elevación más alta que el lugar donde se utiliza el agua tratada.

3.8.1.2. Lista de materiales y plomería

Tabla n°. 6: Lista de materiales y plomería.

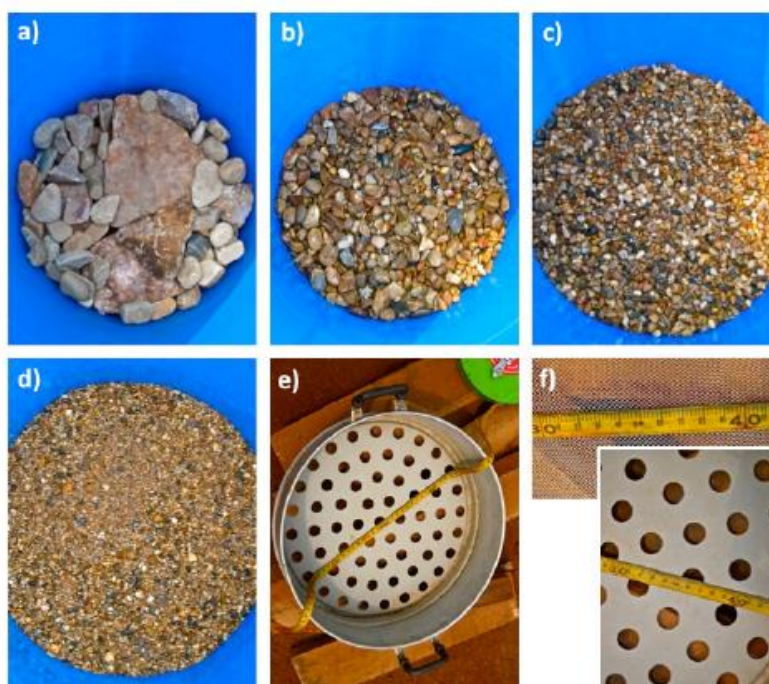
Lista de materiales y plomería	Cantidad total
Barril plástico de 200 L (HDPE)	3
Abrazadera PVC de 2" a 1/2"	6
Tapón PVC SAP de 1/2" macho	6
Adaptador PVC SAP 2"	3
Unión PVC SAP 2" c/rosca	3
Adaptador p/tanque hidro 3 de 1 1/2" C/R	3
Reducción campana PVC de 2" a 1 1/2"	3
Cinta teflón 1/2"	5
Cono de pavilo chico	1
Tubo PVC SAP 2" x 5 mts CL – 7.5	1

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.8.1.3. Construcción de los filtros de carbón

Aqueous Solutions, 2017, en su investigación menciona que las piedras grandes se utilizan para proteger la tubería de drenaje ranurado (a). La parte inferior ~30 cm del tanque se llena a continuación con capas secuenciales de grava (b), gravilla (c), y arena gruesa (d). La parte superior de una olla de vapor con agujeros ~ 16 mm de diámetro. ((e) y (f)) se puede utilizar para tamizar grava mezclada del río para obtener la fracción de gravilla. Malla de ventana (f) se puede utilizar para obtener fracciones gruesas y finas de arena del río.

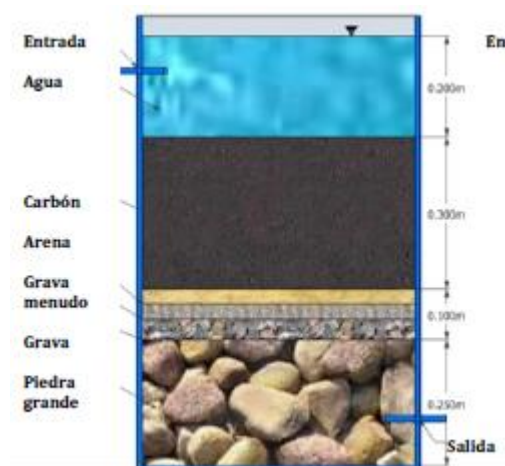
Figura n°. 9: Materiales usado en los filtros.



Fuente: Aqueous Solutions, 2017.

La arena fina o carbón se coloca entonces en una capa de 30-40 cm de espesor en la parte superior del drenaje inferior, dejando ~ 15 cm de agua encima de los agregados. Es importante maximizar el nivel de agua en los tanques para usar todo el volumen del sistema y obtener el flujo máximo posible en el sistema. El siguiente diagrama indica las profundidades apropiadas para el drenaje y filtro (Aqueous Solutions, 2017).

Figura n°. 10: Diagrama de profundidades apropiadas para el filtro de carbón activado.



Fuente: Aqueous Solutions, 2017.

En este caso se reemplazará la piedra grande por grava de $\frac{3}{4}$ " de diámetro; los espesores para la gravilla y carbón activo se sigue considerando los mismos mencionados anteriormente.

3.8.1.4. Coliformes totales

Tabla n°. 7: Técnica de recolección de datos para ensayo de Coliformes totales.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Coliformes totales.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.8.1.5. Coliformes termotolerantes

Tabla n°. 8: Técnica de recolección de datos para ensayo de Coliformes termotolerantes.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Coliformes termotolerantes.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.8.1.6. Color

Tabla n°. 9: Técnica de recolección de datos para ensayo de Color.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Color.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.8.1.7. Turbiedad

Tabla n°. 10: Técnica de recolección de datos para ensayo de Turbiedad.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Turbiedad.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.8.1.8. Residual de desinfectante

Tabla n°. 11: Técnica de recolección de datos para ensayo de Residual de desinfectante.

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
Residual de desinfectante.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.8.1.9. PH (Potencial de hidrógeno)

Tabla n°. 12: Técnica de recolección de datos para ensayo de pH (Potencial de hidrógeno).

Ensayos	Fuente	Análisis	Instrumento
pH.	Muestras obtenidas en campo.	Análisis en laboratorio regional del agua.	Protocolo establecido por laboratorio regional del agua.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.8.2. Procedimientos de recolección de datos

El Ministerio de salud, 2011, menciona que las pruebas analíticas deben realizarse en laboratorios que tengan como responsables de los análisis a profesionales colegiados habilitados de ciencias e ingeniería, además deben contar con métodos, procedimientos y técnicas debidamente confiables y basados en métodos normalizados para el análisis de agua para consumo humano de reconocimiento internacional, en donde aseguren que los límites de detección del métodos para cada parámetro o analizar estén por debajo de los límites máximos permisibles señalados en el presente reglamento.

Todos los ensayos mencionados anteriormente se realizaron cuatro veces en cada captación, se obtuvo muestras antes y después del filtro de carbón activado.

3.9. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Con los resultados obtenidos se elaborara el análisis de datos haciendo uso de graficas de columnas.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Resultados fisicoquímico y microbiológicos del informe de Laboratorio Regional del Agua

4.1.1. Resultados captación 1

En la tabla n°. 13 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 1 ubicada en el caserío Maraynillo.

Tabla n°. 13: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Captación 1

Ensayos	Limite Máximo Permisible	Captación 1			
		Afluente	Efluente		
			Semana 1	Semana 2	Semana 3
Turbidez (NTU)	5	16.52	0.42	0.17	4.74
pH a 25° C (pH)	15	6.16	9.83	6.64	6.87
Color Verdadero (UC)	6.5 a 8.5	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	79	23	0	0
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.5	0	0	0	0

Fuente: Laboratorio Regional del Agua, 2017.

4.1.2. Resultado captación 2

En la tabla n°. 14 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 2 ubicada en el caserío Maraynillo.

Tabla n°. 14: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Captación 2

Ensayos	Limite Máximo Permisible	Captación 2			
		Afluente	Efluente		
			Semana 1	Semana 2	Semana 3
Turbidez (NTU)	5	7.47	0.4	0.26	0.54
pH a 25° C (pH)	15	6.09	7.7	6.11	6.2
Color Verdadero (UC)	6.5 a 8.5	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	140	0	0	0
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.5	7.8	0	0	0

Fuente: Laboratorio Regional del Agua, 2017.

4.1.3. Resultado captación 3

En la tabla n°. 15 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 3 ubicada en el caserío Maraynillo.

Tabla n°. 15: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Captación 3

Ensayos	Limite Máximo Permissible	Captación 3			
		Afluente	Efluente		
			Semana 1	Semana 2	Semana 3
Turbidez (NTU)	5	4.6	1.22	0.36	0.94
pH a 25° C (pH)	15	6.09	7.13	6.26	6.29
Color Verdadero (UC)	6.5 a 8.5	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Coliformes Totales (NMP/100mL)	<1.5	33	0	10	0
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1.5	0	0	0	0

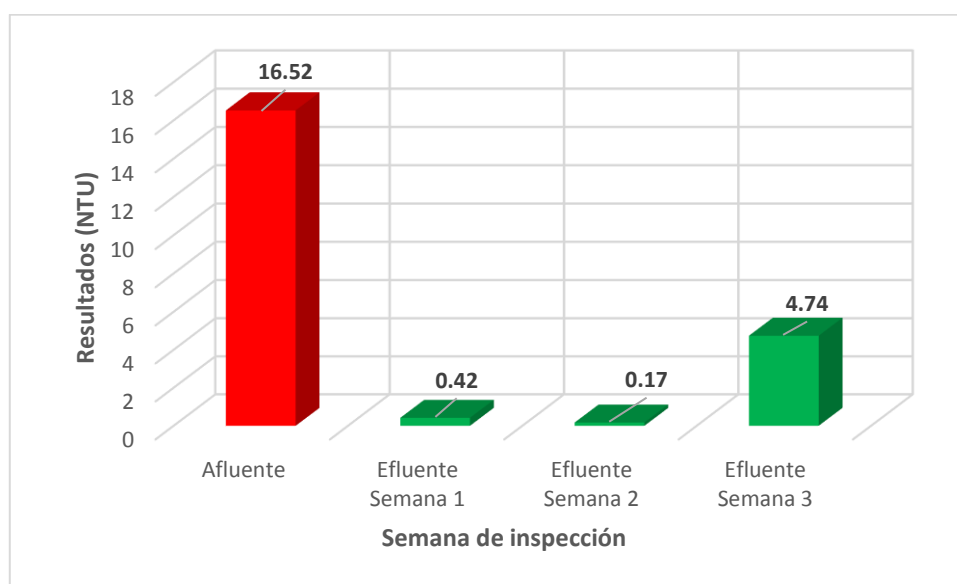
Fuente: Laboratorio Regional del Agua, 2017.

4.2. Resultados de turbidez del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas.

4.2.1. Resultados - captación 1

En la figura n°. 11 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 1 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 16.52 NTU en la entrada del filtro, 0.42 en la primera semana, 0.17 en la segunda semana y 4.74 en la tercera semana.

Figura n°. 11: Resultados de turbidez – Captación 1

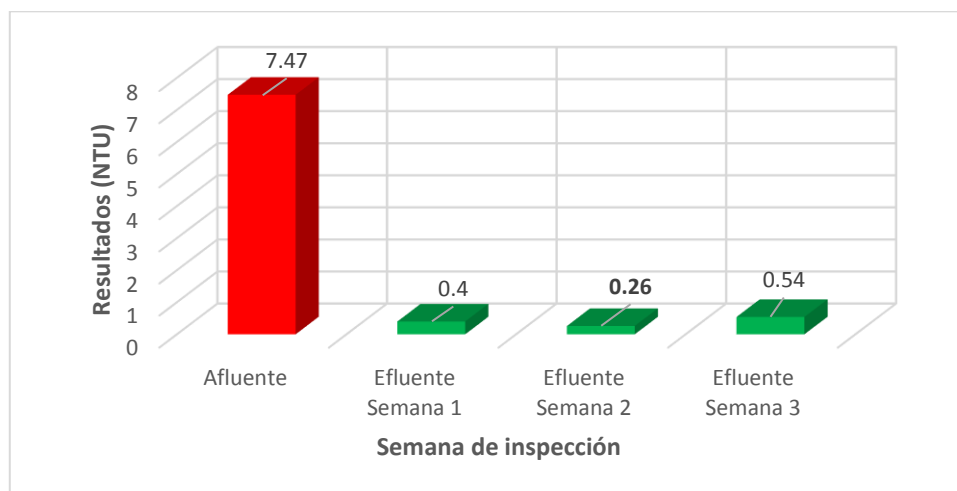


Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.2.2. Resultados - captación 2

En la figura n°. 12 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 2 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 7.47 NTU en la entrada del filtro, 0.40 en la primera semana, 0.26 en la segunda semana y 0.54 en la tercera semana.

Figura n°. 12: Resultados de turbidez – Captación 2

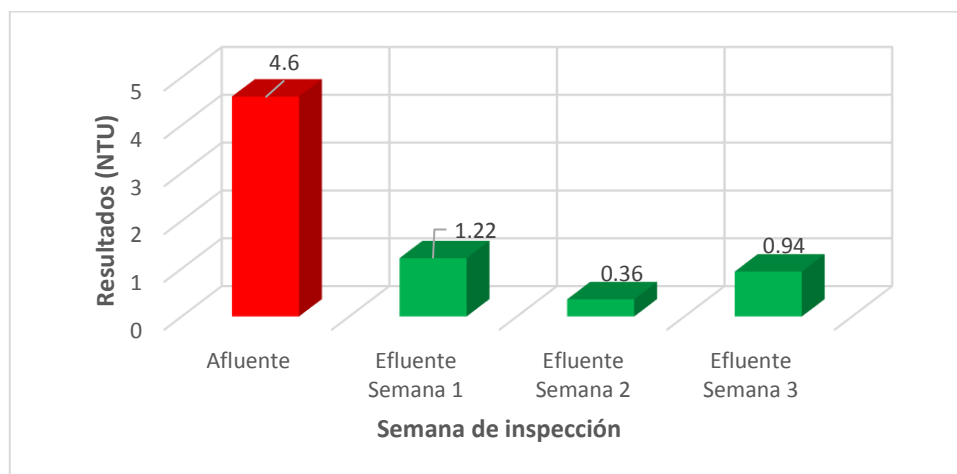


Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.2.3. Resultados - captación 3

En la figura n°. 13 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 3 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 4.60 NTU en la entrada del filtro, 1.22 en la primera semana, 0.36 en la segunda semana y 0.94 en la tercera semana.

Figura n°. 13: Resultados de turbidez – Captación 3



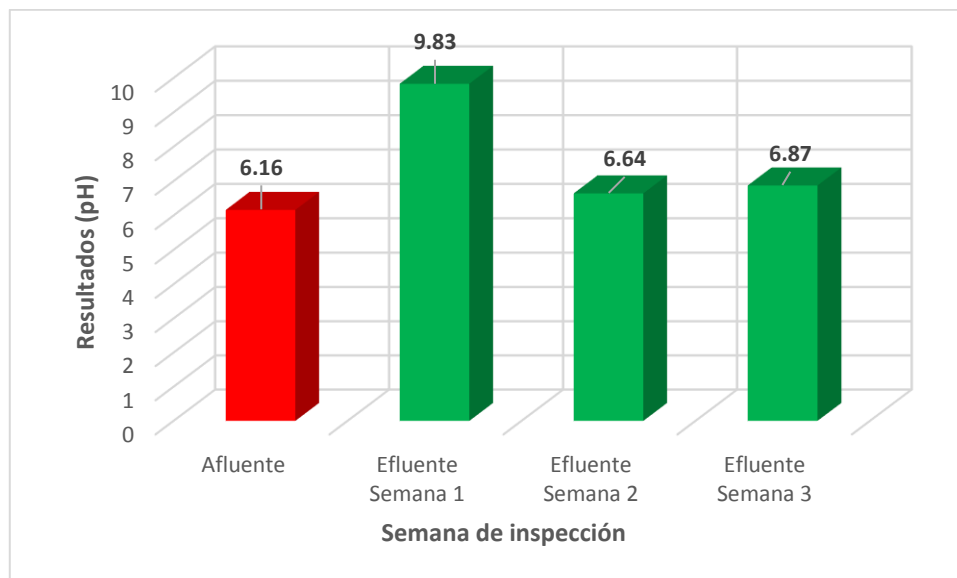
Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.3. Resultados de pH a 25° C del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas.

4.3.1. Resultados - captación 1

En la figura n°. 14 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 1 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 6.16 pH en la entrada del filtro, 9.83 en la primera semana, 6.64 en la segunda semana y 6.87 en la tercera semana.

Figura n°. 14: Resultados de pH a 25° C – Captación 1

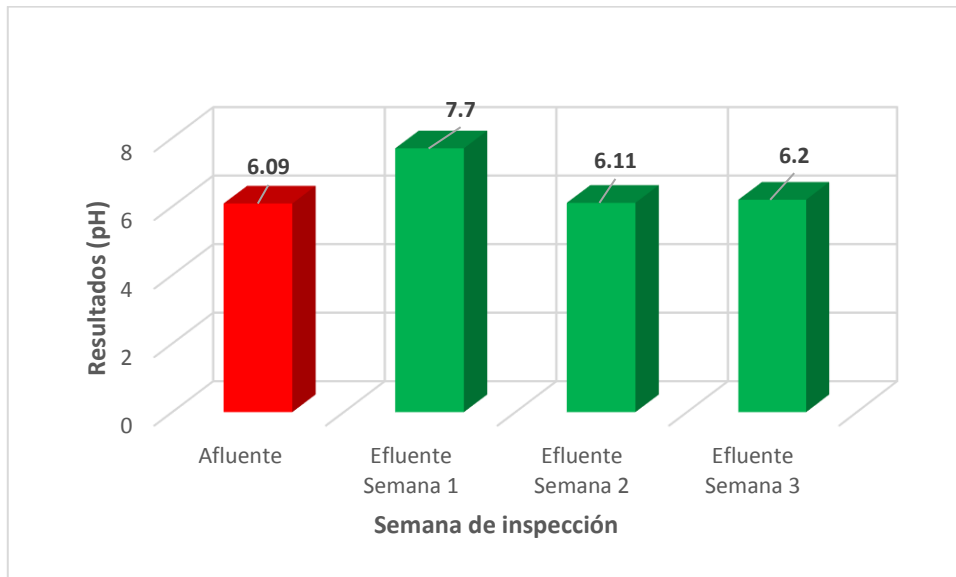


Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.3.2. Resultados - captación 2

En la figura n°. 15 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 2 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 6.09 pH en la entrada del filtro, 7.70 en la primera semana, 6.11 en la segunda semana y 6.20 en la tercera semana.

Figura n°. 15: Resultados de pH a 25° C – Captación 2

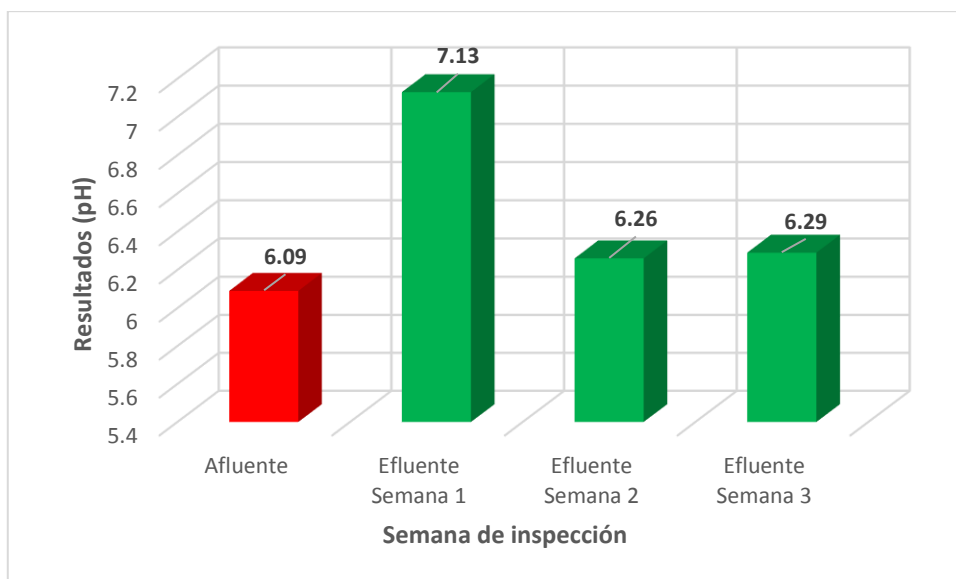


Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.3.3. Resultados - captación 3

En la figura n°. 16 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 3 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 6.09 pH en la entrada del filtro, 7.13 en la primera semana, 6.26 en la segunda semana y 6.29 en la tercera semana.

Figura n°. 16: Resultados de pH a 25° C – Captación 3

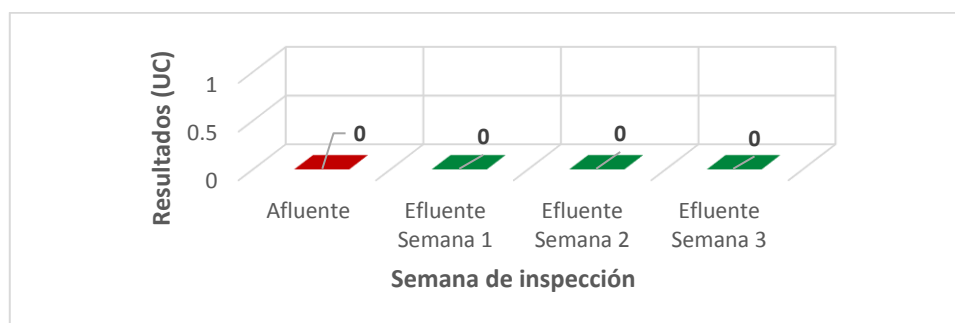


Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.4. Resultados de Color verdadero del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas.

En la figura n°. 17 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de las 3 captaciones ubicadas en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor contante de 0 UC antes y después del filtro.

Figura n°. 17: Resultados de Color verdaderos – Captación 1, 2 y 3



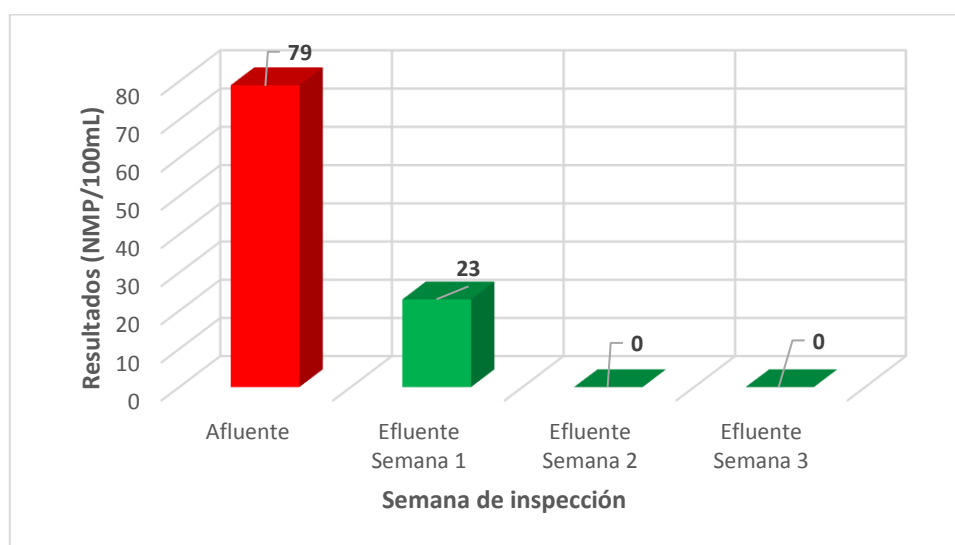
Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.5. Resultados de Coliformes Totales del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas.

4.5.1. Resultados - captación 1

En la figura n°. 18 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 1 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 79 NMP/100mL en la entrada del filtro, 23 en la primera semana, 0 en la segunda semana y 0 en la tercera semana.

Figura n°. 18: Resultados de Coliformes Totales – Captación 1

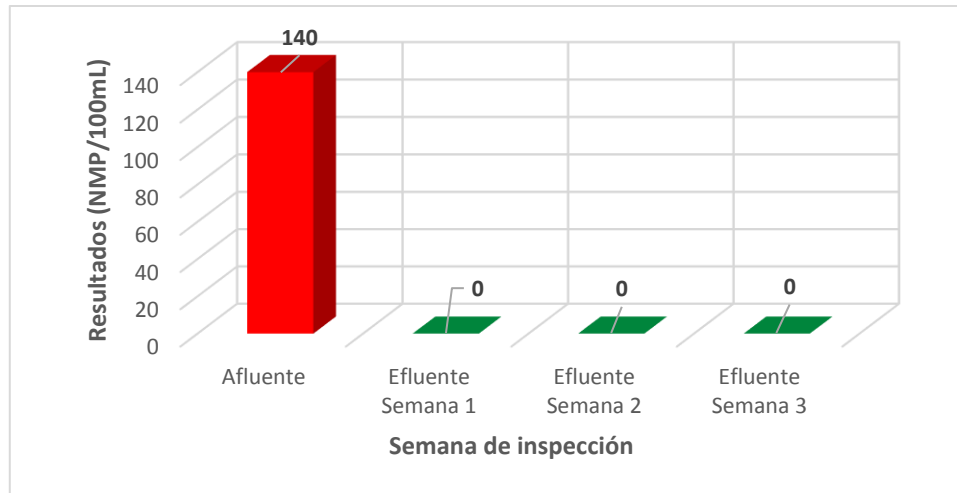


Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.5.2. Resultados - captación 2

En la figura n°. 19 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 2 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 140 NMP/10mL en la entrada del filtro, 0 en la primera semana, 0 en la segunda semana y 0 en la tercera semana.

Figura n°. 19: Resultados de Coliformes Totales – Captación 2

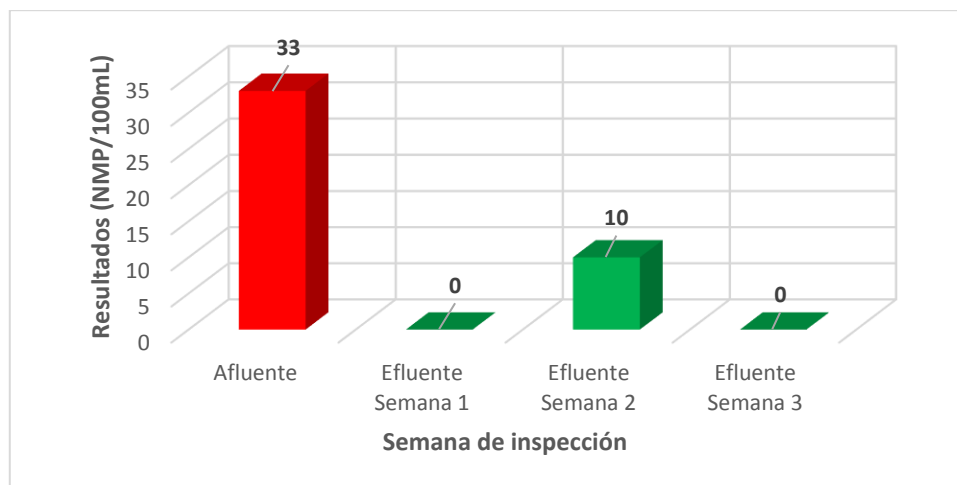


Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.5.3. Resultados - captación 3

En la figura n°. 20 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 3 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 33 NMP/10mL en la entrada del filtro, 0 en la primera semana, 10 en la segunda semana y 0 en la tercera semana.

Figura n°. 20: Resultados de Coliformes Totales – Captación 3



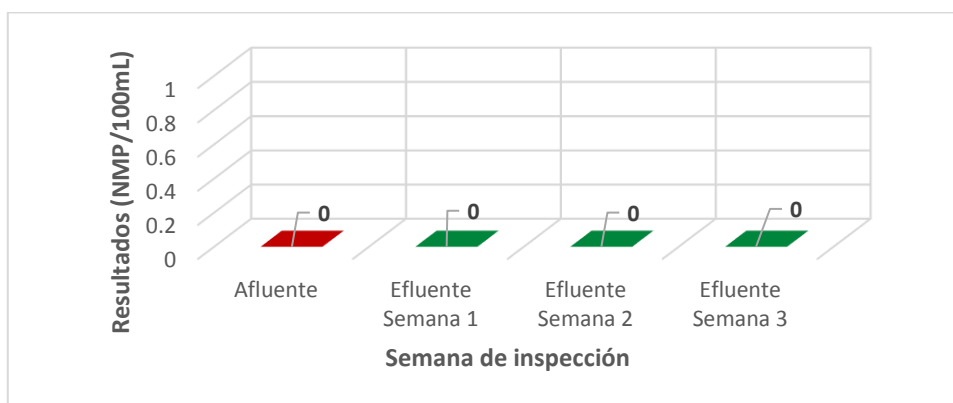
Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.6. Resultados de Coliformes Termotolerantes del informe de Laboratorio Regional del Agua mediante grafico de columnas.

4.6.1. Resultados - captación 1 y 3

En la figura n°. 21 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de las 3 captaciones ubicadas en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor contante de 0 NMP/100mL antes y después del filtro.

Figura n°. 21: Resultados Coliformes Termotolerantes – Captación 1 y 3

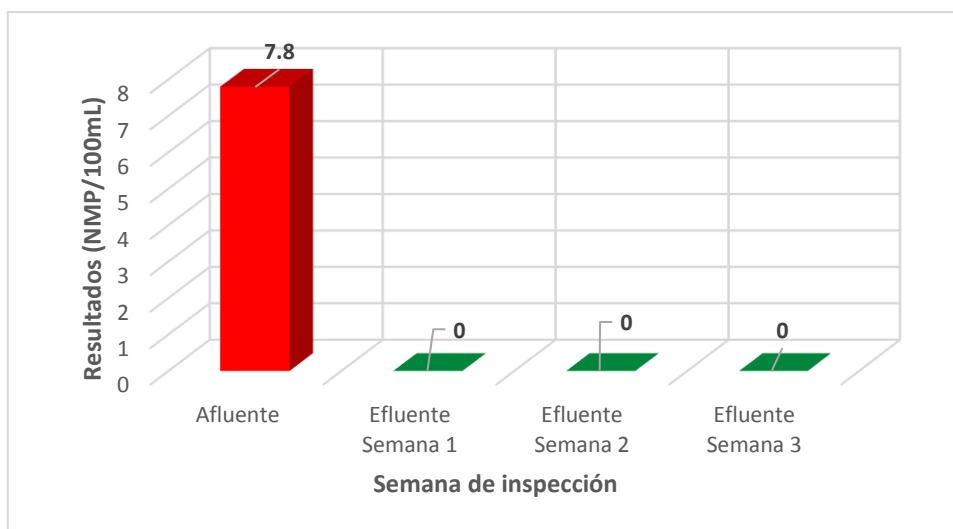


Fuente: Elaboración propia, 2017.

4.6.2. Resultados - captación 2

En la figura n°. 22 se muestran los resultados obtenidos del muestreo durante 3 semanas (1 día por semana) de la captación 1 ubicada en el caserío Maraynillo, obteniendo un valor de 7.8 NMP/10mL en la entrada del filtro, 0 en la primera semana, 0 en la segunda semana y 0 en la tercera semana.

Figura n°. 22: Resultados Coliformes Termotolerantes – Captación 2



Fuente: Elaboración propia, 2017.

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos, porcentajes de las 3 captaciones

Según el reglamento de la calidad del agua, 2011, son 6 los parámetros de control obligatorio (PCO) siendo:

1. Coliformes totales
2. Coliformes termotolerantes
3. Color
4. Turbiedad
5. Residual de desinfectante
6. pH

Para efecto de esta investigación se analizaron todos los parámetros mencionados anteriormente a excepción de residual de desinfectante ya que las muestras se toman posterior a la caja de válvulas de cada captación donde no tiene ningún tipo de contacto con desinfectantes.

En la tabla n°. 16 se muestran los resultados promedios obtenidos de los cinco parámetros, en las tres captaciones ubicadas en el caserío Maraynillo cuyo muestreo se realizó durante 3 semanas (1 día por semana).

5.1.1. Porcentajes - captación 1

En la tabla n°.16 se muestran los resultados obtenidos en porcentaje de los cinco parámetros, en la captación 1 ubicada en el caserío Maraynillo cuyo muestreo se realizó durante 3 semanas (1 día por semana).

Tabla n°. 16: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Porcentajes de datos en la captación 1

Ensayos	Captación 1			
	Afluente	Efluente		
		Semana 1	Semana 2	Semana 3
Turbidez (NTU)	100%	2.54 %	1.03 %	28.69 %
pH a 25° C (pH)	100%	159.58 %	107.79 %	111.53 %
Color Verdadero (UC)	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Coliformes Totales (NMP/100mL)	100%	29.11 %	0.00 %	0.00 %
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	100%	0.00 %	0.00 %	0.00 %

Fuente: Elaboración propia, 2017.

5.1.2. Porcentajes - captación 2

En la tabla n°. 17 se muestran los resultados obtenidos en porcentaje de los cinco parámetros, en la captación 2 ubicada en el caserío Maraynillo cuyo muestreo se realizó durante 3 semanas (1 día por semana).

Tabla n°. 17: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Porcentajes de datos en la captación 2

Ensayos	Captación 2			
	Afluente	Efluente		
		Semana 1	Semana 2	Semana 3
Turbidez (NTU)	100%	5.35 %	3.48 %	7.23 %
pH a 25° C (pH)	100%	126.44 %	100.33 %	101.81 %
Color Verdadero (UC)	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Coliformes Totales (NMP/100mL)	100%	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	100%	0.00 %	0.00 %	0.00 %

Fuente: Elaboración propia, 2017.

5.1.3. Porcentajes - captación 3

En la tabla n°. 18 se muestran los resultados obtenidos en porcentaje de los cinco parámetros, en la captación 3 ubicada en el caserío Maraynillo cuyo muestreo se realizó durante 3 semanas (1 día por semana).

Tabla n°. 18: Resultados fisicoquímicos y microbiológicos – Porcentajes de datos en la captación 3

Ensayos	Captación 3			
	Afluente	Efluente		
		Semana 1	Semana 2	Semana 3
Turbidez (NTU)	100%	26.52 %	7.83 %	20.43 %
pH a 25° C (pH)	100%	117.08 %	102.79 %	103.28 %
Color Verdadero (UC)	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Coliformes Totales (NMP/100mL)	100%	0.00 %	30.30 %	0.00 %
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	100%	0.00 %	0.00 %	0.00 %

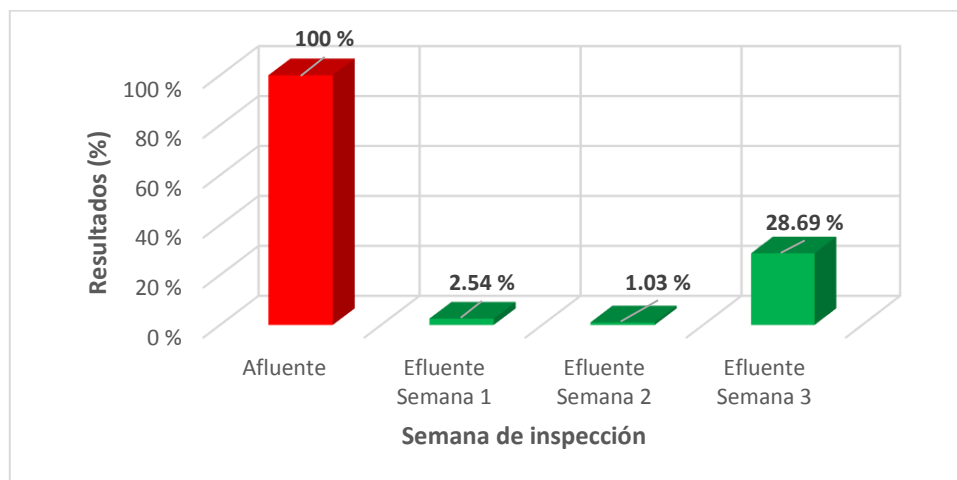
Fuente: Elaboración propia, 2017.

5.2. Resultados de turbidez – porcentajes de las 3 captaciones

5.2.1. Porcentajes turbidez - captación 1

Teniendo como base de datos las tabla n°. 16, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a turbidez mejora a 2.54%, en la segunda semana mejora a 1.03%, finalmente la semana tres sube la turbidez con un porcentaje de 28.69%.

Figura nº. 23: Porcentajes turbidez – captación 1



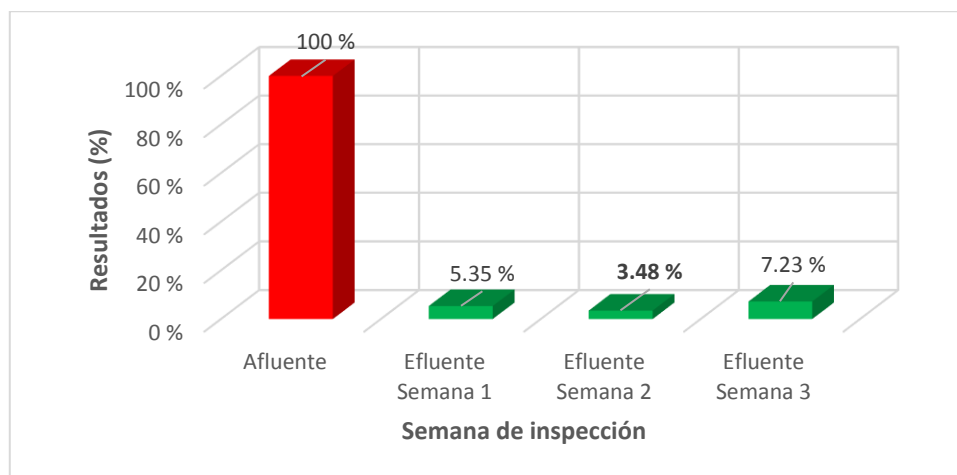
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para turbidez es 5 UNT (Unidad nefelométrica de turbiedad), obteniendo de los resultados un valor máximo de 4.74 UNT en la tercera semana, estando dentro del rango permitido, se aprecia una mejora en más del 70% con respecto al valor inicial del afluente.

5.2.2. Porcentajes turbidez - captación 2

Teniendo como base de datos las tabla nº. 17, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a turbidez mejora a 5.35%, en la segunda semana mejora a 3.48%, finalmente la semana tres sube la turbidez con un porcentaje de 7.23%.

Figura nº. 24: Porcentajes turbidez – captación 2



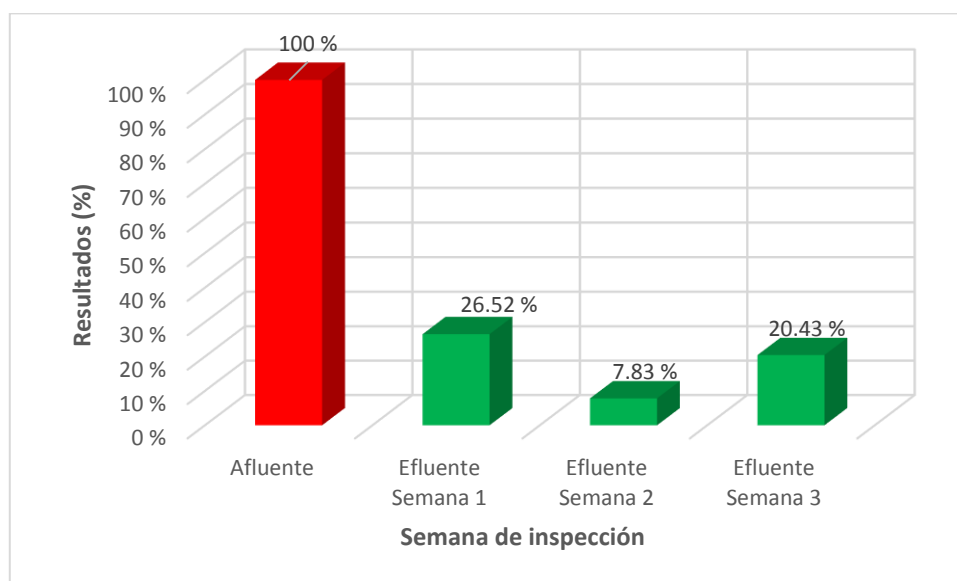
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para turbidez es 5 UNT (Unidad nefelométrica de turbiedad), obteniendo de los resultados un valor máximo de 0.54 UNT en la tercera semana, estando dentro del rango permitido, se aprecia una mejora en más del 90% con respecto al valor inicial del afluente.

5.2.3. Porcentajes turbidez - captación 3

Teniendo como base de datos las tabla n°. 18, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a turbidez mejora a 26.52%, en la segunda semana mejora a 7.83%, finalmente la semana tres sube la turbidez con un porcentaje de 20.43%.

Figura n°. 25: Porcentajes turbidez – captación 3



Fuente: Elaboración propia, 2017.

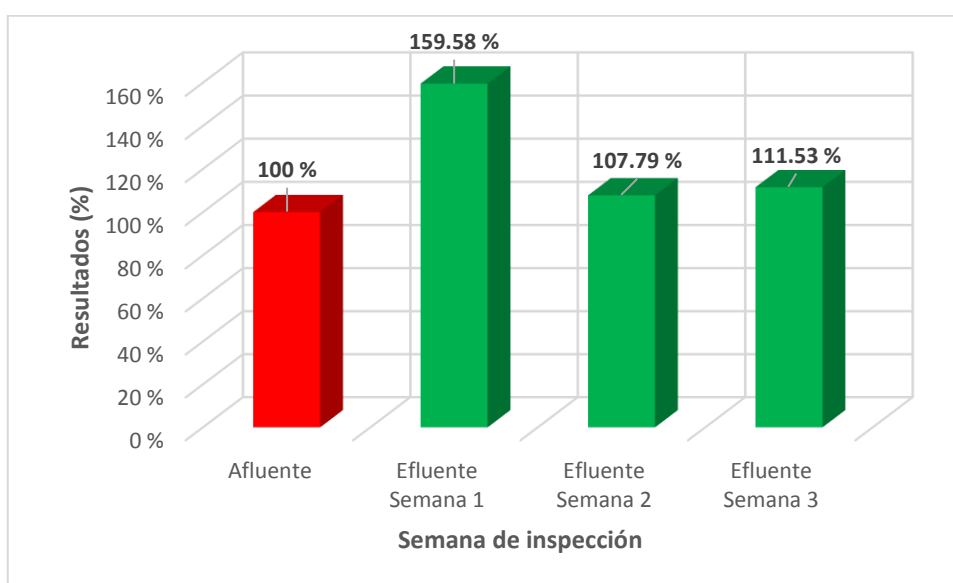
En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para turbidez es 5 UNT (Unidad nefelométrica de turbiedad), obteniendo de los resultados un valor máximo de 0.94 UNT en la tercera semana, estando dentro del rango permitido, se aprecia una mejora en más del 70% con respecto al valor inicial del afluente.

5.3. Resultados de pH a 25° C – porcentajes de las 3 captaciones

5.3.1. Porcentajes pH a 25° C - captación 1

Teniendo como base de datos las tabla n°. 16, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a pH aumenta a 159.58%, en la segunda semana baja nuevamente su porcentaje a 107.79%, finalmente la semana tres sube mínimamente con respecto a la semana 2 con un porcentaje de 111.53%.

Figura n°. 26: Porcentajes pH a 25°C – captación 1



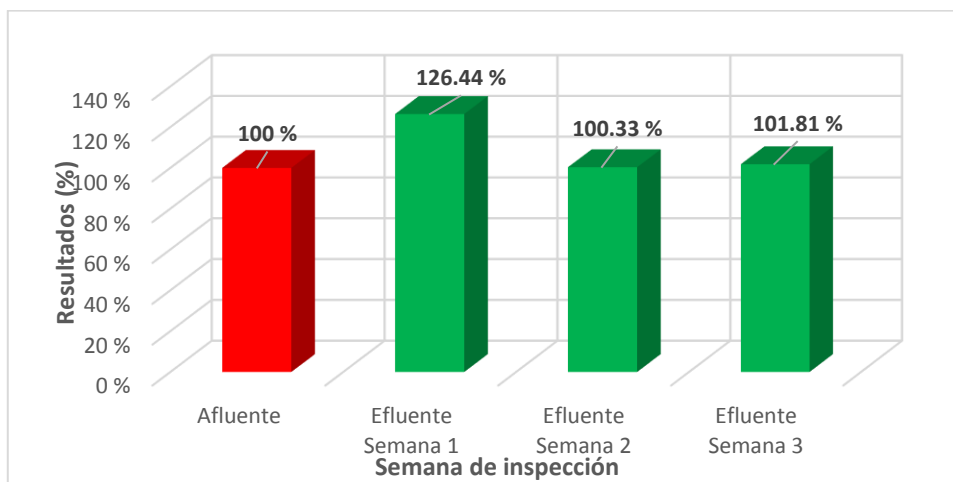
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el rango de valores para pH esta entre los 6.5 a 8.5 pH (Potencial de hidrógeno), obteniendo de los resultados valores entre 6.64 pH y 9.83 pH, se aprecia una aumento drástico en la semana 1, en más del 59.58% con respecto al valor inicial del afluente. Las siguientes semanas los valores bajaron a 107.79% y 111.53%.

5.3.2. Porcentajes pH a 25° C - captación 2

Teniendo como base de datos las tabla n°. 17, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a pH aumenta a 126.44%, en la segunda semana baja nuevamente su porcentaje a 100.33%, finalmente la semana tres sube mínimamente con respecto a la semana 2 con un porcentaje de 101.81%.

Figura nº. 27: Porcentajes pH a 25°C – captación 2



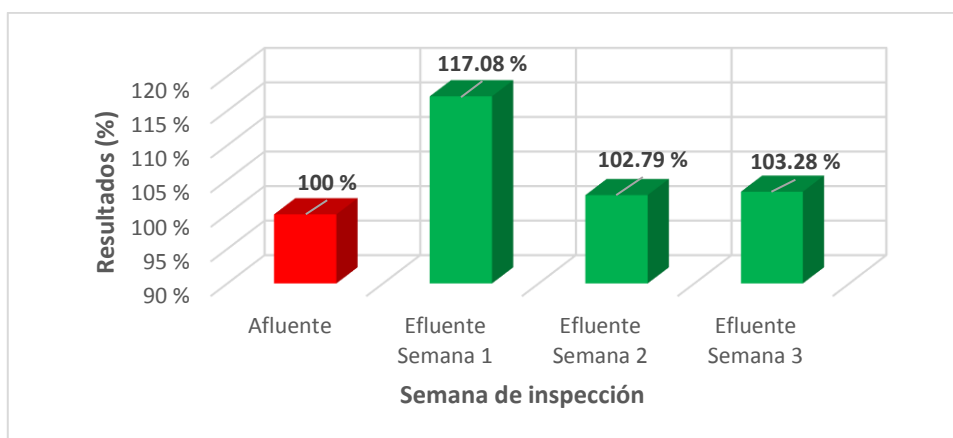
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el rango de valores para pH esta entre los 6.5 a 8.5 pH (Potencial de hidrógeno), obteniendo de los resultados valores entre 6.2 pH y 7.11 pH, se aprecia una aumento drástico en la semana 1, en más del 26.44% con respecto al valor inicial del afluente. Las siguientes semanas los valores bajaron a 100.33% y 101.81%.

5.3.3. Porcentajes pH a 25° C - captación 3

Teniendo como base de datos las tabla nº. 18, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a pH aumenta a 117.08%, en la segunda semana baja nuevamente su porcentaje a 102.79%, finalmente la semana tres sube mínimamente con respecto a la semana 2 con un porcentaje de 103.28%.

Figura nº. 28: Porcentajes pH a 25°C – captación 3



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el rango de valores para pH esta entre los 6.5 a 8.5 pH (Potencial de hidrogeno), obteniendo de los resultados valores entre 6.26 pH y 7.13 pH, se aprecia una aumento drástico en la semana 1, en más del 17.08% con respecto al valor inicial del afluente. Las siguientes semanas los valores bajaron a 102.79% y 103.28%.

5.4. Resultados de Color verdadero de las 3 captaciones

En la tabla n°. 16, 17 y 18 se muestran los resultados obtenidos de las tres captaciones ubicadas en el caserío Maraynillo cuyo muestreo se realizó durante 3 semanas (1 día por semana), obteniendo un valor constante de 0 UC (Unidad de color) en la entrada del filtro, 0 en la primera semana, 0 en la segunda semana y 0 en la tercera semana.

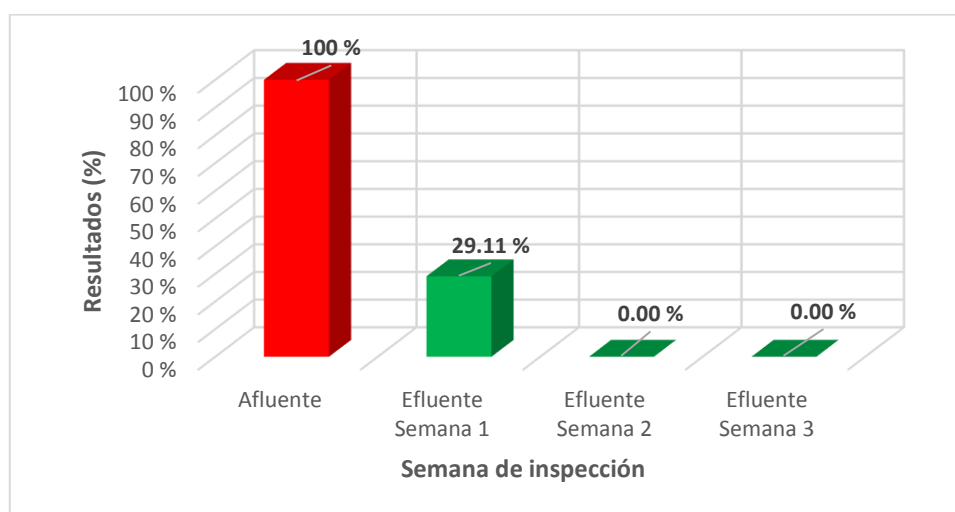
En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para color verdadero es 15 UC (Unidad de color), obteniendo de los resultados un valor constante de 0, por lo tanto el agua no cuenta con problemas en Color verdadero.

5.5. Resultados de Coliformes Totales – porcentajes de las 3 captaciones

5.5.1. Porcentajes Coliformes Totales - captación 1

Teniendo como base de datos las tabla n°. 16, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a Coliformes Totales disminuye significativamente a 29.11%, en la segunda semana baja nuevamente su porcentaje a 0.00%, finalmente la semana tres mantiene su valor con respecto a la semana 2 con un porcentaje de 0.00%.

Figura n°. 29: Porcentajes Coliformes Totales – Captación 1



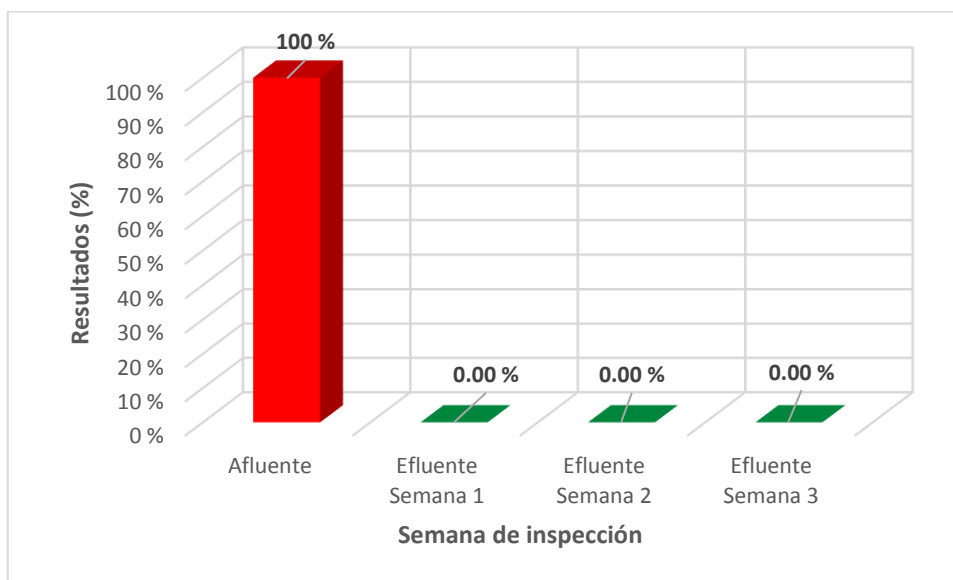
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para Coliformes Totales es <1.8 NMP/100mL (Número más probable), obteniendo de los resultados valores de 23 NMP/100mL en la semana 1, bajando a 0 en la semana 2 y 3, se aprecia una disminución drástico en la semana 1, de 100% a 29.11%, posteriormente obteniendo un porcentaje de 0, es decir el agua se encuentra libre de presencia de Coliformes Totales, cumpliendo con los parámetros establecidos en el reglamento.

5.5.2. Porcentajes Coliformes Totales - captación 2

Teniendo como base de datos las tabla nº. 17, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a Coliformes Totales disminuye significativamente a 0%, en la segunda y tercera semana mantiene su porcentaje de 0.00 %.

Figura nº. 30: Porcentajes Coliformes Totales – Captación 2



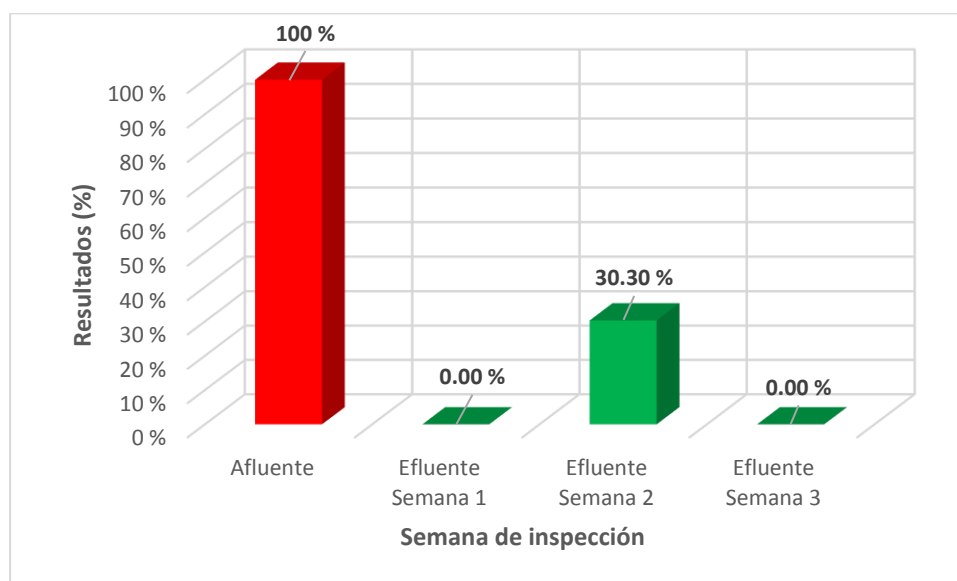
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para Coliformes Totales es <1.8 NMP/100mL (Número más probable), obteniendo de los resultados no presencia de Coliformes Totales en la semana 1, manteniéndose en la semana 2 y 3, se aprecia una disminución drástico en la semana 1, de 100% a 0.00%, para posteriormente mantener su porcentaje de 0, es decir el agua se encuentra libre de presencia de Coliformes Totales, cumpliendo con los parámetros establecidos en el reglamento.

5.5.3. Porcentajes Coliformes Totales - captación 3

Teniendo como base de datos las tabla n°. 18, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a Coliformes Totales disminuye significativamente a 0.00%, en la segunda semana sube su porcentaje a 30.30%, finalmente la semana tres nuevamente baja su valor con respecto a la semana 2 con un porcentaje de 0.00%.

Figura n°. 31: Porcentajes Coliformes Totales – Captación 3



Fuente: Elaboración propia, 2017.

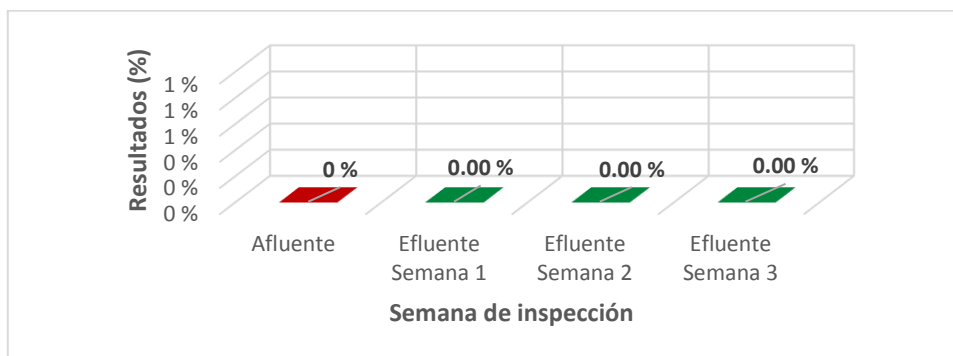
En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para Coliformes Totales es <math><1.8 \text{ NMP}/100\text{mL}</math> (Número más probable), obteniendo de los resultados valores de 10 NMP/100mL en la semana 2, bajando a 0 en la semana 1 y 3, se aprecia una disminución drástico en la semana 1, de 100% a 0.00%, posteriormente obteniendo un porcentaje de 30.30% y en la semana 3 un valor de 0.00%, es decir el agua se encuentra libre de presencia de Coliformes Totales, cumpliendo con los parámetros establecidos en el reglamento.

5.6. Resultados de Coliformes Termotolerantes – porcentajes de las 3 captaciones

5.6.1. Porcentajes Coliformes Termotolerantes - captación 1 y 3

Teniendo como base de datos las tabla n°. 16 y 18, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), no se observa presencia de Coliformes Termotolerantes, manteniéndose así en las siguientes semanas.

Figura nº. 32: Porcentajes Coliformes Termotolerantes – captación 1 y 3



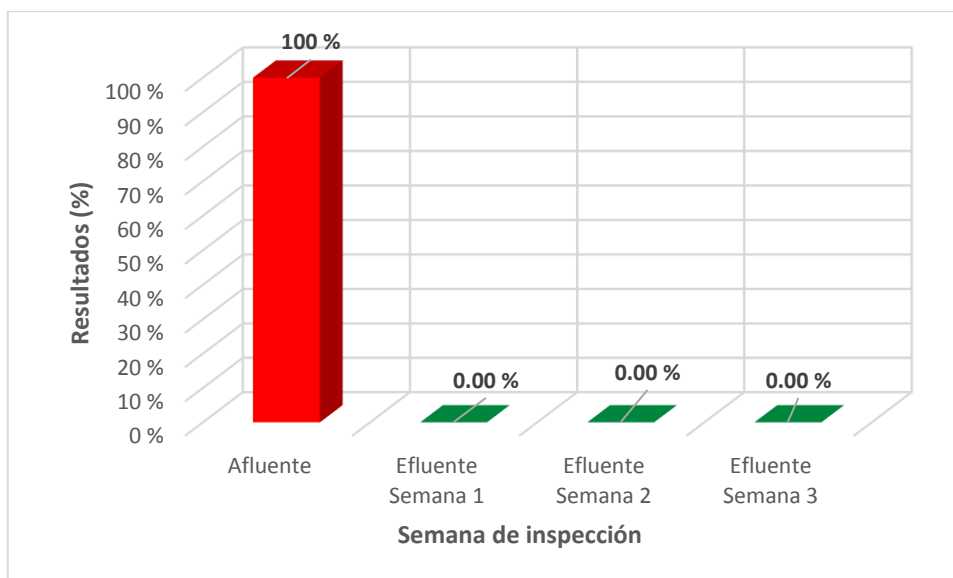
Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para Coliformes Termotolerantes es <math><1.8 \text{ NMP}/100\text{mL}</math> (Número más probable), obteniendo de los resultados valores constantes de 0 NMP/10mL en la semana 1, 2 y 3, es decir el agua se encuentra libre de presencia de Coliformes Termotolerantes, cumpliendo con los parámetros establecidos en el reglamento.

5.6.2. Porcentajes Coliformes Termotolerantes - captación 2

Teniendo como base de datos las tabla nº. 17, se toma como 100% al valor del afluente que vendría a ser el valor de la muestra antes del filtro (afluente), se observa que a la semana 1 la calidad del agua con respecto a Coliformes Termotolerantes disminuye significativamente a 0.00%, manteniéndose en la segunda y tercera semana.

Figura nº. 33: Porcentajes Coliformes Termotolerantes – captación 2



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el Reglamento de la calidad del agua, 2011, el límite máximo permisible para Coliformes Termotolerantes es <1.8 NMP/100mL (Número más probable), obteniendo de los resultados valores constantes de 0 NMP/10mL en la semana 1, 2 y 3, es decir el agua se encuentra libre de presencia de Coliformes Termotolerantes, cumpliendo con los parámetros establecidos en el reglamento.

CONCLUSIONES

1. Se comprobó y cumplió con la hipótesis establecida: el agua tratada con carbón activo granular proveniente en los manantiales ubicados en el caserío Maraynillo mejora las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas. Obteniendo un agua purificada apta para el consumo humano en cuanto a los cinco parámetros de control obligatorio (PCO), ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos o valores máximos permisibles establecidos por el Reglamento de la calidad del agua, 2011.
2. Se elaboró tres filtros con materiales locales, tales como un barril plástico con una capacidad de 200l (HDPE) con un diámetro de 0.50 m y una altura de 1.10 m, abrazadera PVC de 2" a 1½", Adaptadores para tanque de 1½" con rosca, reducción campana de PVC de 2" a 1½", entre otros; asimismo se hizo uso de agregados tales como: 0.25 m de grava de ¾" de diámetro, 0.10 m de gravilla de la malla N° 04 y finalmente una capa de 30 cm de carbón activo con una granulometría de 12x40 usado en tratamientos de agua y líquidos en general.
3. Se determinaron las propiedades físicas tales como turbidez y color verdadero; bajando hasta un máximo de 2.54% con respecto a la muestra patrón (afluente) en lo que es turbidez, con respecto al color verdadero los valores se encuentran menor al límite de cuantificación de métodos del laboratorio establecido (Laboratorio Regional del Agua); la propiedad química pH a 25° C, obteniendo un aumento máximo hasta el 159.58% en la primera semana, volviéndolo más alcalino o básico el pH del agua, sin embargo no llega al valor ideal siendo 7 que vendría a ser un valor neutro ni tan ácido ni tan básico; las propiedades biológicas como: bacterias coliformes totales y bacterias termotolerantes o fecales; con respecto a Coliformes totales el filtro actúa efectivamente bajando el valor de 100% a 29.11% en la primera semana en la captación 1, 30.30% en la segunda semana en la captación 3 y 0% en la última semana obteniendo un agua libre de Coliformes totales, comprobando la efectividad del carbón activo granular al momento de purificar el agua. Con respecto a Coliformes termotolerantes, igualmente actúa de manera efectiva bajando el valor de 100% a 0% en todas las muestras obtenidas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para posteriores investigaciones implementar una válvula de control para retener la salida del agua, de tal manera que el agua se pueda mantener mayor tiempo en contacto con el carbón activado y así poder determinar si tiene una mayor efectividad ante el proceso de purificación del agua.
2. Se recomienda variar las alturas de los estratos, de los diferentes materiales utilizados en el filtro de tal manera que el agua este mayor tiempo en contacto con el carbón activado.
3. Utilizar otro tipo de tanque y/u otro tipo de agregado (piedra caliza), para así poder comparar que agregado tiene mejor efecto ante la mejora de la calidad del agua potable.
4. Realizar el estudio en tratamientos de aguas de rio y aguas grises con fines del aprovechamiento del agua.
5. Hacer un estudio de costo – eficiencia de los filtros de carbón activo granular.

REFERENCIAS

1. Galvín, R. M. (2012). *Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas*. España: Ediciones Díaz de Santos.
2. Mañay, J. V. (2013). *Mejoramiento del carbón activado contaminado en el tratamiento del agua potable*. Quito.
3. Maskew Fair, G., Charles Geyer, J., & Alexander Okun, D. (2002). *Purificación de aguas y tratamientos y remoción de aguas residuales*. México: Limusa.
4. Mattson, J. B., & Mark, H. B. (1971). *Activated Carbon Marcel Dekker*. New York.
5. Mojica Sánchez, L. C., Ramírez Gómez, W. M., Rincón Silva, N. G., Blanco Martínez, D. A., Giraldo, L., & Moreno Piraján, J. C. (18 de junio de 2012). *Síntesis de carbón activado proveniente de semillas de Eucalipto por activación física y química*. Bogotá, Colombia.
6. Prias, J. J. (2011). *Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado a partir del precursor Guadua Angustifolia Kunth*. Colombia.
7. Rincón Silva, N. G., Ramírez Gómez, W. M., Mojica Sánchez, L. C., Blanco Martínez, D. A., Giraldo, L., & Moreno Piraján, J. C. (junio de 2014). *Obtención de carbones activados a partir de semillas de eucalipto, por activación química con H₃PO₄. Caracterización y evaluación de la capacidad de absorción de fenol desde solución acuosa*. Recuperado el 01 de diciembre de 2016, de Ingeniería y Competitividad: <http://revistaingenieria.univalle.edu.co:8000/index.php/incompe/article/view/609/447>
8. Rincon, N. G., Juan Carlos, M. P., & Liliana, G. (29 de Enero de 2015). *Preparación de carbón activado a partir de semilla de Eucalipto para la adsorción de compuestos fenólicos monnosustituídos*. Bogotá, Colombia.
9. Ministerio de salud (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima, Perú.
10. Silva, N. G. (01 de febrero de 2016). *Obtención de carbón a partir de diferentes precursores lignocelulósicos: caracterización y evaluación de la capacidad de adsorción de contaminantes fenólicos*. Bogotá, Colombia.
11. Rodríguez Reinoso, F., Molina Sabio, M. (sin año). El carbón activado en proceso de descontaminación, Recuperado el 03 de mayo de 2017, del departamento de química inorgánica: <http://www.elaguapotable.com>.
12. Escuela Politécnica Superior (2017). *Manual del carbón activo*. Sevilla, España. Recuperado de: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>.
13. Aqueous Solutions (2017). *La construcción de un sistema de tratamiento de agua portátil usando materiales locales*, España. Recuperado de: <http://www.aqsolutions.org/images/2013/03/portable-water-system-handbook-spanish.pdf>.

14. Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas (2017). *Tratamiento con carbón activo*. Recuperado de: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/carbon6.pdf>
15. Holmes, Arthur y Doris L. Holmes. *Geología Física*. Barcelona: Ediciones Omega 1982, 3a. edición.

ANEXOS

1. PANEL FOTOGRAFICO

Figura nº. 34: Caserío Maraynillo.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 35: Captación 1 – Maraynillo.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 36: Estado actual de la captación 1.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 37: Estado actual de la cámara húmeda - captación 1.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 38: Captación 2 – Maraynillo.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 39: Estado actual de la captación 2.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 40: Estado actual de la cámara húmeda - captación 2.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 41: Captación 3 – Maraynillo.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 42: Estado actual de la captación 3.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 43: Estado actual de la cámara húmeda - captación 3.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 44: Frascos de laboratorio para toma de muestra en cámara de reunión.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 45: Tomando muestras de agua en la cámara de reunión.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 46: Transportando los tanques hacia caserío Maraynillo.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 47: Iniciando la jornada de trabajo.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura n°. 48: Realizando el trazo para excavación – captación 1.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura n°. 49: Verificando el trazo para excavación – captación 1.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 50: Tanque ubicado en captación 3.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 51: Realizando el trazo para excavación – captación 3



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 52: Verificando el trazo para excavación – captación 3.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 53: Inicio de excavación - captación 1



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 54: Instalación de accesorios al tanque.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 55: Tubería existente - captación 2.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 56: Corte de tubería existente - captación 3.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 57: Accesorios instalados en los tanques.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 58: Avance de excavación de zanja - captación 3.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 59: Realizando la instalación del tanque - captación 3.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 60: Abrazaderas para la toma de muestras de agua.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 61: Tanque instalado - captación 3.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 62: Realizando la instalación del tanque - captación 1.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 63: Carbón activado granular (GAC 1240W)



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 64: Colocación del carbón activado



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 65: Toma de muestras semana 1 – Captación 1



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 66: Inspección de captaciones y filtros por parte del Dr. Ingeniero Orlando Aguilar



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 67: Visita del asesor al Caserío Maraynillo



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 68: Muestras de agua tomadas en la semana 2



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 69: Muestras de agua tomadas en la semana 3



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 70: Mejoramiento de la captación tras recomendaciones del Ingeniero Orlando Aguilar



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 71: Base para la caída del agua



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura nº. 72: inspección por parte del asesor Dr. Ing. Orlando Aguilar



Fuente: Elaboración propia, 2017.

2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

2.1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 1



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084

Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0617315

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **DENIS INFANTE CHIPILE**

N° RUC/DNI **70232440**

Dirección **Pasaje Los Reyes N° 284**

Ciudad/Provincia/Distrito **Caserio Maraynillo - Cajamarca** Correo electrónico **denis_ic@hotmail.com**

Persona de contacto **-**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **20.06.17** Hora: **13:40 a 15:00**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de Muestra **06 Muestras** N° Frascos x muestra **06**

Ensayos solicitados **Químicos y Biológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**

Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**

Procedencia de la Muestra: **Caserio Maraynillo - Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 381** Cadena de Custodia **CC - 315 - 17**

N° Orden de Trabajo **0617315**

Fecha y Hora de Recepción **20.06.17 16:56** Inicio de Ensayo **20.06.17 17:15**

Fecha Término de Ensayo **26.06.17 09:45** Reporte Resultado **27.06.17 16:15**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Bigo. Juan V. Díaz Saenz
RESPONSABLE
CBP 7395

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 04 de Julio de 2017.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0617315

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	MME - 01	MMS - 01	MME - 02	MMS - 02	MME - 03	MMS - 03		
Código Laboratorio	0617315-01	0617315-02	0617315-03	0617315-04	0617315-05	0617315-06		
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL		
Descripción	Subterránea	Subterránea	Subterránea	Subterránea	Subterránea	Subterránea		
Localización de la Muestra	Caserio Maraynillo	Caserio Maraynillo	Caserio Maraynillo	Caserio Maraynillo	Caserio Maraynillo	Caserio Maraynillo		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Turbidez	NTU	0.09	16.52	0.42	7.47	0.40	4.60	1.22
° pH a 25°C	pH	NA	6.16	9.83	6.09	7.07	6.09	7.13
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
(*) Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	79	23	140	<1.8	33	<1.8
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	<1.8	7.8	<1.8	<1.8	<1.8

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química

CIP: 119544

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
Analista Responsable de Biología

CBP: 9778

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 04 de Julio de 2017.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0617315

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130. B. 22 nd Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B. 22 nd Ed. 2012. pH Value. Electrometric Method.
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22 nd Ed. 2012. Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B,C. 22 nd Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1. 22 nd Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

OBSERVACIONES

LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación del métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado
Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 04 de Julio de 2017.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

2.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0617337

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **DENIS INFANTE CHIPILE**

N° RUC/DNI **70232440**

Dirección **Pje. Los Reyes N°284**

Ciudad/Provincia/Distrito **Cajamarca** Correo electrónico **denis_ic@hotmail.com**

Persona de contacto **-**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **27.06.17** Hora: **11:57 a 13:07**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de Muestra **03 Muestras** N° Frascos x muestra **02**

Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**

Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**

Procedencia de la Muestra: **Caserío Maraynillo-Cajamarca**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 381** Cadena de Custodia **CC - 337 - 17**

N° Orden de Trabajo **0617337**

Fecha y Hora de Recepción **27.06.17 16:51** Inicio de Ensayo **27.06.17 17:20**

Fecha Término de Ensayo **05.07.17 11:30** Reporte Resultado **05.07.17 09:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Denis Infante Chilipe

Bigo. Juan V. Diaz Saenz
RESPONSABLE
CBP 7355

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 07 de Julio de 2017.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0617337

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS			
Código Cliente	MMS2 - 1	MMS2 - 2	MMS2 - 3	-	-	-
Código Laboratorio	0617337-01	0617337-02	0617337-03	-	-	-
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción	Subterránea	Subterránea	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra	Caserío Maraynillo	Caserío Maraynillo	Caserío Maraynillo	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Turbidez	NTU	0.09	0.17	0.26	0.36	-
pH a 25°C	pH	NA	6.64	6.11	6.26	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	<LCM	<LCM	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
(*) Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	<1.8	<1.8	10	-
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	<1.8	<1.8	-

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
Analista Responsable de Biología
CBP: 9778

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 07 de Julio de 2017.

Cód: RT1-5.10-01

Fecha de Emisión: 06/06/2017

Rev: N°05

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0617337

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 22 nd Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B. 22 nd Ed. 2012. pH Value: Electrometric Method.
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22 nd Ed. 2012: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B,C. 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1. 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

OBSERVACIONES

LDM: Límite detección del Método, LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado
Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 07 de Julio de 2017.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

2.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO – SEMANA 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0717343

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario DENIS INFANTE CHIPILE
N° RUC/DNI 70232440
Dirección Pasaje Los Reyes N° 284
Persona de contacto -
Ciudad/Provincia/Distrito Cajamarca Correo electrónico denis_ic@hotmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo 04.07.17 **Hora:** 12:37 a 13:43
Tipo de Muestreo Puntual
Número de Muestra 03 Muestra **N° Frascos x muestra** 02
Ensayos solicitados Químicos y Microbiológico
Breve descripción del estado de la muestra Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.
Responsable de la toma de muestra Las muestras fueron tomadas por el personal usuario
Procedencia de la Muestra: Caserío Maraynillo / Cajamarca.

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato SC - 381 **Cadena de Custodia** CC - 343 - 17
N° Orden de Trabajo 0717343
Fecha y Hora de Recepción 04.07.17 **16:50** **Inicio de Ensayo** 04.07.17 **17:20**
Fecha Término de Ensayo 11.07.17 **15:45** **Reporte Resultado** 12.07.17 **11:50**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
 Bigo. Juan Y. Diaz Saenz
 RESPONSABLE
 CBP 7999

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 12 de Julio de 2017.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0717343

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	MMS 3-01	MMS 3-02	MMS 3-03	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0717343-01	0717343-02	0717343-03	-	-	-	-	-
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-	-	-
Descripción	Subterránea	Subterránea	Subterránea	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Caserío Maraynillo	Caserío Maraynillo	Caserío Maraynillo	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Turbidez	NTU	0.09	4.74	0.54	0.94	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	6.87	6.20	6.29	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	<LCM	<LCM	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	<1.8	<1.8	<1.8	-	-	-
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	<1.8	<1.8	-	-	-

Mariano de la Cruz Sarmiento

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento
Analista Responsable de Química
CIP: 119544

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz
Analista Responsable de Biología
CBP: 9778

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 12 de Julio de 2017.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0717343

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130, B, 22 nd Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B, 22 nd Ed. 2012. pH Value: Electrometric Method.
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22 nd Ed. 2012: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B,C, 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B2,C,E1, 22 nd Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

OBSERVACIONES

LDM: Límite de detección del Método, LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado
Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua; su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 12 de Julio de 2017.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CARBÓN ACTIVADO GRANULAR

Norit[®] GAC 1240 W

WHY CABOT

Cabot Norit Activated Carbon is a premier activated carbon manufacturer respected for experienced people, diverse products and strong customer relationships. Cabot's history of innovation, product performance, technical expertise and customer focus ensure that you receive the right products and solutions for your specific purification needs.

Norit GAC 1240 W is a granular activated carbon, which is suitable in a wide range of applications such as purification of (potable) water and industrial process liquids. Norit GAC 1240 W is very suitable for removal of f.i. natural organics, pesticides, detergents, chlorinated solvents and compounds causing taste and odour problems. Norit GAC 1240 W is produced by steam activation of coal; its superior hardness makes it particularly suited for thermal reactivation.

Norit GAC 1240 W meets the requirements of the latest version of the U.S. Food Chemicals Codex and the Drinking Water Standard EN 12915 (European Normalisation, 2009).

SPECIFICATIONS

Iodine number	min. 950	-
Particle size > 12 mesh (1.70 mm)	max. 10	mass-%
Particle size < 40 mesh (0.425 mm)	max. 5	mass-%
Moisture (as packed)	max. 5	mass-%



GENERAL CHARACTERISTICS

Iodine number	975	-
Methylene blue adsorption	20	g/100 g
Total surface area (B.E.T.)	1100	m ² /g
Apparent density	500	kg/m ³
Density backwashed and drained	445	kg/m ³
Ball-pan hardness	97	-
Effective Size D ₁₀	0.6-0.7	mm
Uniformity coefficient	1.7	-
Ash content	12	mass-%
Water soluble Ash	0.1	mass-%
pH	alkaline	-
Dechlorination halving value	2.5	cm

Norit[®] GAC 1240 W

NOTES

- 1 All analyses based on Norit Standard Test Methods (NSTM)
- 2 Specifications are guaranteed values based on lot to lot quality control, as covered by Norit's ISO 9001 certification.
- 3 General characteristics reflect average values of product quality.
- 4 Detailed information on the hydrodynamic properties can be found in Technical Bulletin 79 - Hydrodynamic Properties of Norit Granular Activated Carbon grades.
- 5 The superior hardness makes this product very suitable for thermal reactivation. Reactivation of exhausted carbon can be carried out in kilns on site or at one of Norit's facilities. The best option depends on the distance between client and nearest Norit facilities and on the amount of carbon to be reactivated per annum.
- 6 The level of floaters measured according to EN 12915 amounts to <1 mass-%. Under practical conditions a fraction of the carbon may wet slowly. Please refer to Norit Technical Bulletin 41B.

PACKAGING

Norit[®] GAC 1240 W is available in:

- Multiply paper bags of 25 kg, 2 x 20 bags per pallet, shrink wrapped (1000 kg net weight per pallet)
- Bulk bags of 2 x 500 kg net weight on a pallet, shrink wrapped
- Bulk tank cars

Product availabilities depend on the type of packaging.



cabotcorp.com

NORTH AMERICA

Cabot Corporation Business
and Technical Center
157 Concord Road
Billerica, MA 01821-7001 USA
TEL 800 462 2313
FAX +1 978 670 7035

SOUTH AMERICA

Cabot Latin American Division
Rue do Paraiso, 148 - 5ª andar
04103-000, Sao Paulo, SP
BRAZIL
TEL +55 11 2144 6400
FAX +55 11 3253 0051

EUROPE

Cabot Norit Nederland B.V.
P.O. Box 105
3800 AC Amersfoort
The Netherlands
TEL +31 33 46 48 911
FAX +31 33 46 17 429

ASIA PACIFIC

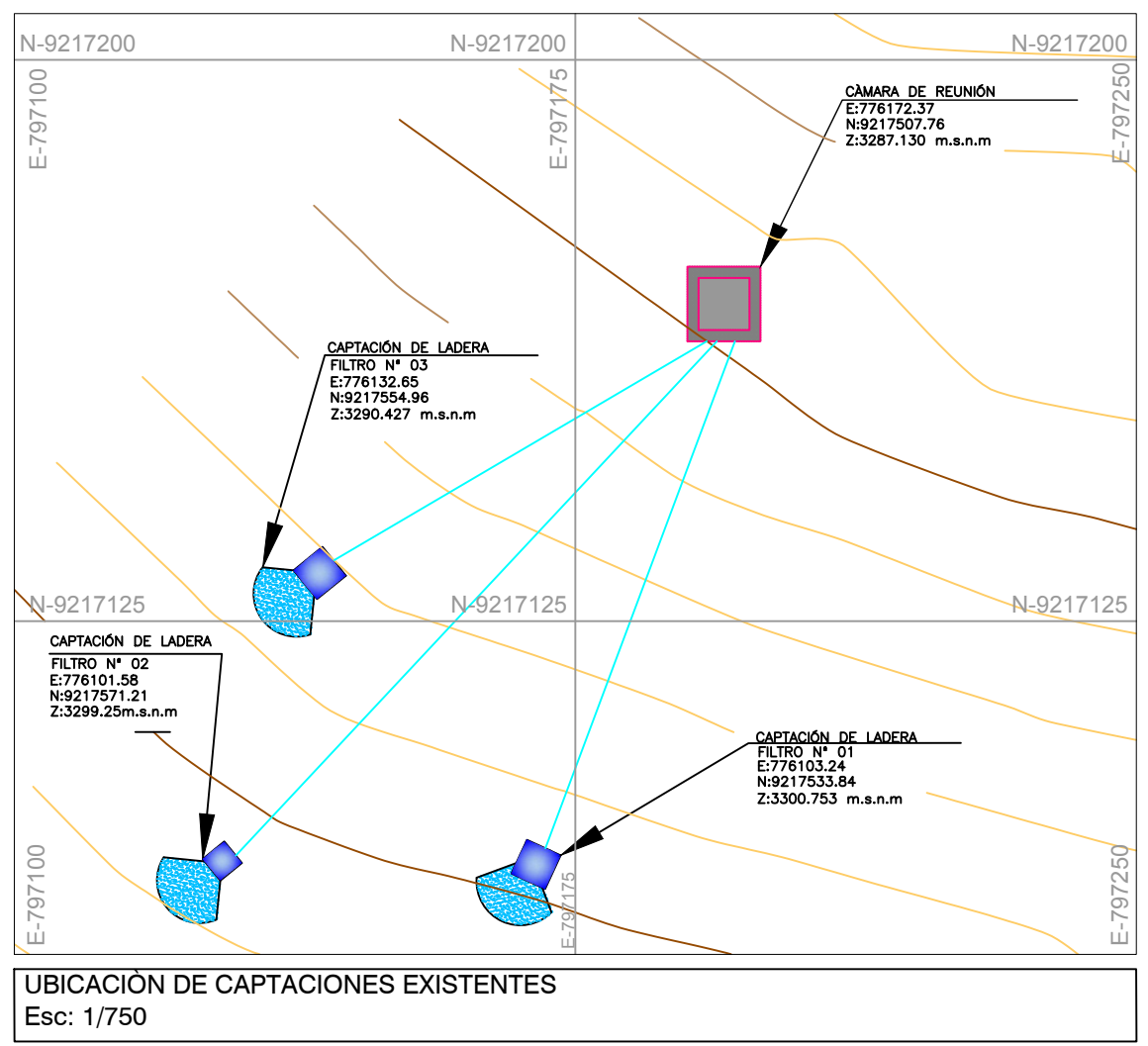
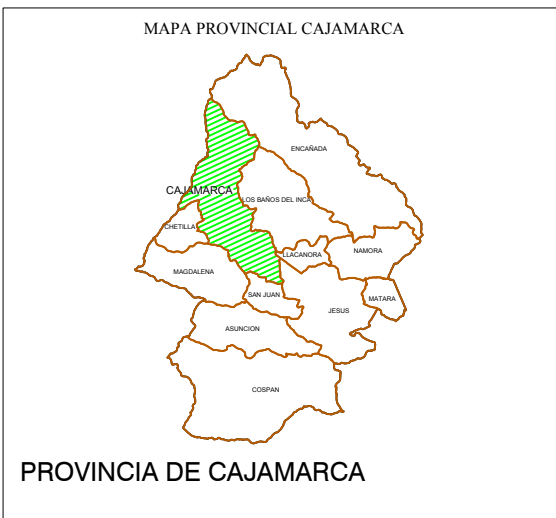
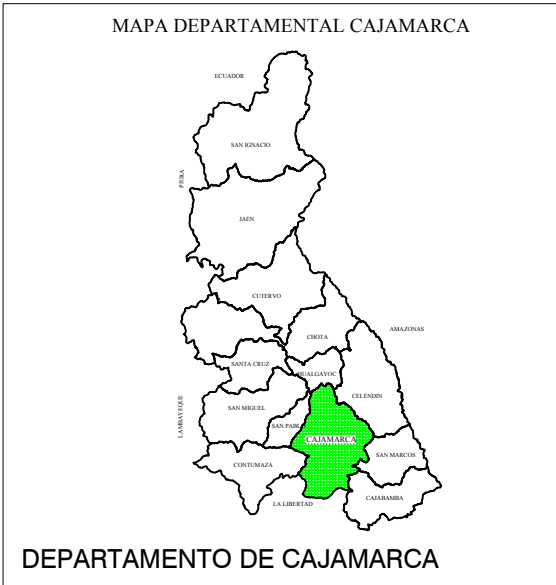
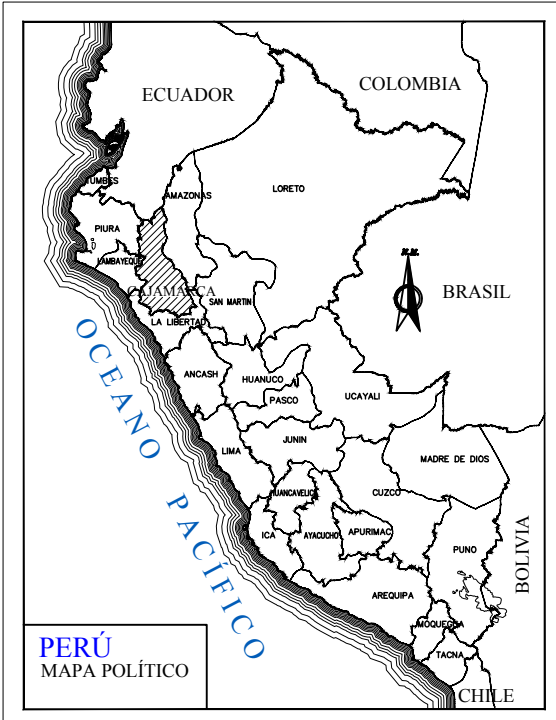
Cabot Regional Headquarters
558 Shuangbai Road
Shanghai 201108, CHINA
TEL +86 21 5175 8800
FAX +86 21 6434 5532

JAPAN

Cabot Norit Japan K.K.
Sumitomo Chiba-Daimon Idg. 3F
2-5-5 Shiba Daimon, Minato-ku,
Tokyo 105-0012, JAPAN
TEL +81 3 3434 6551
FAX +81 3 3434 6479

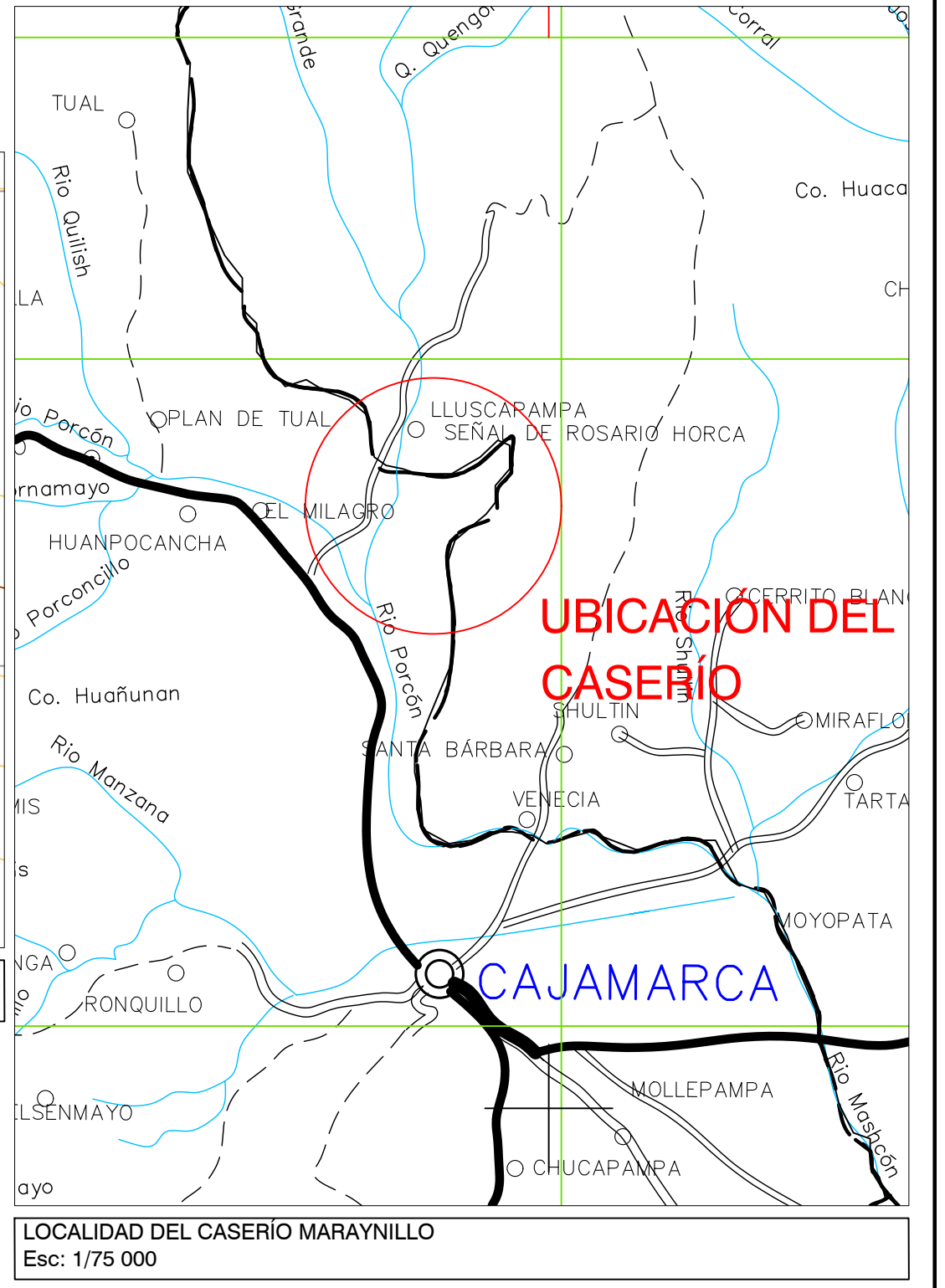
This information is provided as a convenience and for informational purposes only. No guarantee or warranty as to this information, or any product to which it relates, is given or implied. Cabot disclaims all warranties express or implied, including merchantability or fitness for a particular purpose as to (i) such information, (ii) any product or (iii) intellectual property infringement. In no event is Cabot responsible for, and Cabot does not accept and hereby disclaims liability for, any damages whatsoever in connection with the use of or reliance on this information or any product to which it relates.

4. PLANO DE UBICACIÓN DE LAS CAPTACIONES



LEYENDA

CAPITAL PROVINCIAL	●	CAMINO CARROZABLE	=====
CAPITAL DISTRITAL	○	CAMINO DE HERRADURA	-----
CENTRO POBLADO	◦	RIO, QUEBRADA	~~~~~
LÍMITE PROVINCIAL	— — — — —	SEÑAL GEODÉSICA, COTA	▲
LÍMITE DISTRITAL	- - - - -	C.P. CON UBICACIÓN APROXIMADA	•
CARRETERA AFIRMADA	=====	TUBERIA EXISTENTE	— — — — —
CARRETERA ASFALTADA	=====	CAPTACIÓN DE LADERA	◡
CURVA DE NIVEL PRINCIPAL	~~~~~	CAMARA DE REUNIÓN	■
CURVA DE NIVEL SECUNDARIA	~~~~~		



 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil		LAMINA: PU
	UBICACIÓN: DPTO.: CAJAMARCA PROVINCIA: CAJAMARCA DISTRITO: BAÑOS DEL INCA CASERIO: MARAYNILLO	TEMA: "CARBÓN ACTIVO GRANULAR, EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE."	
AUTOR:		BACH. DENIS INFANTE CHIPILE	