

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS
BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

*PROPUESTA DE ADECUACIÓN DE AGUAS
PROVENIENTES DE POZO PROFUNDO PARA PLANTA
ENVASADORA CON OPERACIONES UNITARIAS EN LA
MESA DE GUANIPA ESTADO ANZOATEGUI*

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

Marie Therese Abboud Perfetti

César Augusto Páez Fernández

TUTOR

Ing. Antonio Seijas Botana

FECHA

Marzo del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Prolongación Av. Atlántico, Puerto Ordaz.
Telf.: (0286) 600-02-36 Fax: (0286) 600-02-36
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Período: 201825
NRC: 27828

ACTA DE TRABAJO DE GRADO

Ciudad Guayana, 26 de Abril de 2018

Los suscritos profesores: Antonio Seijas Botana, Celso Castro Gomez y Adolia Rosales de Maldonado, integrantes del jurado calificador del Trabajo de Grado intitolado "Propuesta de adecuación de aguas provenientes de pozo profundo para planta envasadora con operaciones unitarias en la Mesa de Guanipa, estado Anzoátegui", elaborado por la bachiller Abboud Perfetti, Marie Therese, cédula de identidad N° 25083203, para optar al Título de Ingeniero Civil, certifican que, habiendo examinado dicho trabajo, consideramos que es merecedor de la calificación de veinte (20) puntos.

Observaciones:

Antonio Seijas Botana
Tutor(a)

Celso Castro Gomez
Jurado



Adolia Rosales de Maldonado
Jurado

Secretaría General
o. c. Escrita



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Prolongación Av. Atlántico Puerto Ordaz,
Telf: (0286) 600-02-36 Fax: (0286) 600-02-36

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Período: 201825

NRC: 27828

ACTA DE TRABAJO DE GRADO

Ciudad Guayana, 26 de Abril de 2018

Los suscritos profesores: Antonio Seijas Botana, Celso Castro Gomez y Adolia Rosales de Maldonado, integrantes del jurado calificador del Trabajo de Grado intitulado "Propuesta de adecuación de aguas provenientes de pozo profundo para planta envasadora con operaciones unitarias en la Mesa de Guanipa, estado Anzoátegui", elaborado por el bachiller Páez Fernández, César Augusto, cédula de identidad N° 25003554, para optar al Título de Ingeniero Civil, certifican que, habiendo examinado dicho trabajo, consideramos que es merecedor de la calificación de veinte (20) puntos.

Observaciones:

Antonio Seijas Botana
Tutor(a)

Celso Castro Gomez
Jurado



Adolia Rosales de Maldonado
Jurado

Secretaría General
C.A. Escuela

Dedicatoria

*Dedicada a mis queridos padres, Dr. Pedro Abboud y Dra. Naila Perfetti De Abboud,
que me han ayudado a cumplir esta meta desde el primer día, sin ustedes nada de esto
fuera posible*

A Dios y a la Virgen que siempre han cuidado y velado por mí

Y a todo aquél que creyó en mí.

Marie T. Abboud Perfetti

Dedicada a mis queridos padres, Ing. José Antonio Páez, Sulezma Fernández

A Dios y a la Virgen que siempre han estado guiándome

Y a todo aquellos que creyeron en mí y a los que no también.

César A. Páez Fernández

Agradecimientos

A Dios y a la Virgen que me han dado una enorme fuerza y luz todos estos años cuando lo he necesitado, gracias por todas las oportunidades y bendiciones, siempre presentes y en mi mente.

A mis amados padres, Dr. Pedro Abboud y Dra. Naila Perfetti De Abboud, ustedes han sido mi gran apoyo incondicional estos cinco años, no hubiera sido posible sin ustedes, los amo y admiro muchísimo, aspiro ser una profesional con igual vocación, ética y empeño que ustedes.

A mi hermosa perrita Kathy, siempre has sido una compañía y alegría enorme para mí, te quiero muchísimo.

A mi compañero de tesis y amigo, César Páez, por ser un excelente compañero a lo largo de la realización de este trabajo y brindarme su incondicional amistad y alegría.

A mi tutor y profesor, Ing. Antonio Seijas por estar siempre dispuesto a ayudar y dar claridad

A todos esos amigos que fueron luz con su compañía y alegría estos años.

Y a todos aquellos que de alguna u otra forma fueron ayuda y apoyo para la culminación de esta tesis

Gracias!

Marie T. Abboud Perfetti

A mi profesor Ing. Antonio Seijas por su paciencia

A mi compañera de tesis y amiga Marie Abboud por el apoyo

A toda mi familia, a los amigos que me acompañaron en la carrera ya que sin ellos nada de esto sería posible

César A. Páez Fernández

Índice de contenido

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xii
Resumen.....	xv
Introducción.....	16
 Capítulo I: El problema	 18
Planteamiento del problema.....	18
Objetivos.....	20
Justificación.....	20
Alcance y limitación.....	21
 Capítulo II: Marco Teórico	 22
Antecedentes.....	22
Bases Teóricas.....	24
Definición de Acuífero.....	25
Clasificación de los Acuíferos.....	26
Acuífero de la Mesa de Guanipa.....	30
Aspectos importantes en un acuífero.....	31
Microorganismos en Aguas Subterráneas.....	33
Parámetros Físico-Químicos del agua.....	41
Componentes no deseables.....	50
Principales Operaciones Unitarias.....	52
Filtros de Carbón Activado.....	56
Filtros con Luz Ultravioleta.....	59
Clasificación de las Aguas Envasadas.....	62

Ciclo de vida de un proyecto.....	63
Contratos o infraestructura “llave en mano”.....	65
Bases Legales.....	66
Terminología básica.....	67
Capítulo III: Marco Metodológico.....	68
Tipo de investigación.....	68
Diseño de la investigación.....	68
Sistema de variables.....	70
Técnicas e Instrumentos de recolección de información.....	71
Procedimiento.....	72
Capítulo IV: Presentación y análisis de resultados.....	75
Estudio las variables típicas a ensayar en función del tipo de agua.....	75
Análisis Bacteriológico de la muestra de agua de pozo profundo	76
Estudios Físicos-Químicos de la muestra de agua de pozo.....	79
Turbidez.....	79
Conductividad.....	80
Solidos disueltos y solidos suspendidos.....	80
Medición del pH.....	80
Cloruros.....	81
Medición de la alcalinidad.....	82
Medición de la Dureza.....	84
Ensayo: determinación de CO ₂	87
Análisis y resultados de los demás laboratorios.....	88
Definición de los procesos físicos para adecuar las aguas proveniente del pozo profundo.....	92
Diseño de Filtro de Carbón Activado (concha de coco).....	94
Evaluación de aguas envasadas comerciales.....	101

Caracterización de las aguas del pozo a ser utilizado para la planta de llenado.....	103
Esquematización la planta potabilizadora y embotelladora.....	103
Diseño de propuesta de planta para la adecuación de agua de pozo profundo en la Mesa de Guanipa.....	103
Desarrollo de la propuesta.....	106
Cálculos de la planta de acuerdo a la propuesta elegida	112
Dimensionamiento del tanque de inicio.....	113
Cálculos del diámetro de tubería	113
Selección de tubería.....	115
Cálculos de pérdidas de fricción.....	117
Cálculo de las perdidas menores.....	119
Diseño de la bomba.....	121
Dimensionamiento del tanque de compensación.....	125
Cálculo de la línea de altura piezométrica y la línea de altura total.....	127
Conclusiones y recomendaciones.....	128
Referencias.....	131
Anexos.....	134
Anexo A.....	134
Anexo B.....	134
Anexo C.....	135
Anexo D.....	135
Anexo E.....	136
Anexo F.....	137
AnexoG.....	143
Anexo H.....	147
Anexo I.....	148
Anexo J.....	162

Anexo K.....	172
Anexo L.....	177
Anexo M.....	185
Anexo N.....	196
Anexo Ñ.....	205
Anexo O.....	207
Anexo P.....	207
Anexo Q.....	210
Anexo R.....	214

Índice de Tablas

Tabla

1. Características de los Suelos.....	31
2. Rango según la Alcalinidad del agua	43
3. Resultado del ensayo del coliformes totales.....	77
4. Resultado de los ensayos bacteriológicos.....	78
5. Tabla de resultados obtenidos en el ensayo de Cloruros.....	81
6. Tabla de los resultados obtenidos en el ensayo de alcalinidad.....	82
7. Tabla de los resultados obtenidos en el ensayo de dureza.....	85
8. Reducción alcanzable mediante tratamiento de la concentración de sustancias químicas de actividades agropecuarias para las que se han establecido valores de referencia.....	93
9. Resultados del pH antes del tratamiento físico con carbón activado	99
10. Resultados del pH después del tratamiento físico con carbón activado.....	99
11. Comparación de propiedades entre agua mineral Guanipa y agua mineral Bezoya.....	102
12. Dimensiones de diseño del tanque de inicio.....	113
13. Valores de entrada requeridos.....	115
14. Tabla de resultados de diámetro, área y velocidad a utilizar.....	115
15. Características de la tubería de polipropileno a utilizar en todo el sistema.....	115
16. Características del fluido (agua) según su temperatura.....	116
17. Variables a usar para el cálculo las pérdidas mayores.....	117
18. Resultado del cálculo de pérdidas por fricción (aguas arriba).....	118
19. Resultado del cálculo de pérdidas por fricción (aguas abajo).....	118
20. Resultado del cálculo de las pérdidas por fricción, por cada tramo.....	119
21. Cálculo de las pérdidas menores del tanque #1 a la bomba.....	120
22. Cálculo de las pérdidas menores del tanque #2 a la bomba.....	120

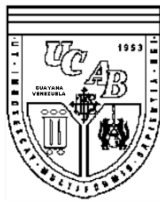
23. Perdidas menores aguas abajo hasta el tanque de compensación.....	120
24. Resumen de resultados de las pérdidas totales aguas arriba y aguas abajo.....	122
25. Perdidas menores aguas abajo hasta el tanque de compensación.....	122
26. Especificaciones del modelo de bomba elegido para la planta.....	124
27. Especificaciones de dimensiones del tanque de compensación.....	125
28. Tabla de cálculo para la diferente altura piezométrica y totales a lo largo del tramo de la planta.....	126

Índice de Figuras

Figura	
1. Entrada de Agua a los acuíferos.....	26
2. Salida de Agua a los acuíferos.....	27
3. Modelos de acuífero libre, semiconfinado y confinado.....	29
4. Resumen de los tipos y características de los microorganismos que pueden estar presente en el agua.....	35
5. Formas Típicas de Bacterias.....	37
6. Clasificación según la conductividad del agua.....	46
7. Representación de los macro, meso y micro poros en carbón activado.....	58
8. Dibujo esquemático de filtro de radiación ultravioleta.....	60
9. Reacción fotoquímica irreversible en microorganismos, la cual inactiva y destruye las células.....	62
10. Disrupción metabólica en el ADN de los microorganismos.....	62
11. Ciclo de vida clásico de un proyecto de ingeniería.....	64
12. Muestra de agua proveniente del pozo profundo en la Mesa de Guanipa.....	77
13. Preparación de los tubos de caldo lactosado y de dilución.....	77
14. Incubadora.....	77
15. Colocación de los tubos preparados en la incubadora.....	78
16. Resultado final del ensayo de coliformes.....	79
17. Resultado del ensayo de pH.....	80
18. Muestra preparada antes de la titulación.....	83
19. Muestra después de la titulación con H ₂ SO ₄	83
20. Tabla 1 extraída de la norma COVENIN 2211-1991 “Clasificación de las aguas según su dureza”.....	86
21. Foto anterior a la titulación con EDTA.....	86
22. Foto posterior a la titulación con EDTA.....	87

23. Hoja de reporte de resultados del análisis físico-químico de la muestra de pozo profundo, realizado en el Laboratorio de Sanitaria de la UCAB (Edo. Bolívar).....	89
24. Hoja de reporte de resultados del análisis físico-químico de la muestra de pozo profundo, realizado en el Laboratorio de la fundación “La Salle” (Edo. Bolívar).....	89
25. Segunda hoja de reporte de resultados del análisis de la muestra de pozo profundo, realizado en el Laboratorio de la fundación “La Salle” (Edo. Bolívar).....	90
26. Hoja de reporte de resultados del análisis físico-químico de la muestra de pozo profundo, realizado en el Laboratorio Ambiolab (EDO. Anzoátegui).....	91
27. Esquema del recipiente dispuesto para el filtro de carbón activado.....	95
28. Malla incorporada al fondo del recipiente.....	95
29. Colocación del carbón activado en el recipiente dispuesto.....	96
30. Medición del pH en la muestra de pozo, antes de realizar el experimento.....	96
31. Primeros litros filtrados por el carbón activado.....	97
32. Uso del filtro de carbón activado a las 5 horas del primer experimento.....	98
33. pH metro del Laboratorio de Sanitarias de la UCAB Guayana.....	99
34. Esquema de la propuesta A.....	104
35. Esquema de la Propuesta B.....	105
36. Esquema del tramo Tanque de inicio-Bomba.....	106
37. Esquema del tramo Bomba-Filtro carbón activado.....	107
38. Esquema Filtro Carbón activado-Filtro UV.....	107
39. Esquema tramo Filtro UV-Tanque de compensación.....	109
40. Esquema de tramo Tanque de compensación- Inyección y Soplado de botellas PET.....	110
41. Esquema de Tramo Inyección y Soplado de botellas PET-Sellado.....	111
42. Esquema de Tramo Sellado-Empaquetado.....	111
43. Esquema completo de la planta de tratamiento.....	112
44. Esquema de las dimensiones del tanque de inicio.....	113

45. Especificaciones técnicas de la empresa TERMOFUSION para tuberías de polipropileno.....	113
46. Esquema de la toma de la bomba en el tanque de inicio.....	116
47. Especificaciones técnicas de bomba centrífuga, extraído del catálogo de la Empresa “Bombagua”.....	123
48. Elección de la bomba, entrando al grafico en función de la altura m de bomba y caudal l/s.....	124
49. Esquema de las dimensiones del tanque de compensación.....	125
50. Gráfico de la LAP Y LAT.....	127
51. Toma directa del pozo profundo.....	134
52. Bomba diésel para extracción del agua directa al pozo.....	134
53. Riego a pivote.....	135
54. Bomba diésel vista general.....	135
55. Riego a pivote.....	136
56. Toma de muestra directa del pozo.....	137



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS
BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE ADECUACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE POZO
PROFUNDO PARA PLANTA ENVASADORA CON OPERACIONES
UNITARIAS EN LA MESA DE GUANIPA ESTADO ANZOÁTEGUI**

Autores: Marie Therese, Abboud Perfetti
César Augusto, Páez Fernández

Tutor: Ing. Antonio Seijas Botana
Fecha: Marzo del 2018

Resumen

El presente trabajo especial de grado se realizó con el propósito de hacer una propuesta para la adecuación de aguas de pozo profundo para planta envasadora con operaciones unitarias en la mesa de Guanipa, contribuyendo de esta forma a la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento de aguas de pozo para el consumo humano, ofrecer información sobre su características y calidad que favorezcan a la comunidad, una planta envasadora permitirá mantener la calidad del agua desde su adecuación, sumado a esto el desarrollo que conllevaría a la comunidad. Para lograr los objetivos propuestos el trabajo fue orientado como una investigación del tipo experimental ya que se estudiara el comportamiento de las variables y se hará control de estas. El estudio consistió en evaluar las variables fisicoquímicas y bacteriológicas de una muestra de agua del acuífero de la mesa de Guanipa, mediante técnicas e instrumentos de laboratorios, analizando los datos arrojados mediante tabulación, clasificación, caracterización y comparación con otras aguas comerciales para posteriormente proponer la adecuación mediante operaciones unitarias, en este caso usando filtros de carbón activado, realizando un prototipo del mismo para su comportamiento en cuanto a pH, y un filtro rayos ultravioleta donde finalmente se estructurara la planta envasadora de acuerdo a las operaciones necesarias normalizando así el proceso. Una vez analizados los resultados se concluyó que las aguas de pozo profundo de la Mesa de Guanipa es ideal para la adecuación para una planta envasadora con operaciones unitarias.

Palabras clave: Adecuación, Acuífero, pozo, Mesa de Guanipa, Agua mineral natural, Envasado, Carbón activado, Operaciones unitarias, fisicoquímico.

Introducción

El cómodo acceso y utilización del Agua Potable es un derecho humano básico reconocido por la Asamblea General de las Naciones Unidas, y es esencial para la realización de todos los demás derechos humanos, a su vez es fundamental para la mejoría de los estándares de vida. El agua no potable afecta la salud, pero también afecta la economía, el medio ambiente y la calidad de vida de la población.

Venezuela cuenta con abundantes recursos de aguas superficiales y subterráneas. Las aguas subterráneas constituyen una parte esencial del ciclo hidrológico. La explotación de los acuíferos permite la extracción de volúmenes la cual permite solucionar la demanda de agua debido al aumento de la población.

Las aguas de la mesa de Guanipa en el estado Anzoátegui, en el sector cercano a la Viuda, municipio independencia, se caracteriza por ser uno de los acuíferos de más alta capacidad de recarga del país, por su condición de suelos sueltos tipo Mesa, altamente permeables.

Las aguas de pozos profundos (PP), cuando van más allá de los 60 metros de profundidad, en su gran mayoría no tienen comprometida la calidad del agua, al menos desde el punto de vista bacteriológico; pudiendo en cambio tener olores y sabores producto de su condición anaerobia, presencia de metales (Fe y Mn), dando el color, la presencia de metano responsable del olor, nitritos y nitratos responsables de actuar en la proteína que se encarga de oxigenar la sangre (síndrome del bebe azul), en otras palabras; son aguas de altos sólidos disueltos totales (SDT) y bajos sólidos suspendidos totales (SST), baja oxígeno y altos volátiles.

El presente trabajo tiene como finalidad la elaboración de una propuesta para la adecuación de agua de pozo profundo proveniente de la Mesa de Guanipa, mediante operaciones unitarias para finalizar en una planta envasadora.

Se pretende realizar la adecuación mediante operaciones unitarias, ya que por ser agua proveniente de pozo profundo, se considera por norma “agua mineral natural”, y para mantener sus propiedades se realizarán procesos fundamentales físicos para no afectar la química natural de la misma. Se finaliza el proceso en el envasado hermetico para cuidar y perseverar la calidad final del agua.

Para cumplir con el objetivo planteado el presente trabajo se estructuró en cuatro (4) capítulos:

Capítulo I. El problema. El cual comprende el planteamiento del problema, el objetivo general, los objetivos específicos, la justificación, el alcance, la delimitación y las limitaciones.

Capítulo II. Marco teórico. Contempla los antecedentes, bases teóricas, bases legales y terminología básica.

Capítulo III. Marco Metodológico. Explica el tipo de investigación, diseño de la investigación, unidad de investigación, sistema de variables, técnicas e instrumentos de recolección de información y procedimiento.

Capítulo IV. Presentación y Análisis de los Resultados. En donde se organizan y desarrollan los resultados de la investigación de acuerdo a los objetivos específicos. Posteriormente se exponen las conclusiones y recomendaciones. Finalmente se presentan las referencias bibliográficas y los anexos

Capítulo I

El Problema

Planteamiento del problema

Según Gisselle Muñoz, nutricionista de Clínicas las Condes situada en Chile, hoy en día “La población tiene más conciencia y más conocimiento de que la hidratación más correcta es en base a agua natural. La gente ya sabe que consumir bebidas carbonatadas con azúcar añadida es muy perjudicial para la salud, son calorías vacías que no se van a utilizar, por ejemplo, después de la realización de actividad física” (párr.3)

Sumado a esto está el problema de la calidad del agua de las redes de abastecimiento del sistema nacional ya que esta no llega con la calidad adecuada para el consumo humano, lo cual no es recomendable el consumo de agua de grifo.

De acuerdo a un artículo publicado por El Estímulo (28 de febrero de 2018) se puede evidenciar el grave problema de salud en la población, “El tema que está pasando con el agua es sumamente grave. Estamos consumiendo agua nada potable y eso lo vemos en el día a día con el número de pacientes que están asistiendo diariamente a las consultas gastroenterólogas, en especial con enfermedades diarreicas” (párr.2), explico a El Estímulo la Dra. Roraima Valero médico gastroenterólogo y miembro de la sociedad venezolana de gastroenterología

Esto es debido a que la mayoría de la red de abastecimiento se alimenta de embalses que se han contaminado y generado un exceso de materiales orgánicos que

hace imposible un excelente filtrado mediante potabilizador convencional, sumado a esto que no se hacen buen mantenimiento de las tuberías de dicha red. Además que las plantas potabilizadoras convencionales suelen usar productos químicos como el cloro lo que lleva a desarrollar enfermedades y daños en la dentadura, el cloro no se usa por ser seguro para el consumo humano sino porque es una forma económica de desinfectar el agua. Según varios informes el agua tratado con cloro aumenta los riesgo de cáncer, la Agencia de Protección de Ambiental de EEUU (USEPA) calcula que el riesgo de contraer cáncer varía entre 2 y 17%.

En la última década de acuerdo a las proyecciones poblacional del INE (Instituto Nacional de Estadística) la población del estado Anzoátegui ha pasado de 1.470.160 habitantes en el 2007 a 1.706.078 habitantes para el 2017, lo cual significa un crecimiento de la población del 16%; según la empresa consultora Nielsen el consumo de agua embotellada promedio por día es de 0.02 litros por día lo que significa que el consumo de este producto pasó de 29.400 litros a 34.100 litros por día , en que se evidencia un aumento en la demanda de este producto.

Cuando ocurre un desastre natural, las botellas de plástico sirven como una excelente manera de servir a las personas. Estos son los principales suministros de emergencia dados al gobierno. Por ejemplo, cuando hay una inundación en la región, la mayoría del sistema público de agua está bloqueado durante muchos días porque el agua está llena de sustancias tóxicas.

Una planta potabilizadora de agua de pozo en la región podrá satisfacer total o parcialmente la demanda, abaratar costos y evitar problemas de salud. Además cabe destacar que esta agua será un agua mineral natural ya que no participarán procesos químicos y manteniendo su pureza estableciendo la salud de los consumidores como prioridad. El proceso de envasado servirá para cuidar y perseverar la calidad final del agua, si el envasado no es hermético y realizado bajo condiciones salubres; la misma

estará propensa a ser invadida por microorganismos y agentes externos, las botellas facilitarían su transporte y garantizarían sus propiedades originales. De allí que adecuar aguas provenientes de pozos profundos para planta envasadora en la Mesa de Guanipa en el estado Anzoátegui, sea el propósito de esta investigación.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una propuesta para la adecuación de agua proveniente de pozo profundo para planta envasadora con operaciones unitarias en la Mesa de Guanipa estado Anzoátegui

Objetivos específicos

- Estudiar las variables típicas a ensayar en función del tipo de agua.
- Caracterizar las aguas del pozo a ser utilizado para la planta de llenado, a través de ensayos de laboratorio calificado.
- Definir procesos físicos que adecuen las aguas provenientes del pozo a las condiciones exigidas por las normas establecidas para su embotellamiento
- Evaluar aguas envasadas comerciales para determinar sus propiedades en función de sus componentes y denominarlas variables pertinentes.
- Esquematizar la planta potabilizadora y embotelladora de acuerdo a las normas venezolanas.
- **Justificación**

Esta investigación brindará nuevos conocimientos sobre el estudio de la adecuación de las aguas de pozo de la Mesa de Guanipa como agua potable que puede

ser aplicada por entes privados y públicos en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento de las aguas de pozo para el consumo humano de acuerdo a los debidos procesos. Por lo tanto la investigación beneficiará a la comunidad, ya que tendrán nueva información y datos para su registro sobre características y calidad del agua, además como ya fue mencionado anteriormente la población presenta un aumento en la demanda de agua potable, esta investigación aportará herramientas y diseño para su explotación y beneficio.

Además creará un aporte metodológico, ya que se especificarán los estudios y pasos a seguir para la adecuación de las aguas, desde su extracción en el pozo, hasta su embotellado. La investigación posee alta relevancia social, ya que la comunidad por medio de nuestra propuesta podrá tener una mejora en la calidad de vida; ya que de alguna forma la planta le dará un carácter industrial a la zona impulsando el desarrollo de su entorno.

Alcance y limitación

De la presente investigación se puede esperar la determinación de las variables y ensayos típicos en la evaluación de las aguas subterráneas, la definición de los procesos físicos a realizarle a las mismas con el objetivo de que estas sean aptas para el consumo humano, y que estas al compararlas con otras marcas comerciales de agua potable, tengan las características pertinentes para su embotellado. Las limitaciones de esta investigación será el definir el proceso de embotellado, es decir, la maquinaria que se usará para la realización de las botellas plásticas y por último la esquematización de la planta. Se realizará una propuesta y se presentará la ingeniería básica de la misma. La investigación estará sujeta a las Normas Sanitarias de Agua Potable y las guías de laboratorio de sanitaria de la UCAB Guyana. El estudio se desarrollará en un periodo de 7 meses, desde julio del 2017 hasta enero del 2018.

Capítulo II

Marco Teórico

Antecedentes

Para la adecuación de aguas provenientes de pozo profundo para plantas embotelladoras mediante operaciones unitarias en la mesa de Guanipa, hubo que inspeccionar trabajos de investigación relacionados, con la finalidad de profundizar en el tema y tener referencias que ayudaran a sustentar el proyecto; en tal sentido, se consultaron y tomaron en cuenta todos y cada uno de los siguientes autores:

Guzmán y Pereira (2009), realizaron una investigación para optar el título de Ingeniero civil de la Universidad de Oriente núcleo Anzoátegui titulada “Estudio de gestión de las aguas subterráneas en Venezuela, caso especial: acuífero de la Mesa de Guanipa”, cuyo propósito fue estudiar la gestión de las aguas subterráneas en Venezuela en el Acuífero de la Mesa de Guanipa, llegando a las siguientes conclusiones, este constituye uno de los acuíferos de mayor potencial de Venezuela, y no existen planes de gestión o inventarios vigentes, en el poblado la oferta de agua potable es deficiente, el uso de las aguas subterráneas no está siendo apropiadamente controlado y vigilado en el país, por lo cual proponen reactivación de redes de medición de los recursos y la aplicación de técnicas innovadoras para el estudio de los acuíferos, la presente investigación aportará Diagnóstico documental de la situación actual del acuífero, información de entes, marcos legales e institucionales vigentes.

Los Ingenieros: Moreno, Prieto , Rojas , Galán , Marmolejo , Romo ,Castañeda, Rodríguez y Barrado (2003) realizaron un proyecto de investigación académico sin fines de lucro, en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Estado de Hidalgo, México, titulada “Caracterización química de aguas subterráneas en pozos

y un distribuidor de agua de Zimapán, Estado de Hidalgo, México” cuyo propósito fue el de caracterizar parámetros físico-químicos de las aguas colectadas durante 10 muestreos distribuidos a lo largo de un año, llegaron como conclusión que las concentraciones de las muestras variaban según las estaciones del año, esto último probablemente debido a efectos de la dilución causada por la precipitación pluvial que se infiltra al manto freático, esta investigación logrará aportar documentación sobre ensayos y variables relevantes a tener en consideración para la potabilización de aguas subterráneas y recomendaciones a seguir en cuanto al monitoreo y ensayos estas aguas según las estaciones del año y condiciones pluviales de la zona.

Los Ingenieros: Méndez, Pacheco, Castillo, Cabrera, Dr. Vázquez y Dr. Cabañas (2014) realizaron un proyecto de investigación parte de Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán titulada “Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México” cuyo propósito fue evaluar la calidad microbiológica del agua subterránea en 106 pozos de abastecimiento del sistema de agua potable del estado, determinando la concentración de bacterias coliformes y enterococos, y se identifica si el principal origen de la contaminación biológica es por heces humanas o animales, llegando a la conclusión que existe la necesidad de identificar y eliminar las fuentes de contaminación o bien reubicar los pozos de abastecimiento aguas arriba de las poblaciones para reducir la contaminación de aguas subterráneas.

Además de la importancia de la cloración en las plantas potabilizadoras para eliminar bacterias que se encuentren en los ensayos, concluye a su vez el gran riesgo de los poblados adyacentes que se surten de estos pozos sin ningún tipo de tratamiento y las medidas a seguir para el cuidado del pozo, esta investigación aporta documentación sobre los ensayos a realizar para verificar si el pozo sufre de contaminaciones externas de tipo coliformes, identificar el origen de dicha contaminación que atenta contra la salud humana y recomendaciones a seguir para

utilizar el pozo como fuente de planta potabilizadora y medidas para la protección del mismo.

Brito y Suárez (2016) realizaron una investigación para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Católica Andrés Bello núcleo Guayana, titulada “Evaluación de la capacidad de producción de biogás generado por lodos provenientes de una planta de tratamiento de aguas residuales para aprovechamiento energético”, cuyo propósito fue evaluar cuán factible era la producción de biogás proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales, llegando a la conclusión que los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la UCAB Guayana, tienen capacidad de producir un poco más de su volumen en biogás. Adicionalmente, se estima que un lodo fresco puede tener una capacidad de producción mayor a la obtenida en la investigación. La presente aportará y será de utilidad para la estructuración de nuestra tesis.

Bases teóricas

A continuación se presentan las bases teóricas que sostiene la investigación sobre la potabilización de agua de pozo profundo en la Mesa de Guanipa.

Para tener idea de la dimensión que abarca la utilización del recurso de agua de pozo; hay que comenzar por definir; según lo indica la ley de aguas en gaceta oficial 35.595, los siguientes términos: acuíferos y aguas subterráneas; los cuales son justamente los términos ideales para el tipo de agua a tratar, ya que se utilizara un agua proveniente de un acuífero (La Mesa de Guanipa) caracterizado por ser una agua subterránea.

Acuífero o Reservoirio: constituido por materiales porosos permeables del cual se pueden extraer aguas subterráneas.

Aguas subterráneas: Aguas que se infiltran y penetran en el suelo y subsuelo saturando los poros o grietas de las rocas, y que eventualmente se acumulan encima de capas impermeables formando un reservorio subterráneo.

Según Moreno, Navarrete, Virgós (1998)” Los acuíferos son mantos de aguas subterráneas almacenadas. Estas aguas, en sus procesos de percolar a través de la porosidad de las rocas, van purificándose, filtrándose y almacenándose, haciendo del acuífero uno de los recursos de agua con más pureza y calidad”. (p.5)

Se puede definir a su vez un acuífero como una formación geológica subterránea que está compuesta de grava, arena o alguna piedra porosa, capaz de almacenar y producir agua. Las condiciones geológicas e hidrológicas determinan cómo funciona el acuífero.

Un acuífero puede considerarse similar a un embalse superficial, en ambos casos puede hablarse de una capacidad de almacenamiento, de unas entradas y salidas, de una capacidad de regulación, un plan de explotación, etc.

De forma natural los acuíferos disponen de unas zonas a través de las cuales penetra el agua, son las zonas de recarga y una vez que se llega al límite de su capacidad de almacenar agua de unos "rebosaderos" naturales, son las zonas de descarga.

El agua de recarga puede proceder de la lluvia o nieve que se infiltran a través de superficies permeables de la infiltración de ríos o ramblas, de la aportación subterránea de otros acuíferos con los que tiene contacto hidráulico, etc. Debido a la acción del hombre han surgido nuevas fuentes de recarga, que en muchos casos representan un volumen muy significativo del total de agua infiltrada, estas fuentes son:

- Retornos de riego
- Infiltración de canales y acequias no revestidos o en mal estado
- Fugas de embalses, infiltración de vertidos urbanos o de otro tipo.
- Formas controladas de filtración, principalmente las balsas de infiltración. y los sondeos de inyección

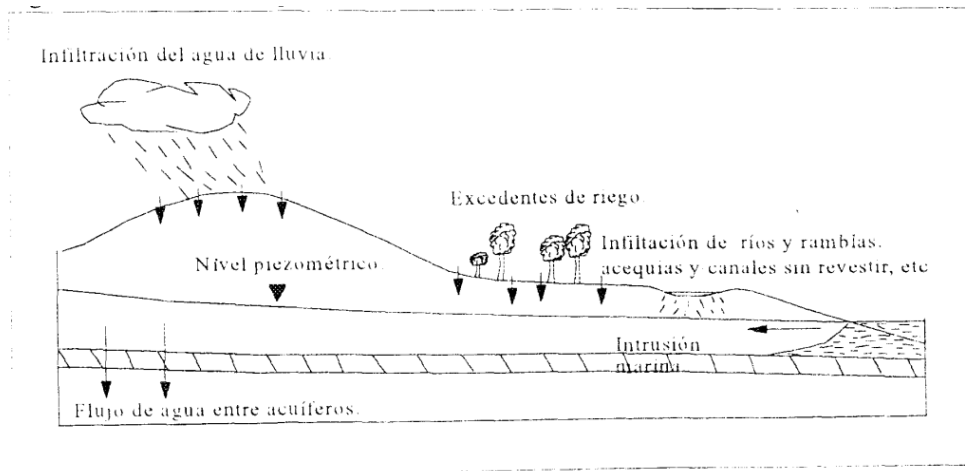


Figura 1. Entrada de Agua a los acuíferos. Tomado de “*Conceptos Básicos De Microbiología De Las Aguas Subterráneas*” (p.20) por Moreno, Navarrete, Virgós. 1998, España. Derechos reservados por Moreno Merino, Luis; Navarrete Martínez, Paloma; Virgós Soriano, Luis

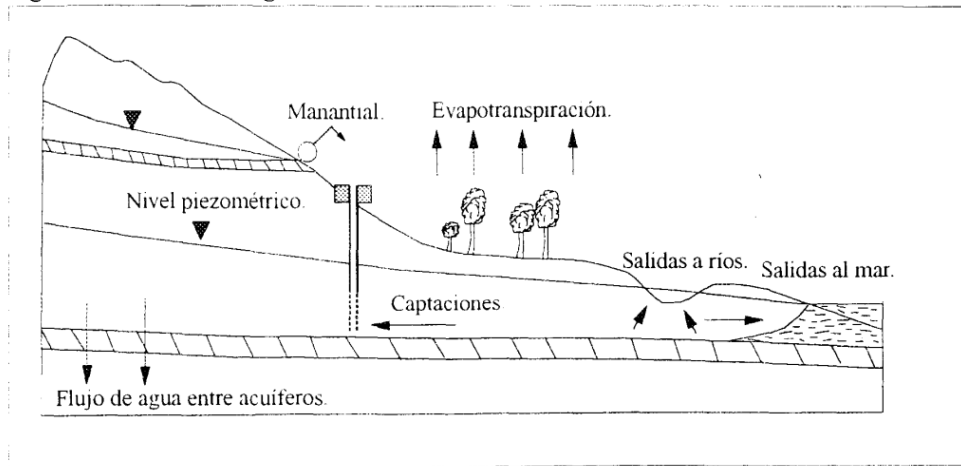


Figura 2. Salida de Agua a los acuíferos. Tomado de “*Conceptos Básicos De Microbiología De Las Aguas Subterráneas*” (p.20) por Moreno, Navarrete, Virgós. 1998, España. Derechos reservados por Moreno Merino, Luis; Navarrete Martínez, Paloma; Virgós Soriano, Luis

Clasificación de los acuíferos

Acuíferos libres: Se trata del modelo más simple, consisten en una estructura geológica permeable, saturada de agua hasta cierto nivel, por encima del cual existe una franja de terreno permeable no saturada, a través de la cual circula el agua de recarga. Si abrimos una captación (pozo, sondeo, etc.) el agua asciende hasta el nivel que tiene en el acuífero, encontrándose la presión atmosférica. El agua extraída del sistema proviene del vaciado de los poros.

El nivel que alcanza el agua en un pozo construido en un acuífero libre marca el nivel freático, que en este caso corresponde con el nivel piezométrico

Acuíferos confinados, a presión o en carga: la roca permeable que forma el acuífero se encuentra encajada o aislada por encima (techo) y por debajo (muro) de terrenos impermeables. Todo el espesor del acuífero se encuentra saturado de agua, y

la presión de ésta en los poros o fisuras es mayor que la atmosférica, de forma que cuando es perforado por un sondeo, asciende a su través quedando a un nivel por encima del punto en que la captación alcanza el acuífero

Cuando el nivel piezométrico se encuentra sobre la superficie del terreno el agua rebosa por la boca de la captación, formando lo que se conoce como un pozo artesiano o surgente

Acuíferos semiconfinados: la roca encajante no es totalmente impermeable, permitiendo el paso de cierta cantidad de agua a su través, la formación semipermeable se denomina acuitardo. La baja permeabilidad del acuitardo no permite su aprovechamiento mediante captaciones, sin embargo, la cantidad de agua que atravesándolo llega al acuífero puede suponer un porcentaje importante de la recarga total de este. Las características de este tipo de acuífero, pueden considerarse en cierta medida intermedia entre las de uno libre y otro confinado.

Estos modelos tan simplistas no suelen encontrarse en la naturaleza, normalmente se producen estructuras mucho más complejas, de tipo multicapa, en las que se superponen varios acuíferos semiconfinados o en carga, en cuya parte superior puede existir uno libre

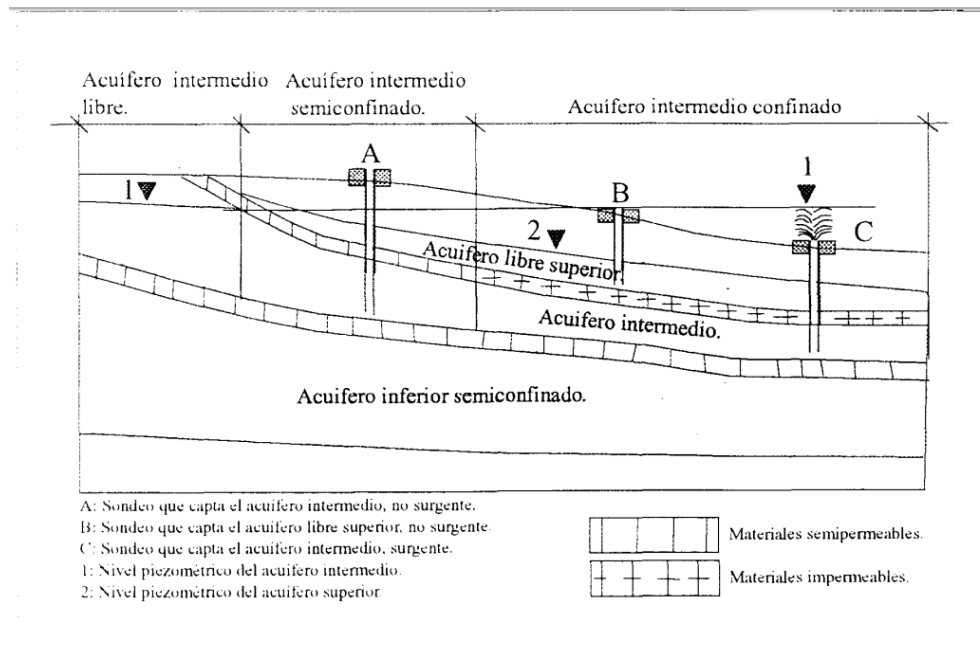


Figura 3. Modelos de acuífero libre, semiconfinado y confinado. Tomado de “Conceptos Básicos De Microbiología De Las Aguas Subterráneas” (p.19) por Moreno, Navarrete, Virgós. 1998, España. Derechos reservados por Moreno Merino, Luis; Navarrete Martínez, Paloma; Virgós Soriano, Luis

Estos modelos pueden a su vez diferenciarse en:

Acuíferos porosos: cuando están constituidos por materiales sueltos: arenas, gravas. etc., encontrándose el agua en el espacio intragranular que queda entre partículas. Las características del acuífero están determinadas principalmente por la textura (granulometría) de los materiales y el tipo y cantidad de arcillas que contienen, en especial la presencia de arcillas expansibles.

Acuíferos karstificados y/o fisurados: su material constitutivo -la mayoría de las ocasiones con una permeabilidad primaria muy reducida presenta numerosas grietas, fracturas y oquedades, ya sea debido a procesos de disolución (calizas y dolomías, yesos, etc.) o a la aparición de fracturas de muy diverso origen en materiales

insolubles, (granitos, basaltos, etc.) a través de las cuales circula el agua. Estos acuíferos se forman sobre gran variedad de materiales, siendo los de mayor importancia -por el volumen de aguas que se aprovecha- .

Acuífero de la Mesa de Guanipa

En la mesa de Guanipa hay estudios que certifican: grandes reservas de agua subterránea, las cuales en una primera aproximación se han estimado en más de $5.000 \times 10^6 \text{ m}^3$ por año. Las condiciones del clima sobre la mesa de Guanipa, denomina “mesa” por su morfología, cae una precipitación media anual de 875 mm y evaporación potencial de 1414 mm, encontramos suelos arenosos, de estructura frágil y con poca capacidad de retención de agua, pero aptos para una agricultura de riego, aplicando técnicas modernas de irrigación con pivote.

Los caudales aproximados de extracción del agua en el acuífero están entre 60 y 100 Litros/ segundo; lo que lo hace recomendable para uso en riego de pivote por un alcance de riego de unas 90 hectáreas.

El subsuelo está conformado por sedimentos no consolidados con abundante fracción arenosa intercalados con estratos de arcilla todos de edad Pleistocena y perteneciente a la Formación geológica Mesa, de espesor aproximado 150 m, estructural, litológica y morfológicamente muy uniforme. Constituye un acuífero, único, no confinado, no homogéneo con permeabilidad entre 20 y 35 m/d, transmisividad entre 1000 y 2500 m³/d/m, porosidad efectiva entre 10 y 20%, capacidad específica 10-12 lps/m, con aguas de excelente calidad, bicarbonatadas sódica, con bajo contenido mineral. (*“Lineamientos para un proyecto hidroagrícola”*, 2011). (p.15)

Desde el punto de vista de las características de los suelos; que a la postre se verá reflejado en la condición del agua que por el permea, se nota: *“De la propiedades medidas que usualmente evalúan la fertilidad del suelo se advierte baja disponibilidad de calcio ($\text{Ca} < 50 \text{ mg kg}^{-1}$) en un porcentaje elevado de los puntos*

medidos, no así en el caso del fósforo ($P > 10 \text{ mg kg}^{-1}$) y magnesio ($Mg > 40 \text{ mg kg}^{-1}$). (p.23)

Tabla 1.

Características de los Suelos

Propiedad	N	Media	Mín.	Máx.	σ
Arena (%)	25	91.60	88.00	94.00	1.63
Limo (%)	25	6.40	4.00	10.00	1.63
Arcilla (%)	25	2.08	2.00	4.00	0.40
Da (g.cm^{-3})	25	1.62	1.36	1.84	0.11
θ_{g-Da} (g.g^{-1})	25	0.09	0.00	0.15	0.04
RP _{20cm} (MPa)	15	7.53	3.53	15.66	5.06
θ_{g-RP} (g.g^{-1})	100	0.01	0.00	0.04	0.01
P (mg. kg^{-1})	24	17.17	6.00	58.00	12.00
Ca (mg. kg^{-1})	25	56.20	22.00	128.00	25.73
Mg (mg. kg^{-1})	25	96.84	48.00	159.00	33.05
M.O (%)	25	0.91	0.62	1.15	0.15
pH _(H2O) (-)	25	5.47	4.80	6.10	0.38

También se evidencia lo expuesto anteriormente respecto al tipo de suelo: el comportamiento de la composición del tamaño de partículas denota un marcado predominio de la fracción arena y muy bajos contenidos de limo y arcilla.

Aspectos Importantes en un Acuífero:

Moreno, Navarrete, Virgós (1998), **Superficie Freática:** se define como “el lugar geométrico de los puntos de agua donde la presión hidrostática se iguala a la presión atmosférica”, es el nivel que alcanza el agua en un acuífero libre. El agua puede ascender aún más por efecto de las fuerzas capilares, encontrándose en este caso sometida a una presión negativa.

El nivel piezométrico: en un punto del acuífero es el nivel que alcanzaría el agua si se pone en contacto con la atmósfera. Nivel piezométrico y nivel freático coinciden en el caso de acuíferos libres.

El Suelo: se trata de una unidad claramente diferenciada del resto de la zona no saturada y con la entidad e importancia suficientes para hacerlo así, el suelo es además la parte más activa desde el punto

de vista de depuración de las aguas al contener la mayoría de la materia orgánica de la zona no saturada y mantener la actividad biológica. Se define el suelo como "La materia mineral no consolidada de la superficie de la tierra que está sujeta a la influencia de los factores genéticos y medioambientales (material original, clima incluyendo temperatura y régimen de humedad, macro y micro organismos, topografía), los cuales interactuando durante prolongados periodos de tiempo proporcionan unas propiedades biológicas, físicas, químicas y morfológicas características

La zona no saturada: es la porción superior del acuífero cuyos poros no se encuentran saturados de agua, incluyendo el suelo y la franja de agua capilar. (p. 24)

Calidad y contaminación del agua

Moreno, Navarrete, Virgós (1998) Pueden encontrarse aguas de pésima calidad (muy sulfatadas, cloruradas, o duras, etc.) sin que por ello se encuentren contaminadas, incluso el hecho de introducir sustancias extrañas puede llegar a mejorar la calidad del agua para un uso determinado (es el caso del exceso de nitratos en la agricultura), por ello definir lo que se entiende como contaminación plantea más problemas de los que en principio pudiera parecer sobre todo si como sucede frecuentemente se intenta relacionar de forma directa las ideas de calidad y contaminación En general se ha relacionado siempre el carácter de un agua como contaminada y la adecuación al uso que de ella se hace.(p.13)

El agua natural no es necesariamente sinónimo de calidad, esta no tiene por qué ser apta al uso que de ella queramos hacer como es el caso de aguas duras que son poco adecuadas para los circuitos de refrigeración pero pueden ser perfectamente utilizables para el consumo, en el caso opuesto, cuando un elevado contenido en nitratos no se aconseja el uso del agua para bebida y sin embargo puede ser perfecta para el riego o circuitos de refrigeración.

Vulnerabilidad, riesgo y afección.

Moreno, Navarrete, Virgós (1998) considera la vulnerabilidad como “la sensibilidad de las aguas subterráneas a una alteración de la composición originada por actividades de origen antrópico”(p.20) según esta definición la vulnerabilidad está condicionada por características intrínsecas a la formación acuífera (porosidad, permeabilidad, profundidad del nivel freático, etc.), y extrínsecas, como la climatología., características de las formaciones, etc.

La afección será la situación de deterioro debida a la acción de sustancias o agresiones de otra índole.

Zonas vulnerables son todas las superficies conocidas del territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas afectadas por la contaminación y las que podrían verse afectadas si no se toman medidas oportunas, y que contribuyan a la contaminación

Microorganismos en Aguas Subterráneas

Moreno, Navarrete, Virgós(1998) En condiciones naturales las aguas subterráneas contienen pocos microorganismos, debido a la escasez de nutrientes, al escaso aporte energético y al filtrado que sufre el agua al atravesar los materiales del acuífero. Cuando la acción del hombre modifica el normal funcionamiento de los acuíferos y sobretodo cuando introduce sustancias y formas de energía que son extrañas para este, puede provocar una proliferación anormal de microorganismos, o la presencia de microorganismos patógenos provenientes del exterior.(p.12)

Las aguas subterráneas no son en modo alguno invulnerables a la contaminación microbiológica. De hecho, los acuíferos libres (con materiales permeables sobre el nivel freático) y en especial los kársticos y fisurados, presentan una gran vulnerabilidad Incluso acuíferos aislados por formaciones impermeables, que

estarían protegidos de forma natural, dejan de estarlo cuando la incorrecta ejecución de sondeos los pone en comunicación con niveles de peor calidad o con el exterior.

La presencia de microorganismos en el agua subterránea no es necesariamente consecuencia de una contaminación, de hecho existen microorganismos en todos los hábitats de la biosfera, sin embargo las características especiales de este medio, sometido a condiciones ambientales muy diferentes a las que se encuentran en las aguas superficiales, y además carente de luz y aportes de materia orgánica salvo en casos excepcionales- hacen que la población microbiana de las aguas subterráneas sea escasa y con unas características especiales

El agua es imprescindible para la supervivencia de todos los seres que habitan el planeta, en ella la vida tuvo origen y se generaron diversas reacciones biológicas, por lo tanto la evolución ha ido creando multitud de formas adaptadas a vivir en este elemento y en las más diversas condiciones, desde las frías aguas glaciares cercanas a su punto de congelación a las aguas hirvientes de manantiales termales, de aguas puras de alta montaña a lagos salados aguas superficiales y aguas subterráneas, todas contienen o pueden contener alguna forma de vida

Los microorganismos que pueblan las aguas constituyen un grupo extraordinariamente heterogéneo Se agrupan bajo la denominación de protistas debido a su sencilla organización Se pueden diferenciar los protistas inferiores y los superiores

Protistas inferiores: Archeobacterias, Bacterias, Cianobacterias.

Protistas superiores: Protozoos, hongos, algas.

TIPO	CÉLULA	TAMAÑO	FORMA	NUTRICIÓN	CONDICIONES DE DESARROLLO		
					T°	OXIGENO	pH
BACTERIAS	Procariótica	1-2 x 1-4 μm	Esférica Helicoidal Cilíndrica	Autótrofa Heterótrofa	0-60°C	Aerobias Anaerobias estrictas facultativas	4-9 Óptimo 6,5-7,5
HONGOS	Eucariótica	Variable 10-100 μm	Filamentosa	Heterótrofa	0-62°C	Anaerobios facultativos Aerobios	2-9 Óptimo 5-6
ALGAS	Eucariótica	Variable	Esférica Bacilar Alargada	Autótrofa	0-90°C	Aerobias	
CIANO-BACTERIAS	Procariótica	Variable 0,5-100 μm	Esférica filamentosa	Autótrofa	0-70°C	Aerobias Anaerobias	
PROTOZOOS	Eucariótica	5 μm	Variable	Autótrofa Heterótrofa	16- 25°C	Aerobios Anaerobios	3-9 Óptimo 6-8
VIRUS	Molécula orgánica de ácido nucleico	15 - 150 nm	Poliédrica Helicoidal	Se reproducen por replicación. Parásitos estrictos, necesitan células vivas			

Figura 4. Resumen de los tipos y características de los microorganismos que pueden estar presente en el agua Tomado de “*Conceptos Básicos De Microbiología De Las Aguas Subterráneas*” (p.12) por Moreno, Navarrete, Virgós. 1998, España. Derechos reservados por Moreno Merino, Luis; Navarrete Martínez, Paloma; Virgós Soriano, Luis

A continuación se resumen los principales microorganismos patógenos humanos que se pueden encontrar en un entorno hídrico:

VIRUS:

Las partículas víricas extracelulares no presentan actividad metabólica ni movilidad, no se multiplican ni crecen ni presentan intercambio energético alguno En este estado muchos virus son cristalizables de forma semejante a como lo hacen moléculas químicas sencillas Son por tanto parásitos intracelulares estrictos y solo se muestran activos cuando invaden su célula hospedadora específica En la fase

intracelular, la presencia del virus hace que los mecanismos reproductores de la célula hospedadora procedan al ensamblaje de la siguiente generación de virus en lugar de reproducirse a sí misma, provocando el colapso metabólico y su muerte. Existen virus que se incorporan al material genético de la célula hospedadora Si destruirla, de modo que al reproducirse

Virus de la Poliomieltis, poliovirus, *Coxsackie A y B*, *Echovirus*, *Hepatitis A y E*, Reovirus humanos, Rotavirus humanos, Adenovirus humanos, Agente de Norwalk, *Parvovirus*.

Bacterias:

Moreno, Navarrete, Virgós (1998) Las bacterias son los microorganismos más pequeños que contienen la maquinaria necesaria para crecer y multiplicarse Se trata de organismos primitivos, de estructura sencilla que han sido capaces de poblar todos los hábitats terrestres. Son por ello un grupo muy heterogéneo con muy diferentes necesidades nutricionales y energéticas. Poseen una membrana celular que regula el intercambio de nutrientes y desechos con el exterior.

Las dimensiones más frecuentes de estos organismos oscilan entre 0,5 - 1 por 2 - 5 pm. La forma de las bacterias es variada, (*Figura 5*) pueden ser esféricas (cocos), alargadas como un bastón (bacilos), con forma de estrella, de espiral (espirilos), comas, anulares, etc. También se encuentran agrupadas, normalmente en cadenas más o menos ramificadas (estreptocococ, estafilococos, diplococos)

Sus necesidades nutricionales y energéticas son muy variables Existen grupos fotoautótrofos (obtienen la energía de la luz solar, como las clorobacterias y bacterias púrpura). quironioautótrofos (la obtienen de reacciones químicas, como azobacterios, culfobacterias, sideíobacterias), aunque en su mayor parte son heterótrofas (obtienen la energía de la materia orgánica) Los elementos necesarios para el desarrollo de los rnicroorganismos se agrupan en dos categorías elementos mayoritarios (C. O, N, P, S, K, Na, Ca. Fe) y elementos minoritarios o traza, necesarios solo en cantidades muy pequeñas (Mn, Mg, Cu, Sn, Mo) El carbono, necesario para la fabricación de metabolitos intermedios y en general para los esqueletos carbonatados se obtiene del CO, o de los compuestos orgánicos. El azufre, necesario

para la síntesis de aminoácidos y proteínas, se obtiene de compuestos orgánicos azufrados o de sulfatos y sulfuros. El fósforo, empleado principalmente en la síntesis de fosfolípidos se obtiene de compuestos inorgánicos (fosfatos). Dentro del grupo de las bacterias heterótrofas se encuentran los agentes causantes de enfermedad en el hombre, animales y plantas, constituyendo además la mayor parte de la población microbiana que nos rodea. En el agua se encuentran principalmente bacterias Gramnegativas. Caracterizándose por ser capaces de vivir en medios oligotróficos (con baja concentración de nutrientes) (p.11)

Escherichia coli (algunos serotipos) ; *Staphylococcus* s.p. (Entre ellos *S. aureus*), *Vibrio* s.p. , *Clostridium* s.p. (*C. perfringens*, *C. tetani*, *C. botulinum*) *Campylobacter* s.p. (*C. jejuni*) , *Leptospira* s.p. (*L. icterohaemorrhagiae*), *Pseudomonas* s.p. (*P. aeruginosa*) , *Listeria* (*L. monocytogenes*) , *Salmonella* s.p. , *Shigella* s.p. , *Yersinia* s.p. (*Y. enterocolitica*), *Mycobacterium* s.p. , *Brucella* s.p., *Legionella* s.p., *Bacillus anthracis*

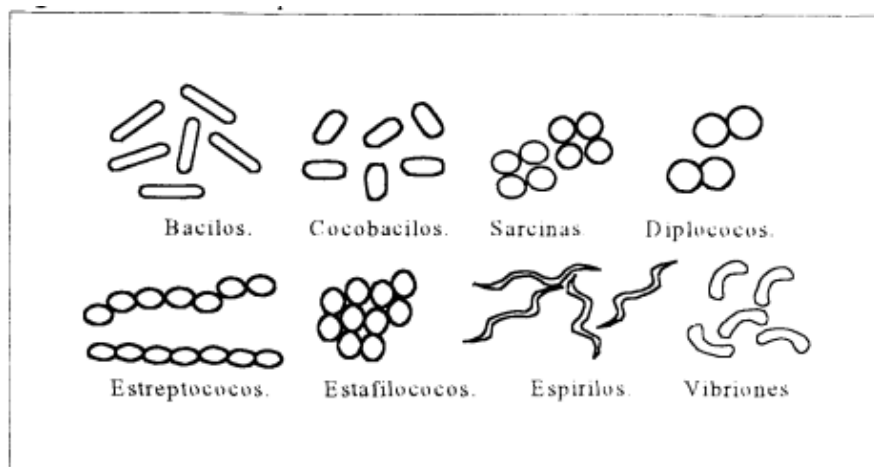


Figura 5. Formas Típicas de Bacterias Tomado de “Conceptos Básicos De Microbiología De Las Aguas Subterráneas” (p.10) por Moreno, Navarrete, Virgós. 1998, España. Derechos reservados por Moreno Merino, Luis; Navarrete Martínez, Paloma; Virgós Soriano, Luis

Protozoos:

Son protistas eucarióticos heterótrofos que se encuentran como células aisladas o en colonias. Hay protozoos que viven libremente y otros que lo hacen como parásitos o como simbioses.

La temperatura óptima para la mayoría de los protozoos está entre 16 y 25 °C y la máxima entre 36 y 40 °C. Algunos pueden tolerar un rango amplio de pH, entre 3,2 y 8,7, sin embargo la mayor parte desarrolla su máxima actividad metabólica con pH entre 6 y 8.

Algunos protozoos prosperan en aguas ricas en oxígeno pero pobres en materia orgánica (manantiales, arroyos o lagunas), mientras que otros requieren aguas ricas en minerales. Algunos crecen en aguas donde hay oxidación activa y degradación de la materia orgánica, en cambio, otros prefieren aguas con muy poco oxígeno pero ricas en productos en descomposición (por ejemplo aguas negras).

Entamoeba histolytica, Giardia intestinalis, Balantium Coli

Helmintos:

Los metazoarios o helmintos son mucho más complejos que los protozoos, sus células se agrupan formando órganos y tejidos; se reproducen sexualmente pudiendo ser hermafroditas o presentar sexos separados. Son ovíparos con excepción de filarias.

Los helmintos son muy comunes y, dependiendo de la especie, existen en forma de organismos libres o parásitos de una planta o animal. Los helmintos parásitos han coevolucionado con ciertos mamíferos y otras especies de hospedadores. Por tanto, la mayor parte de las helmintosis se limita a hospedadores no humanos y en raras ocasiones estos helmintos zoonóticos generan accidentalmente infecciones en los seres humanos.

Los helmintos difieren de los protozoarios en varios aspectos. En primer lugar, los protozoarios son microorganismos unicelulares, mientras que los helmintos son gusanos multicelulares que poseen órganos y sistemas diferenciados. En segundo lugar, los helmintos poseen ciclos vitales complejos que requieren de estadios secuenciales de desarrollo fuera del hospedador humano. Por consiguiente, la mayor parte de los helmintos no concluye su multiplicación dentro del ser humano, sino que evoluciona hasta alcanzar cierta fase dentro del mamífero hospedador y, como parte de su ciclo vital obligatorio.

Taenia saginata, *Trichiuris trichiura*, *Aneylostoma duodenale*, *Schistosoma s.p.* , *Dhyphylobotrium latum*, *Strongyloides stercoralis*, *Ascaris lumbricoides*, *Enterobius vermicularis*, *Necator americanus*, *Hymenolepis nana*, *Fasciola hepática*.

Mohos Y Levaduras:

Candida albicans, *Aspergillus s.p* (*Aspergillus fumigatus*).

Hongos:

Kasper D, Fauci A, Hauser S., Longo S., J. Larry Jameson, Joseph Loscalzo (2016) Son organismos eucarióticos heterótrofos No poseen plastidios y son en general incoloros Se reproducen mediante esporas ricuinan glucógeno y grasa como reserva pero nunca almidón Necesitan condiciones aerobias, obteniendo la energía de la oxidación de la materia orgánica Viven caprofiticamente o como parásitos y algunos son heterótrofos no solo respecto al carbono y nitrógeno sino también respecto a sustancias activas Fisiológicamente se adaptan a condiciones más severas que otros inicroor-ganismos toleran y se desarrollan en condiciones de acidez más elevadas (pH 2 a 9 con un óptimo a 5-6), soportan condiciones de sequedad que serían letales para bacterias no esporadas Las temperaturas óptimas están entre 22 y 30 "C aunque hay formas que resisten los 0 "C En aguas subterráneas sin contaminar el bajo contenido en nutrientes impide el desarrollo de los hongos Sin embargo pueden proliferar en el caso de contaminación con materia orgánica (p.252)

Aspergillus, *Fusarium*, etc.

Por otro lado las aguas no deben contener:

- Ni organismos parásitos
- Ni Algas
- Ni otros elementos figurados (animáculos)

Las técnicas de análisis han de ser sencillas, poco costosas y lo más específica posible, métodos oficiales o métodos estándar a fin de garantizar la reproductibilidad del ensayo

En vista de lo anteriormente expuesto, un análisis bacteriológico rutinario incluye:

- Recuento total de bacterias aerobias
- Coliformes totales
- Coliformes fecales (*E. coli*)
- *Streptococcus* fecales (del grupo D)
- Esporas de *Clostridium* sulfito reductores
- Otras determinaciones específicas cuando se sospeche algún problema concreto.

La determinación de coliformes totales indica de forma muy inespecífica la existencia de contaminación. Los coliformes son un grupo muy heterogéneo de bacterias que agrupa a bacilos Gram negativos fermentativos, como *E. coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Edwardsella*, *Citobacter*, etc cuya procedencia puede ser fecal (se encuentran en el intestino del hombre y de los animales), pero también pueden proceder del suelo, polvo y agua, por ello cuando se precisa determinar si la contaminación tiene origen fecal se recurre a los coliformes fecales, y más comúnmente a *E. coli*. Su presencia en el agua indica contaminación reciente, pero no ha de estar

necesariamente ligada con organismos patógenos. Los estreptococos fecales del grupo D proceden del intestino del hombre y de los animales. Estos organismos son un buen indicador al estar siempre ligados con las heces, empleándose como índice de desinfección. Son más resistentes a las condiciones ambientales, tratamiento térmico y agentes desinfectantes que *E. coli*.

Parámetros Físico-Químicos del Agua

Temperatura (T°)

Es un parámetro termodinámico del estado de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía. Influirá en la cantidad de oxígeno presente en el agua ya que a mayor temperatura se acelerará el proceso fotosintético así como la remoción de materia orgánica.

Alcalinidad Total

Es un indicador de la productividad de cuerpos de agua naturales, el valor de alcalinidad es utilizado en la interpretación y control del tratamiento de aguas claras y aguas usadas. Por otro lado, valores de alcalinidad en exceso sobre las concentraciones de metales alcalino-terreos (Be, Mg, Ca, Sr, Ba y Ra) son importantes para determinar si un abasto o fuente de agua puede ser utilizado para irrigación de suelos.

La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos. La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón de un agua.

En las aguas naturales la alcalinidad es debida a la presencia generalmente de tres clases de iones: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, y en aguas contaminadas con residuos industriales se pueden encontrar otras clases de compuestos como boratos, silicatos, fosfatos, etc., que contribuyen con la alcalinidad en las aguas.

Los bicarbonatos representan la mayor parte de la alcalinidad, ya que se forman en cantidades considerables por la acción del CO_2 sobre los materiales básicos del suelo. En aguas superficiales donde abundan las algas, éstas utilizan en su actividad fotosintética no sólo el CO_2 libre, sino que también lo sacan de los bicarbonatos presentes. (“Parametros Fisico-Quimicos: Alcalinidad”, 2011)

Se define alcalinidad como la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Esta representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en una muestra de agua. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. No obstante, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a la alcalinidad de estar también presentes. Estos iones negativos en solución están comúnmente asociados o pareados con iones positivos de calcio, magnesio, potasio, sodio y otros cationes. El bicarbonato constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad. Dicha especie iónica y el hidróxido son particularmente importantes cuando hay gran actividad fotosintética de algas o cuando hay descargas industriales en un cuerpo de agua.

La alcalinidad, no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa (Tabla 2).

Dicha correlación se debe en parte a que la disponibilidad del carbono es mayor en lagos alcalinos y también al hecho de que las rocas sedimentarias que contienen carbonatos, a menudo contienen también concentraciones relativamente altas de nitrógeno y fósforo (en comparación con el granito, otras rocas ígneas y regiones donde

el lecho rocoso ha sido desgastado y lavado, los cuales generalmente contienen bajas concentraciones de estos dos nutrientes limitantes y del CaCO_3) (p.10)

Tabla 2.

Rango según la Alcalinidad del agua.

RANGO	ALCALINIDAD (mg/L CaCO_3)
BAJA	< 75
MEDIA	75 - 150
ALTA	> 150

Nota: Tomado de *Datos de Alcalinidad*, (p.2), por Kevern, 1989, estados unidos. .

Derechos reservados por Niles R. Kevern

Turbiedad

La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica causando que la luz sea dispersada y absorbida en lugar de ser transmitida en línea recta a través de la muestra.

La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales. La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración.

La medición de la turbiedad es importante por ser uno de los factores visuales que influyen en la aceptación del agua por el consumidor. En el agua de pozo, puede indicar la entrada de escurrimientos superficiales, y por ende una contaminación potencial. En el agua coagulada y filtrada indica generalmente una operación

defectuosa. En el agua de suministro, la turbiedad puede deberse al carbonato de calcio precipitado en las aguas duras, indicando el posible depósito de incrustaciones en las tuberías, o puede ser debido al óxido de hierro formado por la corrosión de la tubería.

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son:

- Presencia de fitoplancton, o crecimiento de las algas;
- Presencia de sedimentos procedentes de la erosión;
- Presencia de sedimentos resuspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa);
- Descarga de efluentes, como por ejemplo escorrentías urbanas mezclados en el agua que se analiza.

Como consecuencia de la sedimentación de las partículas en el fondo, los lagos poco profundos se colmatan más rápido, los huevos de peces y las larvas de los insectos son cubiertas y sofocadas, las agallas de los peces se tupen o dañan

En conclusión, los valores de turbiedad sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilización del agua.

La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de turbidez, o *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU).

El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. (Seijas, 2011, p.2)

pH

Seijas, (2011) La medición de pH es una de las pruebas más importantes que se utilizan en la química del agua. A una temperatura dada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución se indica por la actividad del ión hidrógeno o pH, dado por la siguiente expresión: $\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$

El pH de un agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrios de disolución de CO_2 en un agua, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el pH de cualquier agua. Además, la actividad fotosintética reduce el contenido de CO_2 disuelto de un agua, mientras que la respiración de los organismos heterótrofos produce CO_2 causando un efecto contrario con respecto al pH medido. Por otro lado, el aporte de ácidos que naturalmente pueden acceder a un medio hídrico lo podría acidificar (así, por ejemplo, el H_2S formado en aguas poco oxigenadas y con fuerte ambiente reductor o los ácidos húmicos provenientes de la mineralización de la materia orgánica). Efectos de alcalinización natural de un agua pueden detectarse vía disolución de rocas y minerales de metales alcalinos y alcalinotérreos del terreno drenado por un agua.

Con relación al agua potable, el consumo de aguas con valores extremos de pH pueden provocar irritaciones de mucosas y órganos internos, e incluso procesos ulcerosos. Además, aguas con $\text{pH} < 7$ favorecen corrosiones en la red de distribución de aguas potables, y la aparición de condiciones físico-químicas que permiten la formación de H_2S en casos extremos mediante concurso microbiano. Por último, otro efecto asociado al pH de un agua potable es que valores altos están generalmente asociados a la presencia de aguas coloreadas y por tanto, no agradables para el consumo humano.

El valor de pH de aguas superficiales se encuentra en el intervalo de 6 a 8.5, pudiendo las aguas subterráneas presentar menores valores de pH que las superficiales.

La técnica potenciométrica se basa en la ya conocida capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H^+ . El potencial en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio. La temperatura de la disolución afecta al valor del pH, por lo cual habrá que tenerse en cuenta esta

circunstancia cuando se proceda a medir potenciométricamente el pH. Se trata de un método oficial. Se recomienda efectuar la medida de pH *in situ*.

Se utilizara también una variante del método colorimétrico para poder comparar (cintas Merck y método visual colorimétrico de rojo fenol). (p.2)

Sólidos Suspendidos Totales

El término Sólido engloba la materia en suspensión y disuelta en aguas naturales, industriales, y residuales. Los Sólidos pueden afectar negativamente la calidad del agua o limitar su uso como fuente de suministro. Las aguas ricas en minerales, igualmente no son adecuadas para muchas aplicaciones industriales. Aguas con alto contenido de sólidos suspendidos pueden resultar estéticamente insatisfactorias para actividades de higiene. Los análisis de Sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento con los límites estipulados en la normativa ambiental vigente. Talavera (2015)

Dureza Total

Seijas, (2011) La dureza total se define como la suma de las concentraciones de Ca y Mg, ambos expresados como carbonato cálcico, en mg/l.

Los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} forman dos complejos tipo quelato con la sal disódica del ácido etiléndiaminotetracético (AEDT) de constantes de formación ligeramente diferentes. La desaparición de las últimas trazas de ambos cationes disueltos se pone de manifiesto por el viraje de un indicador específico (*negro eriocromoT*) y sensible a una mínima concentración de Mg^{2+} con él complejada lo que provoca su cambio de coloración. Si el agua está convenientemente tamponada en medio amoniacal (pH=10) se forman complejos

amoniacaes del Ca^{2+} y Mg^{2+} presentes en aquélla de cierta estabilidad, que impiden la precipitación de los metales. A medida que se va adicionando AEDT al medio se produce primero la valoración del Ca^{2+} (que queda desplazado de su complejo amoniacal) por formación del quelato con AEDT, y una vez agotado aquél se valoraría el Mg^{2+} por nuevo desplazamiento del complejo con amonio. Finalmente, el desplazamiento de una mínima cantidad adicional de Mg^{2+} añadida a la disolución y complejo desde el principio con un indicador coloreado, para formar el quelato con AEDT, pondría de manifiesto la complejación total de todo el Ca^{2+} y todo el Mg^{2+} existentes. La dureza se expresa en mg/l como CaCO_3

Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma. En función del pH y de la alcalinidad, una dureza del agua por encima de 200 mg/l aproximadamente puede provocar la formación de incrustaciones, sobre todo en las calefacciones, en las tuberías de aguas calientes, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua, también se pueden encontrar problemas de deposición en las tuberías de enfriamiento debido al efecto de disminución de la solubilidad del agua. Las aguas blandas con una dureza menor que 100 mg/l aproximadamente tienen una capacidad de amortiguación baja y pueden ser más corrosivas para las tuberías. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza. No obstante, el grado de dureza del agua puede afectar a su aceptabilidad por parte del consumidor en lo que se refiere al sabor y a la formación de incrustaciones.

La dureza total de las aguas es un componente con bastante significación en la calidad físico-química. No se conocen con claridad los efectos de las aguas blandas y duras sobre el organismo de los consumidores, aunque ciertos estudios epidemiológicos parecen apuntar a que la incidencia de enfermedades cardiovasculares es mayor en las zonas de consumo de aguas blandas. Por otra parte, las aguas blandas son agresivas y facilitan la disolución de metales de las cañerías, provocando, entre otras enfermedades, saturnismo o intoxicación por plomo en aquellos abastecimientos en que aún se conservan tuberías antiguas de plomo. (p.3)

Conductividad

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia, está directamente vinculada a la cantidad de sólidos totales disueltos (TDS). El agua desionizada de alta calidad tiene una conductividad de 5,5 $\mu\text{S}/\text{m}$, el agua potable típica en el rango de 5-50 mS/m , mientras que el agua de mar cerca de 5 S/m . (Es decir, la conductividad del agua de mar es un millón de veces mayor que el agua desionizada). La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir micro Siemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$), o en 10 elevado a -3, es decir, mili Siemens (mS/cm).

Es producida por los electrolitos que lleva disueltos un agua y es, lógicamente, muy baja en el agua pura (unas pocas centésimas de $\mu\text{S}/\text{cm}$). Además, se comprende que exista una relación entre ella y la cantidad de los electrolitos que contiene, es decir, su residuo seco. Concretamente, en un agua natural no muy contaminada, se cumple que el valor del residuo seco en mg/l oscila entre 0.5 y 1.0 veces el valor de conductividad, expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Conductividad del agua

- ✓ Agua pura: 0.055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Agua destilada: 0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Agua de montaña: 1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Agua para uso doméstico: 500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Máx. para agua potable: 10055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Agua de mar: 52 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Figura 6. Clasificación según la conductividad del agua Tomado de Medición de Conductividad (p.2) por Seijas, 2011, Venezuela. Derechos reservados por Antonio Seijas Botana

La conductividad de un agua natural está mediatizada por el terreno que atraviesa y por la posibilidad de disolución de rocas y materiales, el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, temperatura, gases disueltos, pH y toda la serie de factores que pueden afectar la solubilidad de un soluto en agua.

En el caso de medidas en soluciones acuosas, el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad.

La temperatura influye en la medición de la conductividad por lo tanto hay que tomarla en consideración, para realizar mediciones comparativas, la temperatura de referencia es de 20 °C ó 25 °C. (Seijas, 2011, p.3)

Cloruros

El cloro en la forma de Ion cloruro (Cl^-), es uno de los aniones más comunes que están en las aguas naturales e industriales. Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua.

En el agua potable, el sabor salado producido por las concentraciones de cloruro, es variable y depende de la composición química del agua. Algunas aguas que contienen 250 mg Cl^-/I pueden tener un sabor salado típico detectable si el catión es el sodio. Por otra parte, el sabor salado puede estar ausente en aguas que contengan 1000 mg Cl^-/I , cuando los cationes predominantes son el calcio y el magnesio. El ion Cl^- es altamente corrosivo y da lugar a deterioros y picaduras en tuberías y sistemas de distribución de aguas, así como en equipos industriales que operen con aguas ricas en cloruros. Así mismo, y en función de su contenido, pH del agua y otros iones presentes en ella, puede degradar los hormigones. Se puede emplear un método volumétrico (argentometría) basado en la reacción de precipitación de los iones Cl^-

por adición de una disolución valorante de sales de Ag^+ en medio neutro. Como indicador del punto final se utiliza una disolución de K_2CrO_4 que precipita cromato de plata insoluble de color rojo (es método oficial)” (Petit ,2011, p.2)

Anhídrido carbónico libre

Molina, (2011) El CO_2 es poco soluble en agua, si bien y pese a esto, en condiciones normales este proceso es capaz de generar uno de los aspectos más importantes y más estudiados de la Química del Agua.

El CO_2 disuelto en el agua proviene de la respiración de los organismos acuáticos no fotosintéticos, de la descomposición de materias orgánicas, de la disolución ácida de carbonatos y de la lluvia. Su eliminación, se produce fundamentalmente a través de la función clorofílica realizada por plantas y microorganismos fotosintéticos. En un agua natural, los equilibrios anteriores son más complejos por la intervención de los iones disueltos del agua, especialmente de Ca^{2+} y Mg^{2+} , cationes mayoritarios en las aguas, produciéndose la competencia entre bicarbonatos relativamente solubles, y carbonatos más insolubles, de los metales anteriores.

De este modo y haciendo una síntesis de todo el complejo proceso, cuando en un agua existe CO_2 libre, éste tiende a reaccionar con los carbonatos presentes, solubilizándolos a través de su transformación en bicarbonatos y alcalinizando el agua. Por contra, los propios bicarbonatos pueden a su vez disociarse e insolubilizarse rindiendo CO_2 y acidificando el pH del medio. A esta dinámica se denomina "equilibrio carbónico" de un agua.

Así, un agua puede calificarse de "agresiva" si disuelve CaCO_3 de las paredes de una tubería o depósito, con lo que además, incremento su valor de pH. Por contra, si deposita carbonato desde el bicarbonato soluble y reduce su valor de pH, se califica de "incrustante". Estos fenómenos tienen gran importancia, tanto en aguas naturales, como en distribución de aguas debido a las alteraciones de los materiales de tuberías y canalizaciones que podrían acarrear.(p.9)

Componentes No Deseables

Nitratos

Molina, (2011) La presencia de NO_3^- en aguas procede de la disolución de rocas y minerales (muy frecuentes), de la descomposición de materias vegetales y animales, de efluentes industriales y del lixiviado de tierras de labor en donde se utilizan abonos que los contienen profusamente como componentes en sus formulaciones.

En general, las aguas naturales de superficie no suelen contener más de unos 10 mg/l e incluso con frecuencia no pasan de 1 mg/l de la sustancia. Sin embargo, desde hace unos 20 años se ha comprobado un gran incremento del contenido en NO_3^- en muchas aguas, sobre todo subterráneas, relacionado con el uso ya antes comentado de fertilizantes nitrogenados. Estos aumentos han hecho que muchos pozos y acuíferos subterráneos se hayan de abandonar en su empleo para consumo humano ante sus altos niveles de NO_3^- (>50 mg/l) y su evidente riesgo para la salud. Aunque en aguas residuales la presencia de NO_3^- es mínima, sí puede ser elevada en las aguas ya depuradas procedentes de estaciones depuradoras, ya que el compuesto se convierte en factor limitante del crecimiento en sistemas hídricos si existe abundancia de fósforo, promoviendo fenómenos indeseables de eutrofización de aguas naturales. Los nitratos también pueden estar implicados en la "metahemoglobinemia" y en la generación de nitrosaminas, así como en la aparición de diversos tipos de cánceres gástricos según evidencias comprobadas. (p.17)

Nitritos

Molina, (2011) Especie poco estable químicamente, su presencia en un agua suele indicar una contaminación de carácter fecal reciente. Así pues, en aguas superficiales bien oxigenadas, la concentración de NO_2^- no suele superar 0.1 mg/l. Sin embargo, en ríos con contaminaciones de aguas residuales urbanas e industriales apreciables pueden medirse niveles muy superiores. Lógicamente, aguas subterráneas sometidas a ambiente reductor y/o pobres en oxígeno, pueden contener también NO_2^- . Las aguas profundas y desoxigenadas de lagos y embalses estratificados presentan

concentraciones de NO₂⁻ sustancialmente más altas que las detectadas en las aguas de superficie.

Por otro lado, desde el punto de vista fisiológico, es importante citar que los NO₂⁻ al igual que los NO₃⁻ pueden ser tóxicos debido a su poder de transformar la hemoglobina de la sangre en metahemoglobina incapaz de fijar el oxígeno y realizar correctamente la respiración celular. Además, reaccionan dentro del organismo con aminos y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno.

La técnica rutinaria (*método oficial*) es la del método de ZANMELLI: se trata de hacer reaccionar los NO₂⁻ de un agua con el ácido sulfanílico en medio HCl, en presencia de amonio y de fenol, para formar un compuesto coloreado amarillo susceptible de medida espectrofotométrica a una longitud de onda de 435 nm. (p.18)

Principales Operaciones Unitarias Empleadas En El Tratamiento Del Agua

De Vargas (2013) Los principales procesos de transferencia utilizados en el tratamiento del agua para consumo humano son los siguientes:

- Transferencia de sólidos
- Transferencia de iones
- Transferencia de gases
- Transferencia molecular o de nutrientes.

➤ Transferencia de sólidos:

Se consideran en esta clasificación los procesos de cribado, sedimentación, flotación y filtración.

- **Cribado o cernido**

Consiste en hacer pasar el agua a través de rejillas o tamices, los cuales retienen los sólidos de tamaño mayor a la separación de las barras, como ramas, palos y toda clase

de residuos sólidos. También está considerado en esta clasificación el microcernido, que consiste básicamente en triturar las algas reduciendo su tamaño para que puedan ser removidas mediante sedimentación. (p.105)

- **Sedimentación**

Consiste en promover condiciones de reposo en el agua, para remover, mediante la fuerza gravitacional, las partículas en suspensión más densas. Este proceso se realiza en los desarenadores, presedimentadores, sedimentadores y decantadores; en estos últimos, con el auxilio de la coagulación. (p.105)

- **Flotación**

De Vargas (2013) El objetivo de este proceso es promover condiciones de reposo, para que los sólidos cuya densidad es menor que la del agua asciendan a la superficie de la unidad de donde son retirados por desnatado. Para mejorar la eficiencia del proceso, se emplean agentes de flotación. Mediante este proceso se remueven especialmente grasas, aceites, turbiedad y color. Los agentes de flotación empleados son sustancias espumantes y microburbujas de aire. (p.106)

- **Filtración**

Consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso, normalmente de arena, en el cual actúan una serie de mecanismos de remoción cuya eficiencia depende de las características de la suspensión (agua más partículas) y del medio poroso.

Este proceso se utiliza como único tratamiento cuando las aguas son muy claras o como proceso final de pulimento en el caso de aguas turbias. Los medios porosos utilizados además de la arena —que es el más común— son la antracita, el granate, la magnetita, el carbón activado, la cáscara de arroz, la cáscara de coco quemada y molida y también el pelo de coco en el caso de los filtros rápidos. En los filtros lentos lo más

efectivo es usar exclusivamente arena; no es recomendable el uso de materiales putrescibles. (De Vargas, 2013, p.106)

➤ **Transferencia de iones:**

La transferencia de iones se efectúa mediante procesos de coagulación, precipitación química, absorción e intercambio iónico.

- **Coagulación química**

La coagulación química consiste en adicionar al agua una sustancia que tiene propiedades coagulantes, la cual transfiere sus iones a la sustancia que se desea remover, lo que neutraliza la carga eléctrica de los coloides para favorecer la formación de flóculos de mayor tamaño y peso.

Los coagulantes más efectivos son las sales trivalentes de aluminio y fierro. Las condiciones de pH y alcalinidad del agua influyen en la eficiencia de la coagulación. Este proceso se utiliza principalmente para remover la turbiedad y el color.

- **Precipitación química**

La precipitación química consiste en adicionar al agua una sustancia química soluble cuyos iones reaccionan con los de la sustancia que se desea remover, formando un precipitado. Tal es el caso de la remoción de hierro y de dureza carbonatada (ablandamiento), mediante la adición de cal.

- **Intercambio iónico**

De Vargas (2013) Como su nombre lo indica, este proceso consiste en un intercambio de iones entre la sustancia que desea remover y un medio sólido a través del cual se hace pasar el flujo de agua. Este es el caso del ablandamiento del agua mediante resinas, en el cual se realiza un intercambio de iones de calcio y magnesio por iones de sodio, al pasar el agua a través de un medio poroso constituido por zeolitas de

sodio. Cuando la resina se satura de iones de calcio y magnesio, se regenera introduciéndola en un recipiente con una solución saturada de sal. (p. 107)

- **Absorción**

La absorción consiste en la remoción de iones y moléculas presentes en la solución, concentrándolos en la superficie de un medio adsorbente, mediante la acción de las fuerzas de interfaz. Este proceso se aplica en la remoción de olores y sabores, mediante la aplicación de carbón activado en polvo.

- **Transferencia de gases**

De Vargas (2013) “Consiste en cambiar la concentración de un gas que se encuentra incorporado en el agua mediante procesos de aereación, desinfección y recarbonatación.”(p.107).

- **Aereación**

Se efectúa mediante caídas de agua en escaleras, cascadas, chorros y también aplicando el gas a la masa de agua mediante aspersión o burbujeo. Se usa en la remoción de hierro y manganeso, así como también de anhídrido carbónico, ácido sulfhídrico y sustancias volátiles, para controlar corrosión y olores.

- **Desinfección**

De Vargas (2013) “Consiste en la aplicación principalmente de gas cloro y ozono al agua tratada.” (p.107)

- **Recarbonatación**

Consiste en la aplicación de anhídrido carbónico para bajar el pH del agua, normalmente después del ablandamiento.

➤ **Transferencia molecular**

De Vargas (2013) En el proceso de purificación natural del agua. Las bacterias saprofitas degradan la materia orgánica y transforman sustancias complejas en material celular vivo o en sustancias más simples y estables, incluidos los gases de descomposición.

También los organismos fotosintéticos convierten sustancias inorgánicas simples en material celular, utilizando la luz solar y el anhídrido carbónico producto de la actividad de las bacterias y, a la vez, generan el oxígeno necesario para la supervivencia de los microorganismos aeróbicos presentes en el agua.

Este tipo de transferencia se lleva a cabo en la filtración, en la cual los mecanismos de remoción más eficientes se deben a la actividad de los microorganismos. (p.108)

Filtros de Carbón Activado

El término “carbón activado” es usado genéricamente para describir una familia de adsorbentes carbonáceos altamente cristalinos y con una porosidad interna ampliamente desarrollada, se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores a 2 nanómetro de radio); tal porosidad permite que atrape compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido; diferentes compuestos como metales pesados, gases, toxinas, algunas proteínas y productos de desecho. este proceso es tan efectivo, que se ha convertido en uno de los purificantes

más utilizados por el ser humano. A la propiedad que tiene un sólido de adherir a su paredes una molécula que fluye, se le llama “adsorción”. Al sólido se le llama “adsorbente” y a la molécula, “adsorbato”.

Debido a sus características dichas anteriormente, además del proceso de filtración (que por objeto es retener sólidos presentes en un fluido), existen otros procesos de purificación con diversas aplicaciones que se pueden realizar mediante el uso del carbón activado, tales son: deodorización y purificación de aire, tratamiento de personas con intoxicación aguda , refinación de azúcar, decoloración de aceites vegetales, decoloración y deodorización de bebidas alcohólicas, entre muchos otros.

La dicha propiedad que tiene el carbón activado de adsorber se debe a que “los átomos de carbono forman un sólido al que llamamos “carbón”, se ligan entre sí mediante uniones de tipo covalente. Los átomos que no están en la superficie, distribuyen sus cuatro uniones en todas las direcciones. Pero los átomos superficiales, aunque están ligados con otros cuatro, se ven obligados a hacerlo en menor espacio, y queda en ellos un desequilibrio de fuerzas. Ese desequilibrio es el que los lleva a atrapar una molécula del fluido que rodea al carbón.

La fuerza con la que los átomos superficiales de carbono atrapan a otro, se le llama “Fuerza de London”, que es uno de los siete tipos de “fuerzas de Van der Waals”. Al dicho proceso mediante estas fuerzas se le considera una unión fisicoquímico suficientemente fuerte para retener los adsorbatos, sin embargo no tan fuerte para considerarla definitiva o irreversible, por lo tanto el carbón activado puede reutilizarse y reactivarse las veces que sea necesario para hacer de su uso.

La materia prima a utilizar para la elaboración del carbón activado, en teoría, podría realizarse con cualquier partícula de carbón. No obstante, si el carbón está muy ordenado (como es el caso del diamante o el grafito), es difícil eliminar algunos átomos de carbono para generar poros.

Una manera de clasificar carbones, se basa en el grado de “coquización” u ordenamiento de sus átomos de carbono. Mientras menos ordenados, el carbón es menos duro y puede activarse con mayor facilidad.

Las materias primas más utilizadas para fabricar carbón activado son: maderas poco duras (como la de pino), carbones minerales (ligníticos, bituminosos y de antracita) y cáscaras o huesos de vegetales (concha de coco, hueso de aceituna o de durazno, cáscara de nuez).

Los carbones activados fabricados a partir de maderas poco duras, forman poros de diámetro grande, y son particularmente adecuados para decolorar líquidos.

Los que se fabrican a partir de carbones minerales, tienden a formar una amplia gama de poros; suelen ser más adecuados para aplicaciones en las que los compuestos que buscan retenerse son de distintos tamaños moleculares.

Los que parten de cáscaras o huesos duros, forman poros pequeños, y se aplican en el tratamiento de gases o en la potabilización de aguas que provienen de pozos

El tipo de material con el que se produce el carbón activado afecta el tamaño de los poros y las características de regeneración del carbón activado. Los dos tipos de clasificación son: carbón activado en polvo, con diámetro menor o igual a 0.25mm y el carbón granular, con diámetro superior a los 0.25mm.

Los tamaños de los poros van desde los más pequeños, llamados microporos (hasta 2.0 nm), hasta los mesoporos (de 2.0 a 50 nm) y macroporos (mayores de 50 nm). (*“Carbón Activado”, 2014*)

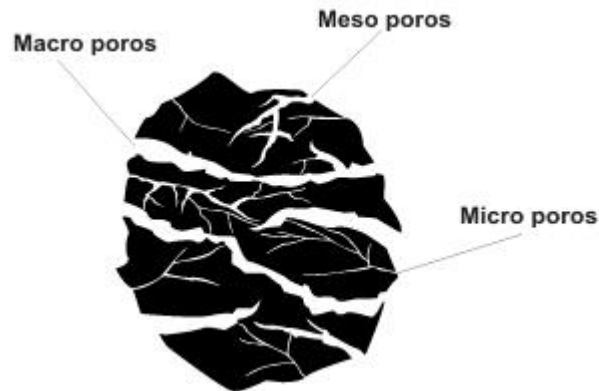


Figura 7. Representación de los macro, meso y micro poros en carbón activado. Carbón activado. Tomado de *¿Qué es el carbón activado?*, (párr.19), por Carbotecnia, México. Derechos reservados por Carbotecnia

(2014) “*Carbón Activado*” Los diseños más comunes utilizan filtros de una o de dos etapas, donde el carbón activado se introduce como medio filtrante.

Para su aplicación en tratamiento de agua se requiere 1 a 3 pies cúbicos (de 30 a 90 decímetros cúbicos aproximadamente) de carbón activado para tratar 1 millón de litros de agua, siempre y cuando, la concentración de cloro libre sea igual o menor a 1 ppm (parte por millón). La acidez y temperatura del agua a filtrar influyen en el comportamiento del filtro de carbón activado. A mayor acidez y menor temperatura del agua, el desempeño de los filtros de carbón activado mejora.

Un filtro de carbón activado debe ser reemplazado entre cada 2.800 y 3.750 litros de agua filtrada, lo cual es solo un referente pues la capacidad de filtración y vida del filtro dependerán de la calidad del agua que se filtra. El tamaño del poro del carbón activado y el tamaño de las partículas a filtrar también influyen en la vida y capacidad de filtración del filtro de carbón activado.

Por lo que la única forma de saber si un filtro de carbón activado ha dejado de funcionar es hacer un análisis del agua resultante del filtro, pues ni el sabor u olor pueden ser un referente certero. Una vez que se ha saturado un filtro de carbón activado, el agua que pase por él, resultará más contaminada que si no se filtrara.

Los contaminantes típicamente presentes en aguas de pozo suelen ser de bajo peso molecular y, para estos casos, el carbón más adecuado es uno de alta microporosidad. Los carbones que mejor cumplen con esta condición son, en primer lugar, los de concha de coco y, posteriormente, los minerales bituminosos. (parr 8.)

Filtros con Luz Ultravioleta (UV)

“Purificación y tratamiento del Agua” (2010) Esterilización ultravioleta es el proceso de destrucción de toda vida microbiana a través de la radiación ultravioleta.. Los sistemas de tratamiento y desinfección de Agua mediante luz Ultra Violeta (UV), garantizan la eliminación de casi la totalidad de todos los agentes patógeno, este sistema destruye algas y protozoos e inhabilita así su expansión y contaminación. Para lograr este grado de efectividad casi absoluta mediante este procedimiento físico, es totalmente imprescindible que los procesos previos del agua eliminen de forma casi total cualquier turbiedad de la misma, ya que la Luz Ultravioleta debe poder atravesar perfectamente el flujo de agua a tratar.

Los Purificadores de Agua por Ultravioleta funcionan mediante la "radiación" o "iluminación" del flujo de agua con una o más lámparas de silicio cuarzo, con unas longitudes de onda de 200 a 300 nanómetros. Por lo tanto, el agua fluye sin detenerse por el interior de los purificadores, que contienen estas lámparas. (parr 2.)

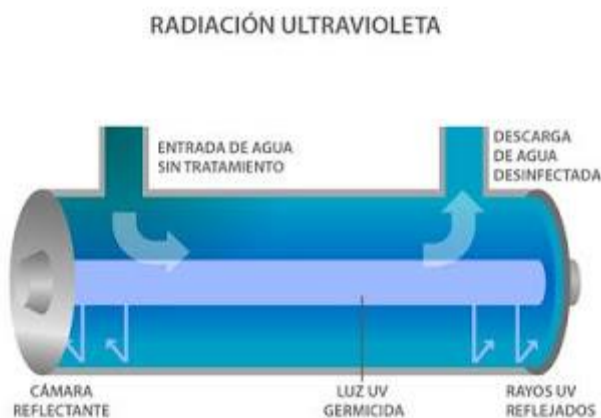


Figura 8. Dibujo esquemático de filtro de radiación ultravioleta. Tomado de *tratamiento del agua por rayos ultravioleta*, (párr.2), por agua-purificación, México. Derechos reservados por purificación y tratamiento de agua

La luz UV no cambia las propiedades del agua o aire, es decir, no altera químicamente la estructura del fluido a tratado. Al contrario de las técnicas de desinfección química, que implican el manejo de sustancias peligrosas y reacciones que dan como resultado subproductos no deseados, la luz UV ofrece un proceso de desinfección limpio, seguro, efectivo y comprobado a través de varias décadas de aplicaciones exitosas.

“Purificación y tratamiento del Agua” (2010) La generación artificial de la luz UV se realiza a través de un emisor (lámpara) de cuarzo puro, el cual contiene un gas inerte que es el encargado de proveer la descarga inicial, y conforme se incrementa la energía eléctrica, el calor producido por el emisor también aumenta junto con la presión interna del gas, lo cual genera la excitación de electrones que se desplazan a través de las diferentes líneas de longitud de onda, produciendo la luz UV. Una descarga de presión baja produce un espectro a 185 y 253.7 nm. Los emisores de luz UV de presión media producen radiación multionda, es decir, diferentes longitudes de onda de diversa intensidad a través del espectro UV-C (200-300 nm). (parr 5)

El ADN, o ácido desoxirribonucleico, es responsables de dirigir las actividades dentro de todas las células vivas. Todas las células deben tener ADN intacto para funcionar correctamente. Su estructura es muy similar a una escalera que se ha torcido de ambos extremos dando como resultado un aspecto espiral. (parr 9)

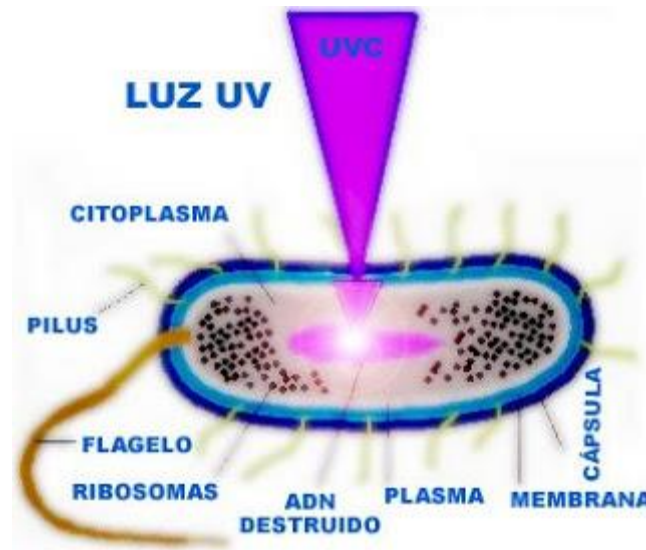


Figura 9. Reacción fotoquímica irreversible en microorganismos, la cual inactiva y destruye las células. Tomado de *tratamiento del agua por rayos ultravioleta*, (párr.8), por agua-purificación, México. Derechos reservados por purificación y tratamiento de agua

La propiedad que tiene el ADN, presente en el núcleo de las moléculas de todos los microorganismos (bacteria, virus, hongos y quistes) de absorber la radiación UV produce el efecto de rompimiento de las cadenas de los aminoácidos de proteínas, causando una disrupción metabólica afectando su mecanismo reproductivo y logrando así su inactivación, eliminando sus propiedades para producir enfermedades y de crecimiento microbiológico. Uno de los principales beneficios al aplicar luz UV con propósitos de desinfección es que no se utilizan ningún tipo de químico para ello. (parr 10.)

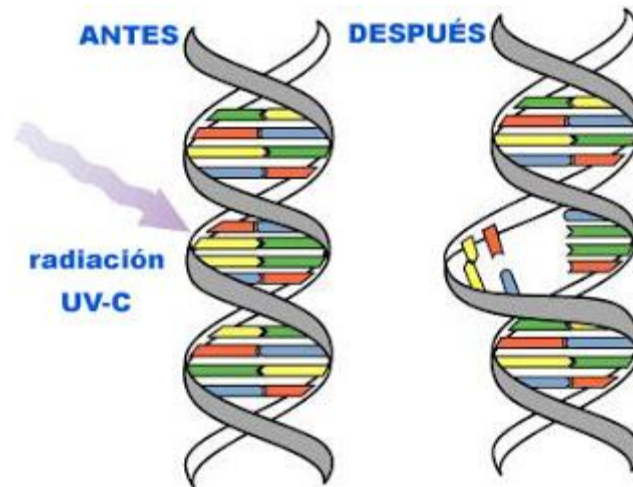


Figura 10. Disrupción metabólica en el ADN de los microorganismos. Tomado de *tratamiento del agua por rayos ultravioleta*, (párr. 10), por agua-purificación, México. Derechos reservados por purificación y tratamiento de agua

Clasificación de las aguas envasadas

Dependiendo de los resultados físico-químicos que se obtengan y las operaciones unitarias con las que se trate el agua proveniente de pozo profundo, el producto final que es el agua envasada; dependiendo de sus atributos sobresalientes se podrá clasificar en las siguientes categorías, según la Norma COVENIN 1481-32:

Agua mineral: aquella cuyo origen es procedente *directamente* de un pozo profundo o endógeno, que brotan naturalmente o que se obtengan por perforación, sin contaminación y cumplan con los requisitos establecidos en la norma de potabilidad.

Agua mineral natural: aquella cuyo origen es procedente *directamente* de un pozo profundo o endógeno, que brotan naturalmente o que se obtengan por perforación, sin contaminación y cumplan con los requisitos establecidos en la norma de potabilidad y no haya sido sometida a tratamiento alguno.

Agua mineral gasificada: toda aquella agua cuyo origen es procedente directamente de un pozo profundo o endógeno, que brotan naturalmente o que se obtengan por perforación, que cumplan con los requisitos establecidos en la norma de potabilidad y contenga anhídrido carbónico (CO₂) libre natural o adicionado, hasta una cantidad no mayor de 5 volúmenes de CO₂ disuelto y un pH correlacionado al mismo entre, 4,5 y 7,5.

Agua potable gasificada: toda aquella agua procedente directamente o no de fuentes superficiales o profundas, que cumplan con los requisitos establecidos en la norma de potabilidad y que contengan anhídrido carbónico (CO₂) libre natural o adicionado, hasta una cantidad no mayor de 5 volúmenes de CO₂ disuelto y un pH correlacionado al mismo entre, 4,5 y 7,5. En función de la cantidad de CO₂ disuelta en el agua se podría inducir si el agua es carbonatada o no; atendiendo a las normas sobre calidad de agua mineral envasada

Ciclo de Vida de un Proyecto

Para la elaboración y puesta en marcha de cualquier proyecto de ingeniería, deben definirse y llevarse a cabo, una serie de actividades que son agrupadas por fases o etapas, a las cuales se les denomina como el “Ciclo de vida de un proyecto”. La *Figura 11* muestra un esquema de las fases de un proyecto de ingeniería.



Figura 12. Ciclo de vida clásico de un proyecto de ingeniería. Figura de elaboración propia

Cuando los proyectos son de mayores dimensiones, se involucran en los mismos diversos organismos gubernamentales y financieros, haciéndolo más complejo, de manera que se integren otros aspectos paralelos, tales son aspectos

ambientales que exigen un proceso de aprobaciones, desplazamientos de poblaciones a consecuencia de áreas intervenidas en el proyecto, entre otros.

Como ya se mencionó en el alcance y delimitación, capítulo I de la presente tesis, para la realización de nuestro objetivo general que es desarrollar una propuesta para la adecuación de agua proveniente de pozo profundo, por su misma naturaleza de propuesta, esta sólo será desarrollada hasta su ingeniería básica. Se describe a continuación los conceptos y diferencias entre Ingeniería conceptual e Ingeniería básica

La ingeniería conceptual, es una etapa que en la que solo se plantean conceptos o ideas, esta sirve para evaluar que tan viable es el proyecto técnicamente, en esta etapa de ingeniería no se estudia la rentabilidad. En líneas muy generales se analizan y estudian en esta fase los productos y capacidad, las normativas a utilizar, descripción de los procesos y diagrama de bloques.

La Ingeniería básica es el siguiente paso en el proyecto de ingeniería y no es más que la profundización de lo anterior descrito en la ingeniería conceptual. Se realiza una revisión detallada de la ingeniería conceptual, se realizan estudios de las instalaciones físicas en función de normas y estándares competentes, se analizan y estudian en esta fase los productos y capacidad, elaboración de diagramas de flujo de los procesos, dimensionamiento de los equipos a utilizar, cálculos preliminares de cada sistema que hace parte del proyecto, lista inicial de equipos y su proveedor.

Es importante aclarar que para cada proyecto se siguen unos lineamientos estándar, pero dependiendo del tipo de proyecto se requerirá de mayor o menor cantidad de pasos y tareas para cada etapa del mismo

Contratos o Infraestructura “Llave en mano”

Ducci,; Garzonio, Moreno, Navarrete, Perroni, y Riquelme, (2013) El uso de contratos llave en mano en obras de infraestructura (o de contrato conjunto de diseño y obra) se propone usualmente como una solución eficaz para reducir costos y plazos de transacción en la licitación de obras, ya que en un solo proceso se lleva a cabo la licitación del diseño de las obras y su construcción; lo que a la vez responsabiliza al contratante de los diseños lo cual reduce en principio los riesgos asociados con "errores de diseño" que son una causa normal de significativos conflictos y sobrecostos de las obras. También se argumenta que este mecanismo permite suplir las deficiencias del organismo executor para contratar obras. Esta nota argumenta que a priori este tipo de contratos pueden ser más costosos para el mandante, porque necesariamente se basa en menores niveles de información para los oferentes (mayor riesgo), y pueden limitar la posibilidad de la participación de empresas pequeñas o medianas. De igual manera, el esquema no suple deficiencias institucionales del organismo executor para llevar a cabo los proyectos, que necesitará una supervisión más fuerte para la verificación de resultados. No obstante, hay condiciones específicas en las cuales este tipo de contratos son recomendables y estas deben ser tomadas en cuenta en su utilización. Entre otras, se debe disponer de una prefactibilidad mínima de los proyectos, la cual permita que la asimetría o incertidumbre de información no sea traducida en sobrecostos, teniendo en cuenta que la contratación se realiza por precio global. (p.8)

Bases Legales

Las bases legales de la presente investigación se encuentra representada principalmente por las “Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable” Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Número 36.395 donde se destacan varios artículos entre ellos:

Artículo 1

El objetivo de las “Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable” es establecer los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que representan un riesgo para la salud de la

comunidad, o inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido, así como la regulación que asegure su cumplimiento

Este artículo de suma importancia ya que el agua para consumo humano no debe de ir contra la salud del individuo, el cual se debe garantizar que cumpla con los valores máximos de componentes dañinos que el agua de pozo pueda tener.

Artículo 9

Los resultados de los análisis bacteriológicos de agua potable deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Ninguna muestra de 100 mL, deberá indicar la presencia de organismos coliformes termorresistentes (coliformes fecales).
- b. El 95% de las muestras de 100mL, analizadas en la red de distribución no deberá indicar la presencia de organismos coliformes totales durante cualquier periodo de 12 meses consecutivos.
- c. En ningún caso deberá detectarse organismos coliformes totales en dos muestras consecutivas de 100 mL, provenientes del mismo sitio.

Es necesario que el agua de pozo deba cumplir con los análisis bacteriológicos ya que estos determinara si se deberá tratar a tal nivel, lo que podría ser un indicador de contaminación.”

Artículo 16

“El agua que se suministre como potable deberá someterse a mediciones sistemáticas para la evaluación de parámetros microbiológicos, organolépticos, físicos, químicos y radioactivos en muestras representativas del sistema de abastecimiento con la frecuencia que establecen estas Normas.”

De acuerdo a este articulo el control de calidad que se le haga al agua durante su proceso de adecuación de satisfacer los diferentes parámetros indicados en este. Para garantizar así su consumo durante el tiempo.

Terminología Básica

Coliformes

“Pertenece a algunos de los varios bacilos de esp. *Escherichia coli* y los miembros de la género *Aerobacter*, normalmente presente en el de colon” (The free dictionary by Farlex, s.f, on line)

Número más probable (NMP)

Seijas, 2011, “Cantidad de organismos por unidad de volumen que, de acuerdo con la teoría estadística. Se expresa como densidad de organismos por 100 ml”. (p. 8)

Componentes Organolépticos

“Sustancias y/o elementos que proporcionan al agua características físicas percibibles por el consumidor (color, olor, sabor, temperatura).” (Adaptado de la Gaceta Número 36.395, p. 2)

Escherichia coli

“Es un género de bacterias Gram-negativas que se encuentran en los intestinos de los seres humanos y muchos animales de sangre caliente.” (The free dictionary by Farlex, s.f, on line)

Las bacterias anaerobias

“Cualquier bacteria que pueda sobrevivir en la ausencia parcial o total de aire; dos tipos son facultativas y obligadas.” (The free dictionary by Farlex, s.f, on line)

pH

“coeficiente que caracteriza el grado de acidez de un medio”. (The free dictionary by Farlex, s.f, on line)

Capítulo III

Marco Metodológico

Tipo de investigación

A relación sobre la investigación aplicada Valarino, Yáber, y Cemborain (2010), expresan que:

Está orientada a determinada disciplina, intenta aplicar conocimientos científicos en cuestiones de naturaleza estratégica; aportan diagnósticos y propuestas de intervención; generar propuestas que contribuyan a innovar en el diseño y gestión de políticas o perfeccionar las ya existentes o producir innovaciones en la tecnología, aplicaciones productivas específicas o resolver problemas específicos; crear novedosos productos o emprendimientos, modelos de negocio, aplicaciones operativas concretas, patentes; formar actores del desarrollo integral que sean capaces de identificar y definir problemas, de aportar soluciones a los retos de desarrollo, a los problemas nacionales o de una región, y ser profesionales socialmente responsables. (p. 67).

De acuerdo a lo citado se realizará una investigación de tipo aplicada, por estar orientada a la resolución de un problema en concreto que es la adecuación de aguas provenientes de pozos profundos en el acuífero de la mesa de Guanipa, se aplicarán conocimientos científicos y se evaluará por medio de una muestra si el agua reúne las características para ser potabilizada, de ser así, se propondrá el diseño de una planta potabilizadora y se estandarizará el proceso.

Diseño de investigación

Se presentan la investigación experimental o diseño experimental de acuerdo a lo siguiente Arias, (2006), “la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. (p. 33)

Con respecto a su diseño será de tipo experimental, por cuanto se estudiará el comportamiento de variables y se hará control de estas. Se evaluará variables físico-químicas y bacteriológicas de una muestra de agua del acuífero de la mesa de Guanipa, mediante técnicas e instrumentación de laboratorio, se realizará un análisis de los datos arrojados, mediante tabulación y clasificación y se adecuará y normalizará mediante operaciones unitarias donde finalmente se estructurará la planta de agua envasada de acuerdo a las norma COVENIN 1431-82.

Unidad de investigación

Hernández, Fernández y Baptista, (2006), explican que la unidad de análisis es el sobre que o quienes se van a recolectar datos. (p.236).

La unidad de investigación será las aguas subterráneas de la mesa de Guanipa en el estado Anzoátegui.

Hipótesis

Como explica Arias, (2006), “la hipótesis es una suposición que expresa la posible relación entre dos o más variables, la cual se formula para responder tentativamente a un problema o pregunta de investigación” (p.47)

De acuerdo a lo citado anteriormente se indica que el agua de pozo profundo de la mesa de Guanipa es adecuada para el consumo como agua potable.

Sistema de variables

En Arias G. Fidias (2006) se exponen que la “variable es una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que puede sufrir cambios, y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación.” (p.57)

En esta investigación las variables se clasificaron en la siguiente forma según su función de acuerdo a Arias G. Fidias (2006)

- Independientes: son las causas que generan y explican los cambios en la variable dependiente. En los diseños experimentales la variable independiente es el tratamiento que se aplica y manipula en el grupo experimental.
- Dependientes: son aquellas que se modifican por acción de la variable independiente. Constituyen los efectos o consecuencias que se miden y que dan origen a los resultados de la investigación.
- Intervinientes: son las que se interponen entre la variable independiente y la dependiente, pudiendo influir en la modificación de esta última.
- Extrañas: también llamadas ajenas, son factores que escapan del control del investigador y que pueden ejercer alguna influencia en los resultados (p. 59-60)

Variables independientes de dimensiones fisicoquímicos y microbiológicas: Co₂ libre en el agua, coliformes totales, coliformes fecales, PH, conductividad, alcalinidad total, dureza total, solidos totales, solidos suspensión totales, solidos disueltos, solidos suspendidos y cloruros.

Variables dependientes: volumen de los tanques, índice de Langilier, filtros, diámetros de tuberías presente en la planta, así como las perdidas generada por la misma.

Variables intervinientes: temperatura aportada por el calentador de tubos de ensayo.

Variables extraña: temperatura ambiental.

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos se pueden explicar de la siguiente forma según Arias, (2006), “Todo en correspondencia con el problema, los objetivos y el diseño de investigación. Se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información.” (p.67)

Al ser una investigación experimental se presenta unas técnicas y características para su desarrollo específicas.

Observación

Arias, (2006), “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de los objetivos de investigación preestablecidos” (p.69)

La observación es una técnica de recogida de información donde el observador toma datos sobre un fenómeno a la cual está en contacto directo obteniendo información primera mano, con esta técnica se logró recabar los datos necesarios resultante de los experimentos llevados a cabo en el laboratorio de sanitaria de la escuela de ingeniería civil de la UCAB Guayana sobre el agua extraída del pozo de la mesa de Guanipa.

Observación no estructurada

Explica Arias (2006) “observación libre o no estructurada es la que se ejecuta en función de un objetivo, pero sin una guía prediseñada que especifique cada uno de los aspectos que deben ser observados” (p. 70).

En esta investigación no se tiene no se tiene estándares para registrar los datos por lo tanto se identifica como una observación no estructurada para la recolección de datos ya que no se posee tabuladores, sin embargo los investigadores preparan instrumentos de elaboración propia adaptadas a los parámetros que se requieren medir.

Instrumentos

Para los instrumentos para la recolección de datos se define según Arias, (2006), “es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.69). De acuerdo a lo explicado anteriormente donde se dice usar la observación de tipo no estructurada los instrumentos de a utilizar fueron: cuadernos de nota para el registro de los parámetros que se precisaban medir, cuantificar y estudiar a lo largo del proceso de investigación, computadores portátiles para el almacenamiento de la información, cámaras fotográficas y videos para registrar y demostrar cada paso de la investigación.

Procedimiento

Para el debido cumplimiento del objetivo general es necesario el planteamiento de cada uno de los objetivos específicos, desglosándolo en actividades con un principio y un fin definiendo así el esquema bien delimitado por cada objetivo para luego proceder con el capítulo 4 y así garantizar el fin de cada uno de los componentes de la investigación.

Estudiar las variables típicas a ensayar en función del tipo de agua

Se investiga en las normas de agua potable y las de agua embotellada los parámetros con lo que se debe cumplir para identificar las variables a estudiar para así su posterior realización de los ensayos una vez identificadas.

Caracterizar las aguas del pozo a ser utilizado para la planta de llenado, a través de ensayos de laboratorio calificado

Se procedieron a hacer las investigaciones pertinentes para la caracterización del pozo, se tomó las muestras con los procedimientos adecuados para no

contaminarlas durante su transporte con envases previamente esterilizados para luego proceder con el análisis mediante las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas ya nombradas anteriormente en el marco teórico(Co2 libre en el agua , Coliformes totales, coliformes fecales, PH, conductividad, alcalinidad total, dureza total, solidos totales, solidos suspensión totales, solidos disueltos, solidos suspendidos y cloruros). Cabe destacar que se tomó una muestra aparte para su análisis en el laboratorio de fundación la Salle para realizar comparaciones.

Definir procesos físicos que adecuen las aguas provenientes del pozo a las condiciones exigidas por las normas establecidas para su embotellamiento

En función a los ensayos realizados se procede a definir los procesos necesarios para la adecuación del agua de pozo profundo, cabe destacar que al buscar un agua natural mineral se evitó usar todo proceso químico, se procedió con las investigaciones para poder definir los procesos físicos que mejor se adaptaban entre ellos el ozono, filtro de antracita y arena, filtro de carbón activado y filtros UV. Una vez realizada las investigaciones se procede a la elección del filtro de carbón activado y el filtro ultravioleta al ser los más adecuado al poder preservar la condición natural del agua.

Evaluar aguas embotelladas comerciales para determinar sus propiedades en función de sus componentes y denominarlas variables pertinentes.

Posteriormente se eligió una marca comercial para poder compararla y así saber su calidad respecto a los estándares comerciales y definirla a través de cuadros comparativos.

Esquematizar la planta potabilizadora y embotelladora de acuerdo a las normas venezolanas

Posteriormente se procedió a la elección del tipo de filtros necesarios para adecuar el agua de pozo, entre ellos un filtro de carbón activado el cual se procedió a la realización de ensayos con un prototipo para determinar si era el adecuado, luego se planteó las propuestas de los componentes que participaran en la planta.

Una vez se hace la elección por parte del cliente entre todas las propuestas, se realiza los cálculos mediante el uso del software Excel (hoja de cálculo) para el cálculo de las pérdidas menores, pérdidas mayores, diámetro, dimensionamiento de tanques, y de acuerdo a las caídas de presión la bomba necesaria para la planta

Para el diseño de la planta se investigó sobre los equipos adecuados para su posterior diseño y esquematización, cumpliendo así con las exigencias de la planta estandarizando así el proceso de adecuación del agua de pozo.

Se investigó entre los sistemas de envasado para elegir el más adecuado a la planta de acuerdo al volumen disponible.

Se procede a especificar unas series de recomendaciones para el control de calidad para la garantía de las propiedades originales del agua.

Capítulo IV

Presentación y análisis de resultados

En el presente capítulo se exhibe, el estudio, análisis y desarrollo que fue necesario realizar para el cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación planteados anteriormente, igualmente se exponen los resultados y la interpretación que se le dio los mismos.

Estudio las variables típicas a ensayar en función del tipo de agua

Para determinar el proceso de adecuación del agua de pozo a tratar primero se procedió con el análisis fisicoquímico y bacteriológico tomando como variables a analizar en función a las tablas de las normas sanitarias de agua potable para su

comparación, caracterizándola y determinar así los procesos y componentes necesarios para la planta sin procesos químicos por su condición de agua mineral natural.

Se harán varias propuesta en el capítulo desarrollados al nivel de ingeniería conceptual siendo unas de estas elegidas por el cliente que posteriormente se desarrolla al nivel de ingeniería básica.

Cabe destacar que ya se encuentra una estructura existente comprendida por una toma directa (ver anexo A) mediante el cual se extrae a un caudal de 55 l/s mediante una bomba diesel (ver anexo B), desde el pozo profundo (ver anexo c) el cual dirigirá el agua a un sistema de pivoteo (anexo D).

Se escogieron tres laboratorios para la realización de los ensayos pertinentes: el Laboratorio de la fundación “La Salle” (Edo. Bolívar) (certificado por el Ministerio del Ambiente), el laboratorio de la UCAB (EDO. Bolívar) y el laboratorio Ambiolab (EDO. Anzoátegui) (certificado por el Ministerio del Ambiente).

Análisis Bacteriológico de la muestra de agua de pozo profundo



Figura 13. Muestra de agua proveniente del pozo profundo en la Mesa de Guanipa. La muestra se tomó en “Finca Agro-Oriente”, vía la Viuda, a 11 Km antes de llegar al distribuidor la Viuda-El Tigre

Para la toma de la muestra se hizo con sumo cuidado de que no se contaminara, (ver anexo E) esterilizando el recipiente previamente, se le colocó un papel aluminio para mayor seguridad, ya que la toma se encontraba a más de 3 horas del laboratorio se procedió a mantenerla refrigerada hasta su llegada al laboratorio.



Figura 14. Preparación de los tubos de caldo lactosado y de dilución

Para proceder con su análisis en el laboratorio se colocó 9 tubos de caldo lactosa do y 4 de dilución, añadiendo 1 ml de muestra en el primer tubo de agua diluida. Se tomó un ml del tubo anterior para diluir en el siguiente así hasta cumplir con los 4 tubos. Se agito cada uno y se preparó 3 series de 3 tubos de caldo lactosado, inoculando a cada serie de tubo con 1 ml de cada uno de las disoluciones que se le realizo a la muestra original.



Figura 15. Incubadora

Finalmente incubándolo en un baño de maría a una temperatura de 35 °C durante 48 horas.

Posterior a las 48 horas se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 3.

Resultado del ensayo del coliformes totales

Resultados de los tubos	
N° de tubos positivos	0

Tabla 4.

Resultado de los ensayos bacteriológicos

Componentes o características	Resultados	Unidad	Valor deseable	Valor máximo
Coliformes totales	Ausentes	NMP/100ml	95% de muestras	Ausentes en 95% de muestras
Coliformes fecales	Ausentes	NMP/100ml	Ausentes	Ausentes



Figura 16. Colocación de los tubos preparados en la incubadora



Figura 17. Resultado final del ensayo de coliformes. Se evidencia que no hubo cambio de coloración del morado al amarillo en 48 horas de incubación, todos los tubos dieron negativos al cambio de color

En la muestra de agua para verificar su condición bacteriológica, se evidencio la ausencia total de material coliforme, tanto totales como fecales lo cual se puede decir que cumple con las NORMAS SANITARIAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE, donde indica que ninguna muestra de 100 ml debe mostrar presencia de organismos coliformes termorresistentes, siendo esta agua desde el punto vista bacteriológico apta para el consumo humano

Estudios Físicos-Químicos de la muestra de agua de pozo

Turbidez

Al medir la turbiedad con el turbidímetro (Thermo Orion Turbidímetro Model AQ4500) arrojo un valor de 0,05 UNT siendo este menor a 1 UNT (permitido por la

norma) cumpliendo con las normas sanitarias y calidad del agua potable, y a la vez cumpliendo con la guía de turbidez del laboratorio de sanitaria para aguas puras.

Conductividad

Mediante el uso de un conductímetro marca Conductivity Hanna (modelo HI 8033) se determinó en la muestra una conductividad de 14,4 ($\mu\text{s}/\text{cm}$). Si bien la conductividad no es un parámetro especificado en las tablas de la normas sanitarias de calidad de agua potable su bajo valor podría indicar baja concentración de sólidos disueltos, siendo el carbonato de calcio el 90 % de estos.

Sólidos disueltos y sólidos suspendidos

El contenido de sólidos totales presentes en la muestra de agua de pozo arrojó 6 mg/l encontrándose en un rango relativamente bajo. De acuerdo a los valores de su fracción suspendida 2 (mg/l) generalmente este parámetro está relacionado con la turbidez donde se puede verificar al haber dado un valor tan bajo, mientras que los sólidos disueltos fueron 4(mg/l) estando este valor relacionado con la conductividad confirmando así su bajo valor. La cantidad de sólidos disueltos es el parámetro utilizado para la valoración de la calidad de agua y representa un punto de comparación; para ser considerado como tal, este valor según las normas de calidad de agua potable debe ser menor a 600 mg/l ó 1000 mg/l máxima, por lo que el agua del pozo cumple con este criterio fácilmente.(ver anexo para el procedimiento)

Medición del pH

Usando el método colorimétrico mediante el kit que se aprecia en la figura 14 se le agrego agua del agua de pozo con 2 gotas de indicador fenol comparando con la tabla de referencia para obtener el siguiente resultado:

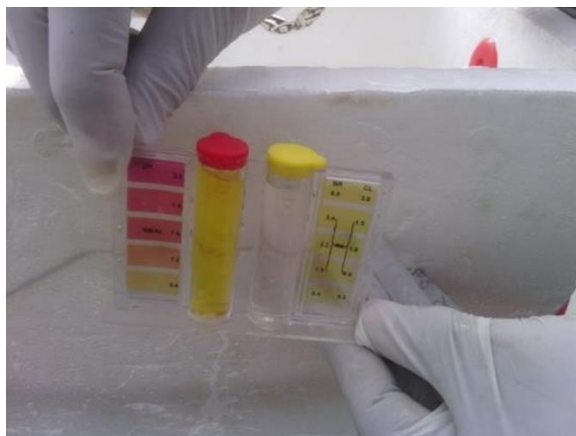


Figura 18. Resultado del ensayo de pH. Se evidencia que el pH está por debajo de primer valor de la escala de 6,8 unidades de pH, se nota que la intensidad del color amarillo en la muestra es mucho mayor que en la escala

En virtud de ser una variable determinada en in situ y con el método colorimétrico, se determinó que: por su coloración es mucho menor que el mínimo establecido en la escala de colores, es decir 6,5 unidades de pH.

La muestra de agua de pozo profundo en particular es de pH ácido, de esta forma se disipa la discrepancia con el valor arrojado en el primer avance; dando fe in situ y en laboratorio de la condición ácida del agua en particular

Cloruros

Para una muestra de 100 ml se tituló con nitrato de plata AgNO_3 agregando solución indicadora de dicromato para obtener el siguiente resultado.

Tabla 5.

Tabla de resultados obtenidos en el ensayo de Cloruros

Parámetro	Valor
Volumen de nitrato de plata gastados	2,91 ml
Volumen de nitrato de plata gastados en la titulación en blanco (resultado previo de otro laboratorio)	0,8 ml
Normalidad de la solución de nitrato de plata	0,01 N

$$\text{cloruro} \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(A - B) * N * 35450}{100}$$

$$\text{cloruro} \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(2,91 - 0,8) * 0,01 * 35450}{100} = 7,49 \frac{mg}{l}$$

Los valores de cloruro se encuentran por debajo del límite máximo aceptable para agua potable (250 ppm) en donde los efectos son apreciable en su sabor al no haber sabores salados pudiéndose decir que es baja en salinidad

Medición de la alcalinidad

Se determinó la alcalinidad usando una muestra de 50 ml de muestra del agua de pozo en un Erlenmeyer agregando 2 gotas de indicador mixto, tornándose la muestra azul lo que indica cierto porcentaje de alcalinidad.



Figura 19. Muestra preparada antes de la titulación

Se titula con H_2SO_4 a 0,02N obteniendo el siguiente resultado mostrado en la *Figura 20* dejando de titular hasta obtener un cambio de color a color salmón

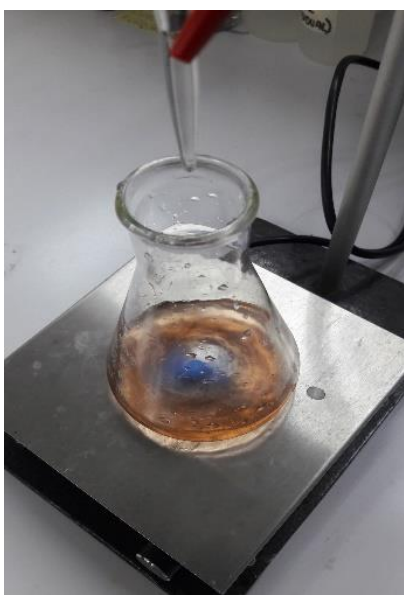


Figura 20. Muestra después de la titulación con H_2SO_4

Tabla 6.

Tabla de los resultados obtenidos en el ensayo de alcalinidad

Parámetro	Unidad	Muestra
Volumen gastado de H ₂ SO ₄	ml	0,1
Normalidad de H ₂ SO ₄	N	0,02
Volumen de muestra	ml	50

$$T\left(\text{CaCO}_3, \frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) = (\text{mlH}_2\text{SO}_4 * \text{Normalidad} * 50000) / (\text{ml de muestra})$$

$$T\left(\text{CaCO}_3, \frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) = \frac{0,1\text{ml} * 0,02 * 50000}{50} = 2 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{CaCO}_3$$

De acuerdo a los cálculos la alcalinidad total se encuentra en encuentra en niveles bajos, indicando poca capacidad para neutralizar ácidos y lo que hace que la presencia de carbonatos y bicarbonatos sean baja.

Medición de la Dureza

Para la determinación de la dureza se tomó 50 ml de muestra del agua de pozo en un cilindro graduado, luego colocando la muestra en un Erlenmeyer y agregando 1 ml de solución amortiguadora para posteriormente agregar 2 gotas del indicador negro Ericromo T, donde la muestra tomo un color purpura. Posteriormente se tituló con EDTA hasta que la muestra torno un color azul. A partir de estas medidas ordenadas en la siguiente tabla serán los parámetros necesarios para el cálculo de la dureza.

Tabla 7.

Tabla de los resultados obtenidos en el ensayo de dureza

Parámetro	Unidad	Muestra
Volumen gastado de EDTA	ml	0,2
Normalidad del EDTA	N	0,0182
Volumen de muestra	ml	50

Calculando la dureza con la siguiente expresión

$$Dureza \left(\frac{mg}{l} CaCO_3 \right) = \frac{ml \text{ de EDTA gastados} * 1000 * f}{volumen \text{ de muestra}}$$

Se calcula el factor referente al peso de CaCO₃ equivalente a 1 ml de EDTA:

$$f = (concentracion \text{ de EDTA}) / (concentracion \text{ de CaCO}_3)$$

Concentración de CaCO₃ a usar 0,02N

f=0,91

$$Dureza \left(\frac{mg}{l} CaCO_3 \right) = \frac{0,2 * 1000 * 0,91}{50}$$

Dureza(mg/l CaCO₃)=3,64 mg/l CaCO₃

De acuerdo con la siguiente tabla de la norma COVENIN 2277-1991, la dureza del agua del pozo se encuentra por debajo de 75mg/l, por lo que se clasifica como un agua blanda indicando bajos niveles de calcio y magnesio, donde se puede decir que es un cuerpo de agua dulce en el que existen bajas sales disueltas.

TABLA 1

CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGUN SU DUREZA.

Tipo de agua	mg/L de dureza
Suave	0-75
Moderadamente dura	75-150
Dura	150-300
Muy dura	300

Figura 21. Clasificación de las aguas según su dureza. Tomado de la norma COVENIN 2211-1991 (p.15), Venezuela.

Cumplió también con la norma de “Normas Sanitarias De Calidad Del Agua Potable” al ser una dureza menor a 250 mg/l CaCO_3



Figura 22. Foto anterior a la titulación con EDTA

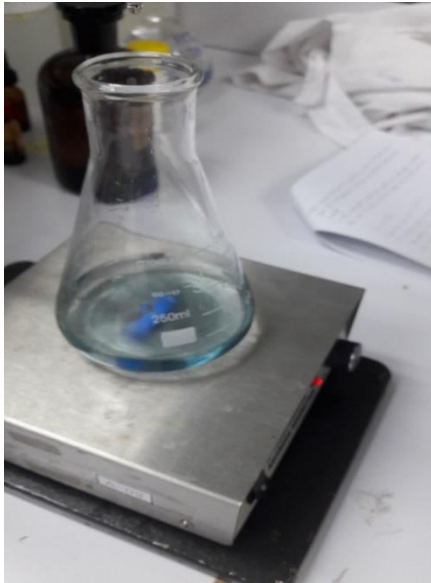


Figura 23. Foto posterior a la titulación con EDTA

Ensayo: determinación de CO₂

Si bien este ensayo no se realizó bajo las normas COVENIN vigente para tal caso, por no disponer de los equipos exigidos por la norma; si se realizó un ensayo de campo de tipo preliminar donde se pretende determinar la cantidad de CO₂ disuelta el agua a fines de caracterizar el agua.

En virtud de ser una prueba de campo, se utilizó NaOH 0.1N, se diluyó a una solución de NaOH a 0.02 N, dicha solución se utilizó para neutralizar la muestra de agua, bajo una relación ácido-base, en presencia de fenolftaleína; el consumo de NaOH en el pto. de equivalencia fue de 5 ml; ajustando los valores a lo establecido en el método

mg/l de CO₂ = (ml consumidos NaOH. *N (base)*44.000)/volumen de la muestra

mg/l de CO₂ = (5*0.02*44.000)/100 = 44 mg/l de CO₂

 REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS MUESTRAS DE AGUA POTABLE		LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA	
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS:		FECHA: 13/07/2017	
PERSONA, EMPRESA Ó INSTITUCIÓN, SOLICITANTE: AGRORIENTE			
N° DE IDENTIFICACIÓN DE LA	201725M-018	UBICACIÓN GENERAL DE TOMA DE MUESTRA	via LA Viuda; finca: Agroriente
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	06/07/2017	UBICACIÓN ESPECÍFICA DE TOMA DE MUESTRA	pivote de salida del pozo La muestra de agua cumple con lo requisitos exigidos
HORA DE TOMA DE MUESTRA	09:00 a.m.	hora/procesamiento:	2
ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS Y FÍSICOQUÍMICOS		NORMA SANITARIA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE 36.395	
COMPONENTES Ó CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	UNIDAD	DESEABLE Menor a :
	Entrada Salida		MAXIMO (a) Aceptable
ALCALINIDAD TOTAL	2	mg/l CaCO ₃	
COLOR REAL		Co (UCV)	5,0
TURBIEDAD	0,05	UNT	1,0
pH	5		6,5 -8,5
CLORO RESIDUAL		mg/l	0,3 a 0,5
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2	mg/L	600
DUREZA TOTAL	3,64	mg/L CaCO ₃	250,0
CONDUCTIVIDAD	14,40	uS/cm	
CLORUROS	7,49	mg/L	250,0
SÓLIDOS TOTALES	6	mg/L	0,10
SÓLIDOS DISUELTOS *	4	mg/L	0,10
ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS		VALOR MÁXIMO (a)	
COMPONENTES Ó CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	UNIDAD	VALOR DESEABLE
			95 % de muestras
COLIFORMES TOTALES	Ausentes	NMP/100 ml	Ausentes, en 95 % de muestras
COLIFORMES FECALES	Ausentes	NMP/100 ml	Ausentes
* = por diferencia		APROBADO POR: Yolanda Montesinos	
MUESTRAS ANALIZADAS POR: T.S.U. "Manuela Petip	VERIFICADO POR:	Antonio Seijas	DIRECTOR DE ESCUELA ING. CIVIL
TECN. DE LABORATORIO	COORDINADOR DE LABORATORIO		

Figura 24. Hoja de reporte de resultados del análisis físico-químico de la muestra de pozo profundo, realizado en el Laboratorio de Sanitaria de la UCAB (EDO. Bolívar)

Análisis y resultados de los demás laboratorios



ESTACION DE INVESTIGACIONES HIDROBIOLOGICAS DE GUAYANA ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

REMITENTE: Construmérica, C.A. N° Certificado 17-0738
 TIPO DE MUESTRA: Agua Potable
 SITIO DE CAPTACIÓN DE LA MUESTRA: Pozo / Puerto Ordaz, Estado Bolívar
 FECHA DE MUESTREO: 24/05/2017 FECHA INICIO DE ANÁLISIS: 24/05/2017
 HORA DE MUESTREO: 09:00 AM HORA LLEGADA AL LABORATORIO: 11:20 A.M.
 HORA INICIO ANÁLISIS DE LA MUESTRA: 01:00 P. M.
 NUMERO DE ALÍCUOTAS COMPONENTES DE LA MUESTRA: 1
 VOLUMEN DE LA ALÍCUOTA: 4 Litros.
 COLECTA REALIZADA POR PERSONAL DE LA EMPRESA REMITENTE: Sr. Antonio Seja
 N° DE REGISTRO DE LABORATORIO AMBIENTAL (MARN): 11-002

Parámetros	Muestra	Metodología	SMEWW **	Límite Máximo Permisible***
pH	5,3	pH-metro	4500-H+	6,5 - 8,5
Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	1	Titulación con HCl	2320-B	-
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	27	Filtrado y secado de la muestra a 180 °C	2540-C	600
Turbidez (UNT)	0,05	Método Nefelométrico	2130-B	1
Color (UCV)	1	Método de comparación visual	2120-B	5
Dureza Total (mgCaCO ₃ /L)	1	Titulación con EDTA	2340-C	250
Conductividad (µS/cm)	60	Determinación con Conductímetro	2510-A	-
Sulfatos (mg/L)	<0,2	Turbidimetría	4500-SO-2.4 - E	500
Cloruros (mg/L)	7,5	Argentometría (titulación con AgNO ₃)	4500-Cl - B	300

** American Public Health Association. 2000. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 20th Edition. Washington-E.E.U.U

*** Rangos y límites máximos de calidad establecidos en las "Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable". Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Número 36.395

Jefa Lab. F-S-U Luisa Márquez
 Laboratorio Físico-Química

Carrera Alonso de Herrera UD-104 El Roble, San Félix, Edo. Bolívar Telf: 0286-9311281 Fax: 9311645
 E-mail: fundacionlallasalle.edbg1@gmail.com

Figura 25. Hoja de reporte de resultados del análisis físico-químico de la muestra de pozo profundo, realizado en el Laboratorio de la fundación "La Salle" (Edo. Bolívar)

Estación de Investigaciones Hidrobiológicas de Guayana

CERTIFICADO DE ENSAYO

INFORME ANALITICO: 17-2048	MUESTRA No: 1	TIPO DE AGUA: Potable
FECHA CAPTACION: 24-05-2017	FECHA INICIO DE ANALISIS: 24-05 -2017	
SITIO DE CAPTACION DE LA MUESTRA: Pozo / Puerto Ordaz, Estado Bolívar		
REMITENTE: Construmérica, C.A		
ENVASE: Botella de vidrio marca Wheaton. Capacidad 300 mL, Esterilizada a 121°C por 30 minutos.		
HORA DE MUESTREO: 9: 00 am.	HORA LLEGADA AL LABORATORIO: 11:20 am	
HORA DE ANALISIS: 03: 04 pm		
ANALISIS SOLICITADO: Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Heterótrofos Aerobios		

RESULTADOS

ASPECTO DEL CONTENIDO: Olor: Ausente; Color: Incoloro; Aspecto: Transparente

ANALISIS:

Coliformes Totales (NMP/100 mL): Ausentes (<1,1)

Coliformes Fecales (NMP/100 mL): Ausentes (<1,1)

Heterótrofos Aerobios 28°C (UFC/mL): < 1x10³

Heterótrofos Aerobios 37°C (UFC/mL): < 1x10³

La muestra de agua analizada **CUMPLE** con los requisitos microbiológicos establecidos en Gaceta Oficial para el agua potable*.

*De acuerdo a la Gaceta Oficial N° 36.395 Año CXXV- MES V 13 de Febrero de 1998 Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable. Capítulo II Artículo 9: a) Ninguna muestra de 100 mL deberá indicar la presencia de organismos coliformes fecales c) En ningún caso deberá detectarse organismos coliformes totales en dos muestras consecutivas de 100 mL, provenientes del mismo sitio. Artículo 11: El agua potable no debe contener organismos heterótrofos aerobios en densidad mayor a 100 UFC/mL.

OBSERVACIONES:

Muestreo realizado por personal de la empresa contratante: Sr. Antonio Seijas

Método para determinación de Coliformes Totales y Fecales: Número Más Probable (NMP/100 mL).

Técnica: Tubos Múltiples de Fermentación². (SMEWW* 9221A/9221B; 9221E)

Método para la determinación de heterótrofos aerobios: Recuento en placas de petri² (SMEWW* 9215A/9215B).

² Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. SMEWW*, 2000).

La muestra se trasladó al laboratorio en cava con hielo y se mantuvo refrigerada hasta el momento del análisis.

VºBº

T.S.U. Luisa Márquez
Lab. de Ictiopatología y Microbiología

VºBº

Dra. Carmen U. Ravelo V.
Lab. de Ictiopatología y Microbiología

Figura 26. Segunda hoja de reporte de resultados del análisis de la muestra de pozo profundo, realizado en el Laboratorio de la fundación “La Salle” (Edo. Bolívar)



AMBIOLAB

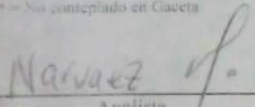
REPORTE DE RESULTADOS

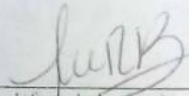
Cliente: CONSTRUAMERICA, C.A.		
Tipo de muestra: Muestra simple		
Lugar de captación: Agua de pozo ubicado en Agro Oriente KM 112-111 Vía Oriniquia Municipio Independencia del Edo. Anzoátegui		
Captada por: AMBIOLAB, C.A.	Fecha: 06/07/17	Hora: 08:15 a.m.
Fecha recepción en el laboratorio: 06/07/17		Hora: 11:40 a.m.

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MÉTODO	MUESTRA	Valor Máx. aceptable
			Agua	
Bicarbonato	mg/L	2320	0	*
Calcio	mg/L	3500-Ca	1,38	*
Dioxido de Carbono	mg/L	4500-CO ₂	1,76	*
Fosforo	mg/L	4500-P	0	*
Hierro	mg/L	3500-Fe	0,59	1
Magnesio	mg/L	3500-Mg	0,28	*
Nitratos	mg/L	3500-Mn	0,20	*
pH	UNIDADES	4500-H+	4,5	6-8,5
Potasio	mg/L	3500-K	0,58	*
Silice	ml/L	4500-Si	0	*
Sodio	mg/L	3500-Na	6,65	200
Coliformes Totales	NMP/100 mL	9221	<20	<2000
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	9221	<20	*

N.D= No detectado

* = No contemplado en Gaceta


Analista


Jefe de Laboratorio

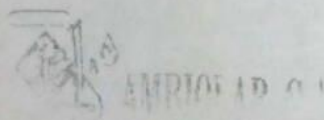


Figura 27. Hoja de reporte de resultados del análisis físico-químico de la muestra de pozo profundo, realizado en el Laboratorio Ambiolab (EDO. Anzoátegui)

Al analizar todos los resultados emanados de los ensayos se considera que el agua en particular es totalmente potable en concordancias con las normas de calidad sanitaria venezolanas.

Definición de los procesos físicos para adecuar las aguas proveniente del pozo profundo

Si tomamos en cuenta que los ecosistemas son variantes en el tiempo, es decir se comportan muy diferentes , tanto en época de sequía como en época de lluvia, lo cual podría variar la calidad del acuífero; además de que se cuenta con una red de tuberías de unos 1000 metros entre la parte sumergida en el pozo de aguas profundas y el sistema pivote de riego existente, en el cual se podría potencialmente desarrollar alguna colonia de tipo bacteriano.

Según la “Norma Para La Ubicación, Construcción, Protección, Operación Y Mantenimiento De Pozos Perforados Destinados Al Abastecimiento De Agua Potable.” Decreto N° 2.048. Capítulo IX

Artículo 55°: Los pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable, deberán someterse a desinfección en los casos siguientes:

- a) Una vez terminada la construcción del pozo y después de instalados los equipos y las instalaciones adicionales requeridas, antes de usar las aguas provenientes del mismo.
- b) Cuando se hayan afectado reparaciones, modificaciones o cambios en la perforación, en el equipo o en las instalaciones correspondientes.
- c) Cuando los resultados de los exámenes bacteriológicos practicados a las muestras de agua captadas del pozo, indiquen contaminación por organismos coliformes.”

En función de lo anterior se propone un sistema, más de prevención, el cual consta de equipos o tratamientos físicos, tales como: un filtro de carbón activado; además de contar con un sistema de desinfección en línea como el caso de los sistema UV (ultravioletas) o sistemas de adición de ozono, todos estos equipos estarán aguas arriba de cada una de las plantas de llenado; recomendación dada por la Organización

mundial de la salud(OMS) para las sustancias que pueden ser inducida al agua por actividades de tipo agropecuario.(p.11)

Tabla 8.

Reducción alcanzable mediante tratamiento de la concentración de sustancias químicas de actividades agropecuarias para las que se han establecido valores de referencia. Se aprecia que el proceso de filtración por carbón activado es indispensable; si se quiere además utilizar el acuífero para sistemas de riego.

Cuadro 8.14 Reducción alcanzable mediante tratamiento de la concentración de sustancias químicas de actividades agropecuarias para las que se han establecido valores de referencia^{a,b}

	Cloración	con Arrastre aire	Coagulación	Intercambio de iones	Carbón activado	Ozonización	Oxidación avanzada	Membranas	Tratamiento biológico
Nitrato				+++ <5				+++ <5	+++ <5
Nitrito	+++ <0,1					+++ <0,1	+++ <0,1		
Alacloro					+++ <0,001	++	+++ <0,001	+++ <0,001	
Aldicarb	+++ <0,001				+++ <0,001	+++ <0,001		+++ <0,001	
Aldrin y dieldrin			++		+++ <0,00002	+++ <0,00002		+++ <0,00002	
Atrazina			+	+++ <0,0001	++	+++ <0,0001	+++ <0,0001		
Carbofurán	+				+++ <0,001			+++ <0,001	
Clordano					+++ <0,0001	+++ <0,0001			
Clorotolurón					+++ <0,0001	+++ <0,0001			
Cianazina					+++ <0,0001	+		+++ <0,0001	
Ácido 2,4- diclorofenoxiacético (2,4-D)				+	+++ <0,001	+++ <0,001			
1,2-Dibromo-3- cloropropano		++ <0,001			+++ <0,0001				
1,2-Dibromoetano		+++ <0,0001			+++ <0,0001				
1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)					+++ <0,001	+		+++ <0,001	
Dimetoato	+++ <0,001				++	++			
Endrin				+	+++ <0,0002				
Isoproturón	++				+++ <0,0001	+++ <0,0001	+++ <0,0001	+++ <0,0001	
Lindano					+++ <0,0001	++			

Nota: Tomado de *Guía para la calidad de agua potable: vol1.* (p.145), Organización Mundial de la Salud, Suiza.

Diseño de Filtro de Carbón Activado (concha de coco)

Se realizó el siguiente prototipo con el fin de estudiar el comportamiento que tendría el agua extraída de pozo al ser sometida a un tratamiento físico mediante un filtro de carbón activado de concha de coco, de esta manera evidenciar si tal filtro estará en la capacidad de aumentar el pH, de tal forma que la condición inicial ácida, suba en escala a una condición más básica, y que esta se encuentra dentro de los parámetros y requisitos de la Norma COVENIN para el Agua Potable.

El carbón activado fue previamente lavado, utilizando solo agua de chorro y secado 3 días al sol, con la finalidad de eliminar en lo posible los restos de hollín que hubiera dentro de este.

El experimento fue realizado en el laboratorio de sanitaria de la “UCAB-Guayana” a las 10:00 am, donde se colocó el carbón activado en un recipiente reciclado limpio cilíndrico al cual se le adaptó una malla para retener impurezas y además se le incorporó una llave al mismo para poder controlar la salida del flujo de agua.

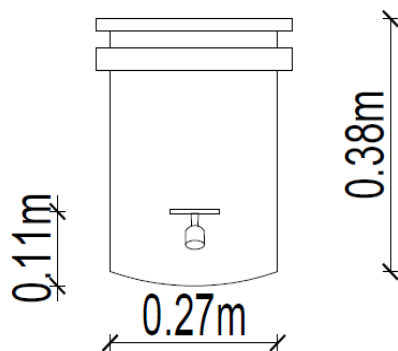


Figura 28. Esquema del recipiente dispuesto para el filtro de carbón activado. Figura de elaboración propia

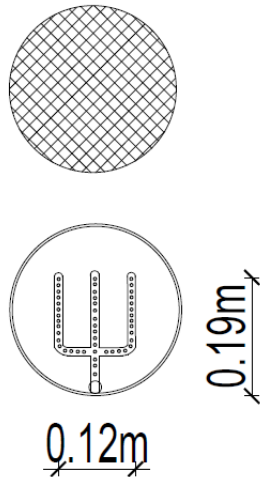


Figura 29. Malla incorporada al fondo del recipiente, para retener partículas no deseadas, y sistema de tuberías incorporadas para la salida del agua mediante el grifo. Figura de elaboración propia



Figura 30. Colocación del carbón activado en el recipiente dispuesto

La muestra se tomó en “Finca Agro-Oriente”, vía la Viuda, a 11 Km antes de llegar al distribuidor la Viuda-El Tigre. Se midió el pH del agua muestra del acuífero, antes de utilizar el filtro de carbón activado, como se evidencia en la *Figura 31*.



Figura 31. Medición del pH en la muestra de pozo, antes de realizar el experimento

Se realizó un experimento para obtener el tiempo de retención hidráulica con 4 litros de agua muestra del acuífero (suficientes para cubrir 2” arriba al contenido de carbón activado). Obtenido el tiempo de retención hidráulica, se midió el pH del agua después del tratamiento físico, en la *Figura 32* se muestra una foto de la utilización del filtro y por ser los primeros litros a utilizar, se evidencian restos del carbón activado en el agua después del tratamiento.



Figura 32. Primeros litros filtrados por el carbón activado

De igual manera se realizó otro experimento esperando 1 min sin abrir la llave con el fin de evidenciar si habría alguna diferencia en los resultados , y se midió después de abrir esta, el pH obtenido por el tratamiento.

Después de 5 horas, se volvió a realizar el experimento, para evidenciar si había variaciones en el pH



Figura 33. Uso del filtro de carbón activado a las 5 horas del primer experimento, se evidencia que el agua tiene un color más claro, ya que el filtro se ha “lavado”

Cabe destacar que para realizar las medidas del pH se usaron dos pH metro el primero propio del Laboratorio de Sanitarias de la UCAB-Guayana (HANNA instruments pH 211 Microprocessor pHMeter) con una precisión de $(\pm 0,01)$, la Figura 1 muestra una foto del mismo. Y además con un pH-metro portátil (Jellas pocket size pH Meter) con una precisión de $(\pm 0,1)$, la Figura 34 muestra una foto del mismo.



Figura 34. pH metro del Laboratorio de Sanitarias de la UCAB Guayana. Marca HANNA instruments pH 211 Microprocessor pHMeter

Se finalizó el ensayo con el filtro de carbón activado (concha de coco) obteniendo los siguientes resultados

Tabla 9.

Resultados del pH antes del tratamiento físico con carbón activado

pH-metros	Resultados
Laboratorio UCAB	4,94
Portátil	5,9

Tabla 10.

Resultados del pH después del tratamiento físico con carbón activado

pH-metros	Resultados
Laboratorio UCAB	8,38
Portátil	9,3

El tiempo de retención hidráulica obtenido del filtro de carbón activado fue de 90 segundos por cada 4 litros .

Después de pasadas 5 horas de realizar el primer tratamiento, se realizó de nuevo el ensayo con muestra de agua de pozo y se obtuvo un pH de 9,1. Antes del filtrado se evidencia claramente una acidez en el agua que como ya se dijo se encuentra fuera de norma, después del filtrado con el carbón activado de concha de coco aumenta su pH considerablemente aumentando en promedio 3,4 en el pH.

Según la Norma Venezolana COVENIN 1431-82 “Agua Envasada Requisitos” podemos definir el agua obtenida después del tratamiento físico, como “agua mineral” “Es aquella procedente directamente de aguas de origen profundo o endógeno, que broten naturalmente o se obtengan por perforación”. El agua de la fuente utilizada para envasar agua denominada “mineral” podrá ser sometida a tratamiento físico autorizado por el Ministerio de Sanidad Y Asistencia Social, con el objeto de mantener las características microbiológicas originales de la fuente. Igualmente podrá ser sometida a tratamiento autorizado para modificar en forma parcial las características organolépticas, físicas y químicas.”

Según la Norma Venezolana COVENIN 1431-82, el pH para agua envasada debe ubicarse entre 6,5-8,5

En el caso del carbón activado térmicamente (sin la presencia de otros químicos), aumenta considerablemente el pH de los primeros litros de agua que se trata el mismo, esto se debe a que tiene cantidades importantes de sodio, potasio y calcio y otros cationes que en el proceso de carbonización, permanecen en el carbón de forma de óxidos. Estos óxidos se convierten en hidróxidos al entrar en contacto con el agua, se disuelven en la misma y aumentan su pH.

Como se pudo observar en los resultados obtenidos, aumentó considerablemente el pH, en los primeros litros, hasta obtener pH=9,1, hacemos la observación que se debe a que el carbón activado ha sido usado con pocos litros de agua y a su vez por las partículas pequeñas de carbón activado que no fueron filtradas y aún se encuentran presentes en el agua

Evaluación de aguas envasadas comerciales

Clasificación y comparación de las aguas

Una vez analizados los ensayos pertinentes a las aguas del acuífero se concluye que las aguas en particular son de muy débil mineralización, recomendadas para dietas libres en sodio, y recomendadas como agua minero-medicinal para dietas infantiles, (ver anexo O)

Las aguas en particular estudiadas reportan valores tanto de dureza (calcio, magnesio) y una alcalinidad (bicarbonatos) que en muchos casos no alcanza la unidad, además que los niveles de sodio están en el orden de 6,65 mg/l, todos ellos por debajo de los valores establecidos en la norma de calidad sanitaria de agua potable, Gaceta oficial N° 36.395, se nota que las aguas son aptas para consumo; no requiriendo ningún proceso ni operación unitario para su adecuación; salvo el caso del pH que en promedio entre las tres determinaciones en: in situ y en laboratorio están en el orden de 5 unidades de pH, lo que al comparar con la norma Venezolana de calidad sanitaria de agua potable, nos dice que está por debajo de los establecido; ya que la norma la ubica entre 6,5 y 8,5, al ver las diferentes normas internacionales los valores van desde incluso desde 5,5 en la Comunidad Económica Europea(CEE) hasta 9 unidades de pH, lo que nos dice que hay una amplia gama de niveles de pH, las cuales no influyen en la calidad del agua potable; si en cambio influye en los niveles de corrosión de las tuberías de los sistemas destinados al manejo de agua potable, al calcular el índice Langelier , que es justamente el que dice el nivel de corrosión o incrustación del agua referido, se nota:

el índice = -6,8, lo que arroja una condición de agua extremadamente corrosiva (ver anexo P), por lo que se recomienda que todo el sistema de tuberías sea de acero inoxidable o elastómeros sellados por fusión. En virtud de sus características, no se le hace ningún proceso de adecuación, por lo tanto, se puede considerar como un **agua mineral natural**.

Haciendo una recopilación de todos los ensayos y comparándola con un agua mineral natural de origen Español de prestigio, se tiene:

Tabla 11

Comparación de propiedades entre el agua mineral natural de Guanipa y agua mineral natural Bezoya.

Agua envasada	Agua mineral natural Guanipa	Agua mineral natural Bezoya
Conductividad (microS/cm)	14	37
pH	5	6,5
Bicarbonatos (mg/l)	0	10,2
Sodio (mg/l)	6,65	2,1
Potasio (mg/l)	0,58	0,2
Calcio (mg/l)	1,38	2,1
Magnesio (mg/l)	0,28	0,4
Cloruros (mg/l)	7	0,7
Sulfatos (mg/l)	Menor que 2	Menor que 15
Nitratos (mg/l)	0,2	0,36
Sílice(mg/l)	0	nr
Estado microbiológico	correcto	correcto
Turbiedad (NTU)	0,05	nr

nr= no reporta

Caracterización de las aguas del pozo a ser utilizado para la planta de llenado

Si utilizamos la similitud del agua al compararla con el agua de denominación BEZOYA, la cual es bastante parecida al agua denominada GUANIPA. En virtud de su muy débil mineralización y demás condiciones expuestas, además de tener una turbiedad de menor de 0,05 se puede decir, desde el punto de vista organoléptico que el agua de denominación GUANIPA sería:

Incolora y nítida (limpidez y color) - Salinidad baja (Cuerpo bajo-ligero) - Sabor mineral (ligero y agradable) - Post-gusto (limpio y fresco).

El agua se definiría como: **Agua oligomineral natural no carbonatada**

Esquematización la planta potabilizadora y embotelladora

Diseño de propuesta de planta para la adecuación de agua de pozo profundo en la Mesa de Guanipa

Para el desarrollo de la planta potabilizadora se diseñaron las siguientes propuestas en base a los filtros necesarios según los ensayos anteriores y según su condición de agua natural, para posteriormente dar a elección al cliente para su desarrollo. Las cuales se desarrolla al nivel conceptual.

Propuesta A

Se hace tres líneas independientes junto con propuestas para adecuar a otros tipos de agua como el agua mineral magnésica, agua mineral gasificada, observada en la siguiente *Figura 35*.

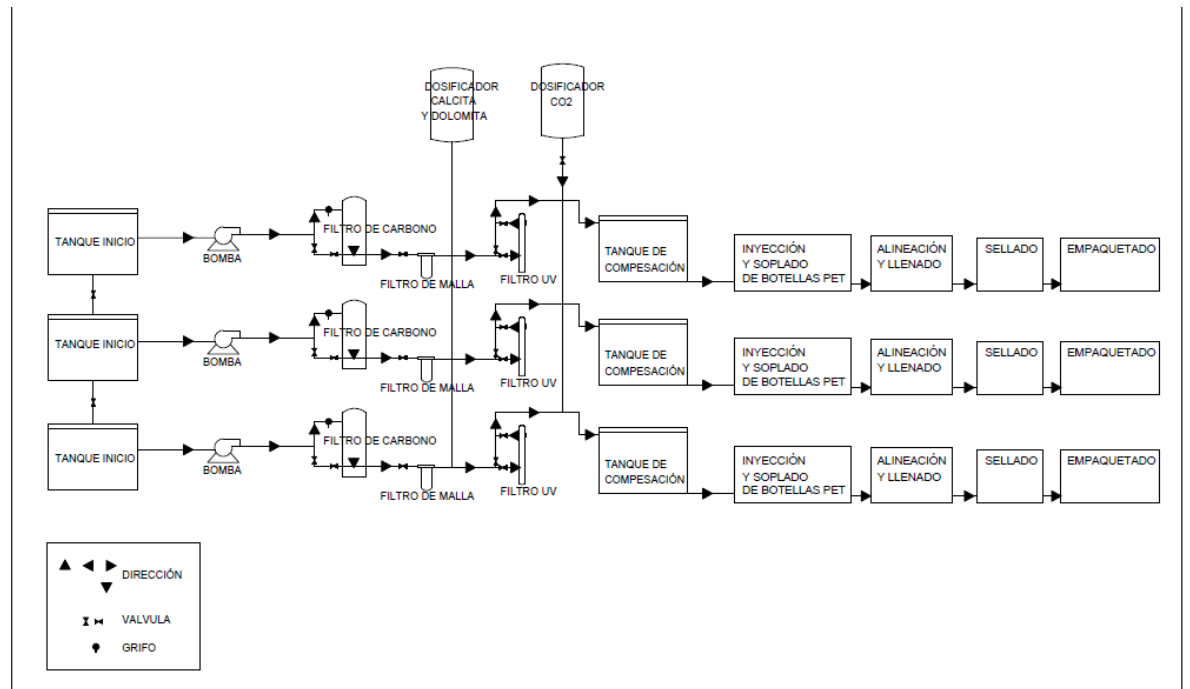


Figura 35. Esquema de la Propuesta A

Propuesta B

Se plantea una sola línea de potabilización adecuando solo para agua mineral natural como se observa en la siguiente figura, con dos tanques para su mantenimiento y un sistema de retro lavado.

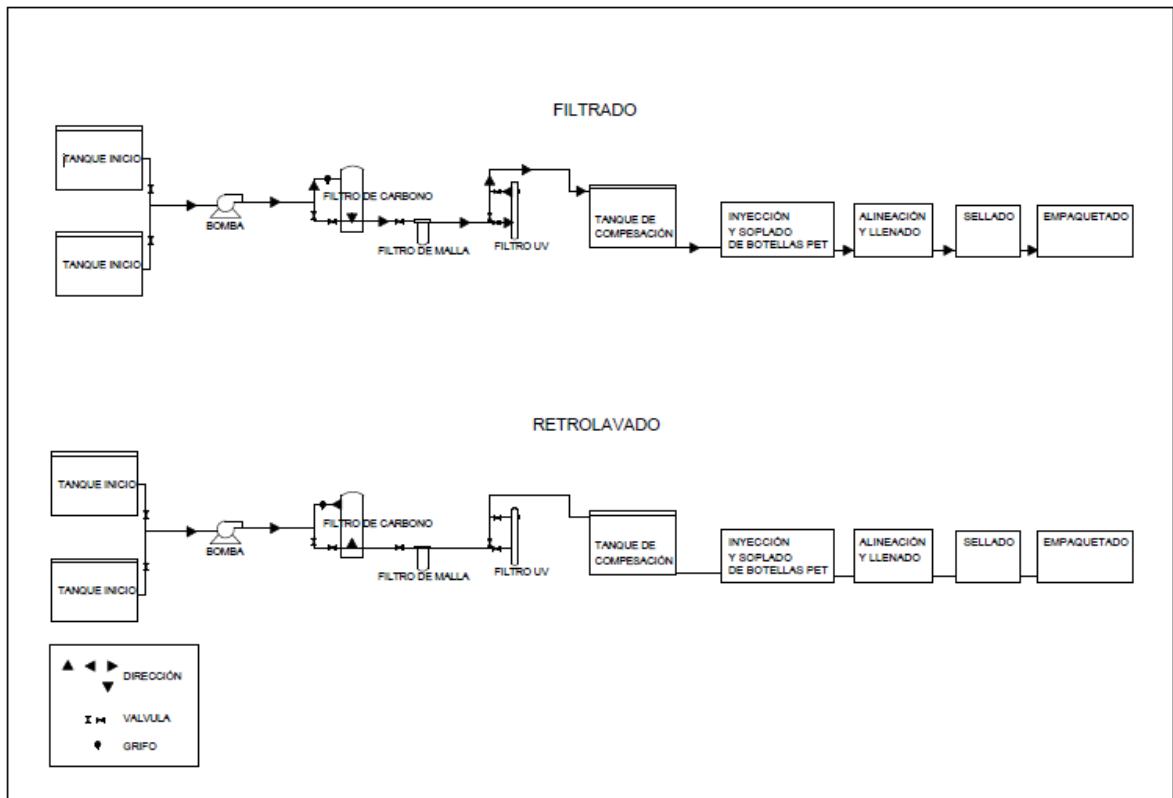


Figura 36. Esquema de la Propuesta B. Figura de elaboración propia.

Se seleccionó la propuesta B para el desarrollo de la ingeniería básica. Posteriormente se esquematizó la propuesta seleccionada por tramos, para facilitar los cálculos.

Desarrollo de la propuesta

TRAMO- Tanque de inicio-Bomba

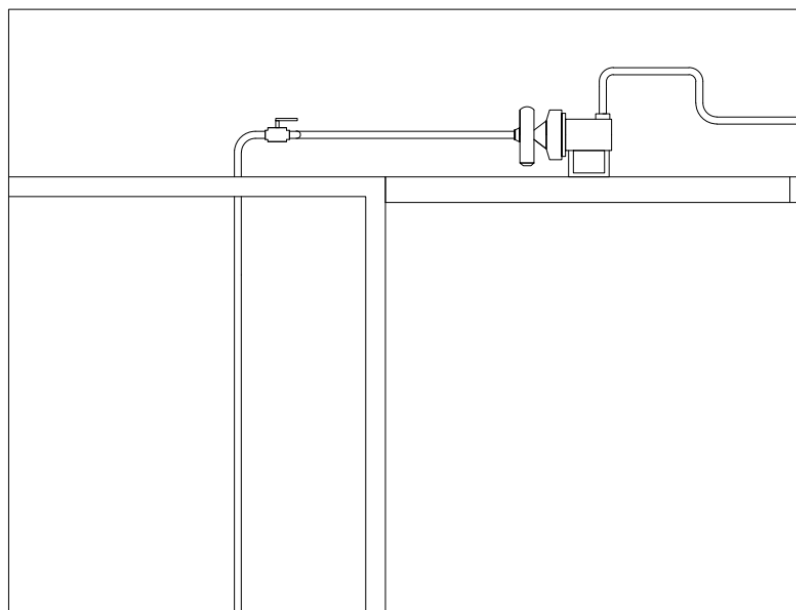


Figura 37. Esquema del tramo Tanque de inicio-Bomba, figura de elaboración propia.

El tramo consta de un tanque de inicio, donde se deposita el agua sin tratar extraída del pozo, cuenta con una válvula de pie de rejilla para garantizar y proteger el buen funcionamiento de la bomba, por medio de tuberías de polipropileno (termofusión) el agua es dirigida, pasa por una válvula de paso-compuerta con la finalidad de poder tener un control del paso o cierre y luego hacia una bomba centrífuga de voluta (empresa BOMBAGUA)

TRAMO-Bomba-Filtro carbón activado

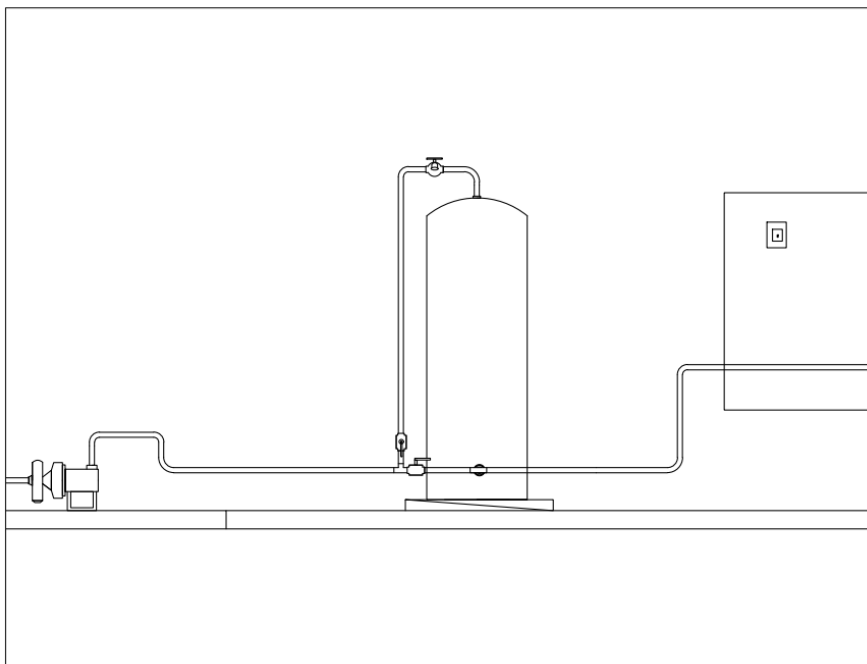


Figura 38. Esquema del tramo Bomba-Filtro carbón activado, figura de elaboración propia.

De la bomba, al sistema de tuberías de polipropileno se le dispone de una válvula de tipo esfera para poder controlar y cerrar el flujo en caso de alguna reparación o mantenimiento del filtro de carbón activado (concha de coco) que se dispone a continuación, el cual cuenta con un volumen de 0,2 m³ de la empresa Carbotecnia (ver Anexo R), este cuenta además de un sistema de tuberías con grifo dispuesto de tal forma que se pueda realizar el correspondiente retrolavado al filtro. En este tramo ya empieza a tratarse físicamente al agua proveniente de pozo, aumentando su pH, eliminando malos olores y sabores, además de otras impurezas que puedan estar en la misma.

TRAMO-Filtro Carbón Activado-Filtro UV

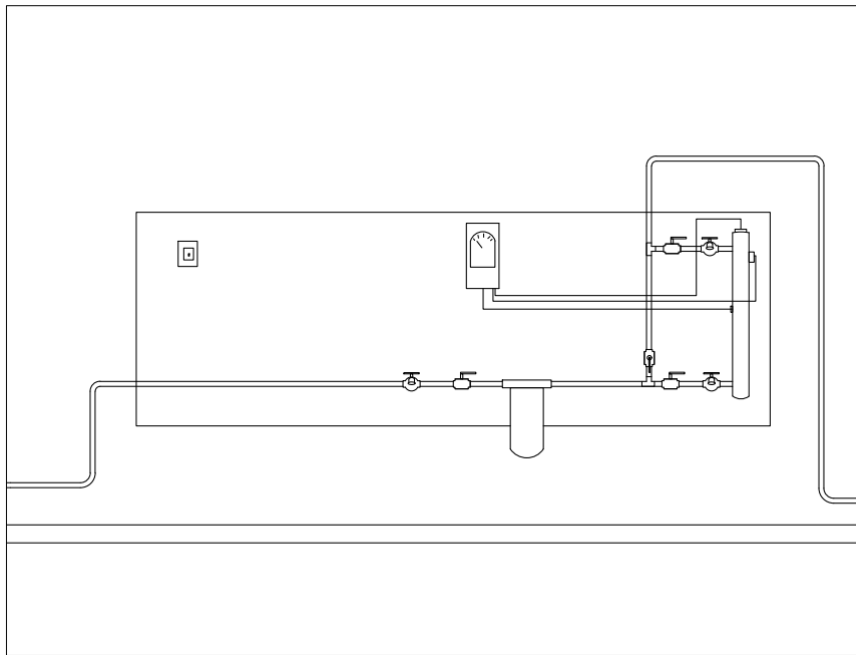


Figura 39. Esquema Filtro Carbón activado-Filtro UV, figura de elaboración propia.

Del filtro de carbón activado (concha de coco) el sistema de tuberías de polipropileno, se dispone de un grifo y de una válvula de tipo esfera para realizar el debido retrolavado al filtro de malla que se dispone a continuación, que asegurará que no pasen partículas restantes de carbón activado, luego se dispone el filtro de luz ultravioleta de la marca Viqua (Ver Anexo Q), de manera que el agua pasa por un segundo tratamiento físico, que garantiza la desinfección y la eliminación de patógenos existentes, a su vez por catálogo de empresa del filtro y para asegurar retrolavado, se dispone de sistema de tuberías incluyendo dos grifos, dos válvulas de paso compuerta y una válvula selenoide.

TRAMO-Filtro UV-Tanque de Compensación

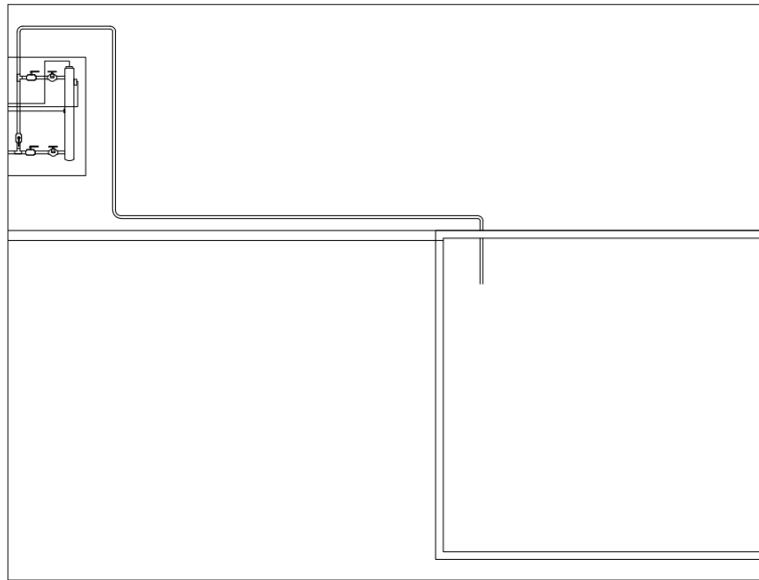


Figura 40. Esquema tramo Filtro UV-Tanque de compensación, figura de elaboración propia.

Finalizado el segundo tratamiento físico por medio del filtro de luz ultravioleta, el agua proveniente de pozo, ha sido finalmente adecuada y apta para el consumo humano, por medio de las tuberías de polipropileno, el agua tratada se deposita en el tanque de compensación.

Como fue anteriormente mencionado en las delimitaciones Capítulo I, la propuesta elaborada en este capítulo se limitará hasta el diseño del tanque de compensación, sin embargo, se realiza un esquema de la planta envasadora a modo de representación, ya que su infraestructura, colocación en obra, diseño y mantenimiento de la misma es un contrato “llave en mano”.

General y esquemáticamente las plantas envasadoras cuentan con cuatro fases o procesos claves, los cuales son la “Inyección y soplado de botellas PET”, “Alineación y llenado”, “Sellado” y finalmente con el “Empaquetado”. Se realizó un esquema con el fin de representar estos procesos, la *Figura 41* muestra como del tanque de compensación, mediante un sistema de tuberías se dirige al primer proceso de la planta envasadora, la inyección y el soplado de botellas PET; cabe destacar que con este sistema de fabricación de las botellas en planta se garantiza de que no entren objetos extraños a las botellas.

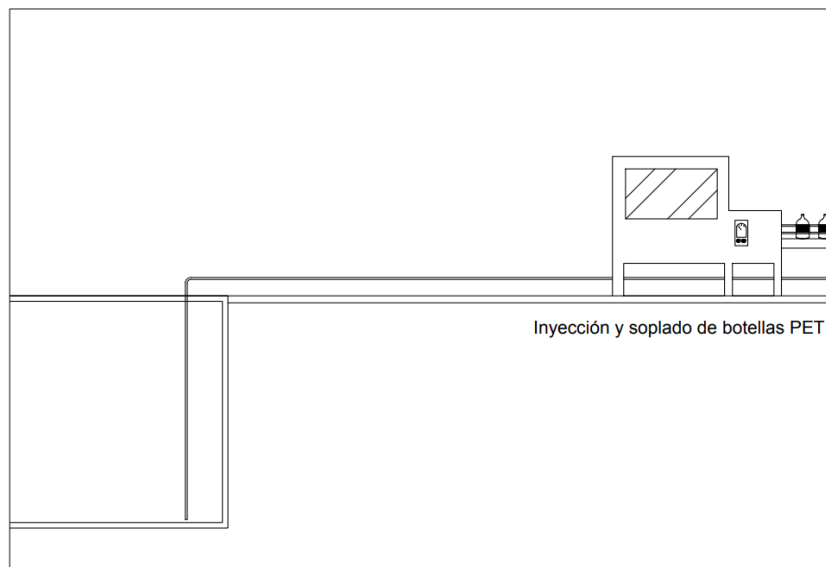


Figura 41. Esquema de tramo Tanque de compensación- Inyección y Soplado de botellas PET, figura de elaboración propia.

Finalizado el proceso anterior, las botellas ya en su forma final, son dirigidas mediante una línea de producción al proceso donde son debidamente alineadas y esterilizadas para proceder a su llenado, luego dicha línea de producción las dirige al sellado para garantizar su condición hermética. En la *Figura 42* se pueden apreciar dichos procesos

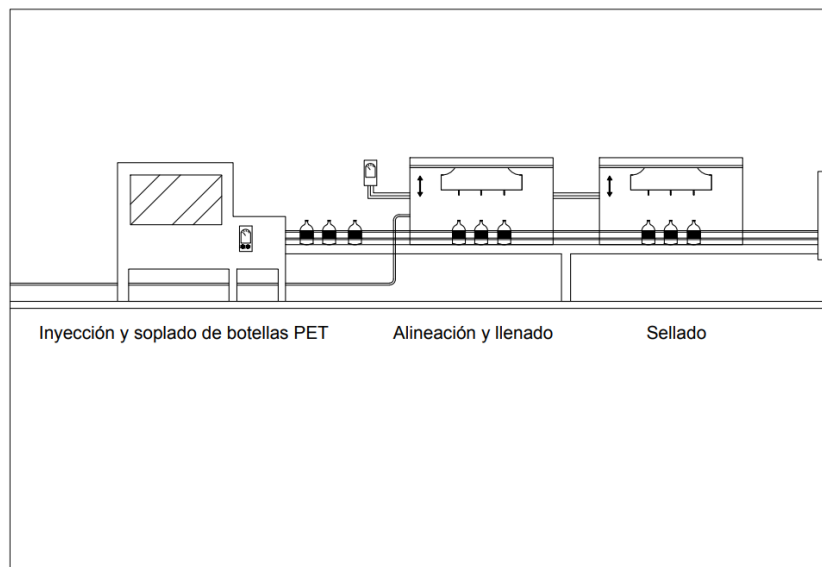


Figura 42. Esquema de Tramo Inyección y Soplado de botellas PET-Sellado, figura de elaboración propia.

Dando continuidad al proceso, finalmente selladas, se dirigen al proceso de empaquetado, que consiste en agruparla en grupos para su cómodo transporte y venta. La *Figura 43* muestra el esquema del proceso final.

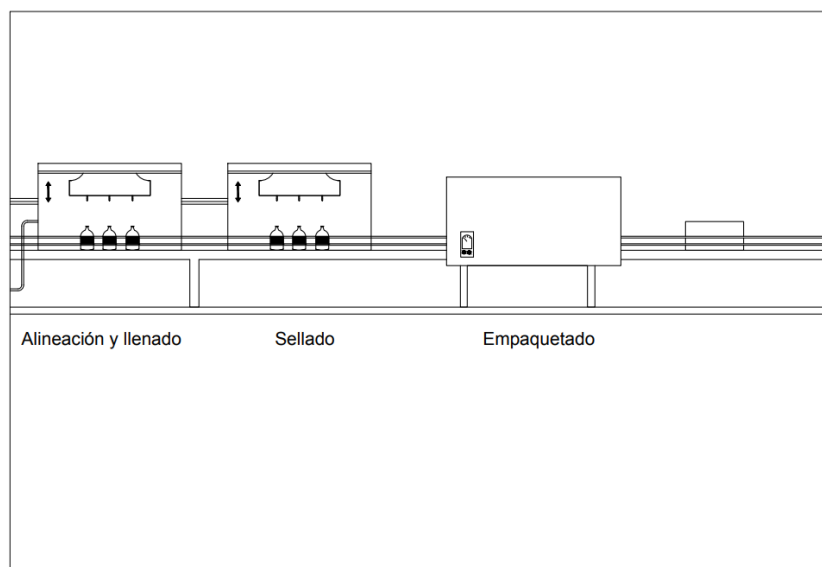


Figura 43 Esquema de Tramo Sellado-Empaquetado, figura de elaboración propia.

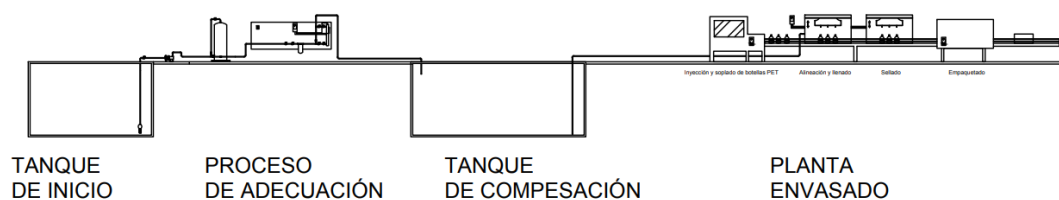


Figura.44. Esquema completo de la planta de tratamiento uniendo todos los tramos anteriormente descritos, hasta la planta envasadora, que sería el destino final del proceso. En total la longitud sería de 32 metros contando dicha planta envasadora. Figura de elaboración propia.

Cálculos de la planta de acuerdo a la propuesta elegida

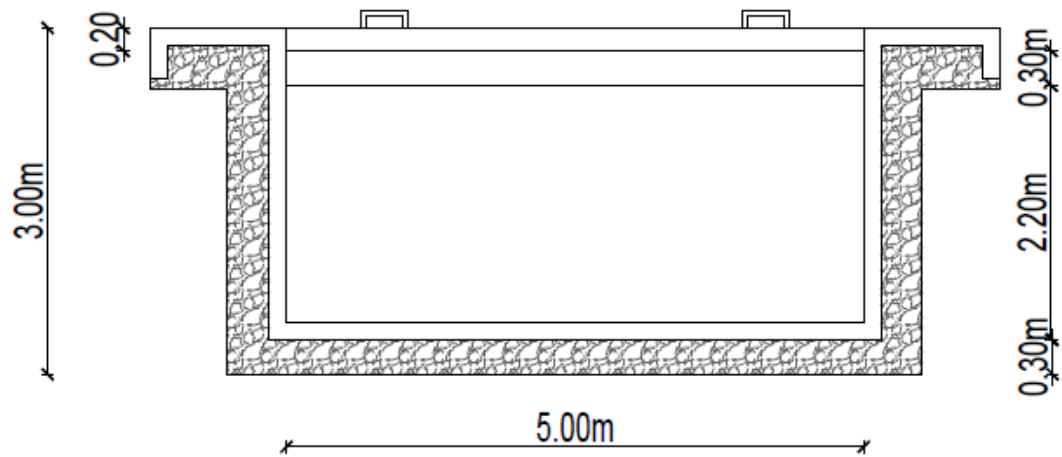
Primeramente en el esquema anteriormente mostrado en la *Figura 44*, se muestra el tanque de inicio, es decir el tanque que almacenará el agua directamente extraída del pozo, se estima un volumen de 100 m^3 y se deciden colocar dos tanques de inicio de 50 m^3 cada uno, aportando suficiente capacidad para que la planta de tratamiento trabaje de forma autónoma, cómoda y continua sin depender de tiempos de llenado. Se decidió utilizar tanques subterráneos por ser de fácil construcción (menos material) y facilitar su mantenimiento. Se calcularon las dimensiones de dichos tanques tomando en cuenta las capas con las que debe contar un tanque de almacenamiento, como lo es el fondo de piedra picada, la cámara de aire y la tapa de concreto. La *Tabla 12* muestra las dimensiones obtenidas para los tanques de inicio. En la *Figura 45* se muestra un esquema de dichos tanques.

Dimensionamiento del tanque de inicio

Tabla 12.

Dimensiones de diseño del tanque de inicio

DISEÑO TANQUE DE INICIO	
Profundidad	3 m
Fondo de piedra picada	0,3 m
Cámara de aire	0,3 m
Tapa de concreto	0,2 m
Profundidad de agua	2,2 m
Área del fondo del tanque	23 m ²
Ancho	5 m
Largo	5 m



Tanque de inicio

Figura 45. Esquema de las dimensiones del tanque de inicio. Figura de elaboración propia.

Cálculos del diámetro de tubería

Se procede a calcular las pérdidas por fricción, para realizar dichos cálculos se deben tener decididos los requerimientos que se espera de la planta, en la Tabla 13. se puede apreciar los valores de entrada que fueron usados, el cliente propuso un caudal de 0,28 L/s, sin embargo como propuesta se decidió aumentar en un 100% obteniendo 0,56L/s o 16128 l/día para duplicar la producción o potabilización, prever pérdidas y contar con un margen extenso en dado caso que se decida realizar una ampliación; cabe destacar que se calcula el caudal en litros por día por 8 horas de funcionamiento cada día. Con los valores anteriormente mencionados se realiza un cálculo del diámetro de tubería a utilizar, dando un resultado de 0,018881395 m

Tabla 13.

Valores de entrada requeridos

Velocidad max	2	m/s
Caudal	0,56	l/s
Caudal	0,00056	m3/s
Área de tubería necesaria	0,00028	m2
Diámetro	0,018881395	m

El diámetro de tubería se redondea, de tal manera que se decide usar 0,0194 m, con dicho valor se calcula el área de la misma y la velocidad a utilizar. La Tabla 14 muestra un resumen de los resultados.

Tabla 14.

Tabla de resultados de diámetro, área y velocidad a utilizar

Diámetro de tubería elegida		
D	0,0194	m
Área	0,000295592	m ²
Velocidad a tomar	1,894500332	m/s

Selección de tubería

Para todo la planta de tratamiento se utilizarán tuberías de polipropileno con conexiones realizadas por termofusión, los tubos y conexiones se fusionan entre sí molecularmente, dando lugar a una tubería continua que garantiza el más alto grado de seguridad en las instalaciones de provisión de agua fría y caliente para consumo humano, cabe destacar que también se optó este material por ser el más adecuado al agua ya que de acuerdo al índice de Langelier es altamente corrosiva. Por catálogo de empresa se muestran las características de dicha tubería, en la Tabla 15 se realiza un resumen de las mismas. En la *Figura 46* se muestran otras especificaciones técnicas de la tubería

Tabla 15.

Características de la tubería de polipropileno a utilizar en todo el sistema

Características de la tubería		
EMPRESA	TERMOFUSION	
NORMA DE FABRICACIÓN	DIN 8077/78	
MATERIAL	POLIPROPILENO	
DIÁMETRO EXTERIOR	25	mm
DIÁMETRO NOMINAL	19,4	mm
PESO	-	Kg/m
PRESIÓN DE PRUEBA GRADO A	105-125	kg/cm ²
PRESIÓN DE PRUEBA GRADO B	-	kg/cm ²
LONGITUD POR UNIDAD	4	m

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Física-Química-Peso específico 0,9kg/m ³	Rango de acidez de contenido pH 1-14
Coefficiente de expansión térmica para tubos PP-R 0,12mm/Mk	Resistencia dieléctrica 75KV/mm
Conductividad térmica 0,22W/mK	Temperatura mínima soportada -10 °C
Fuego Clasificación Clase C3	Temperatura máxima soportada +100 °C
Resistencia contra los productos químicos Los sistemas de tuberías PP-R están destinados principalmente para la distribución de agua (potable, frío, caliente, riego).	Temperatura de ablandamiento +164 °C
Presión de reventamiento 105-125kg/cm ²	Temperatura de fusión +260 °C
	Tensión en punto de cedencia 340Kg/cm ²
	Velocidad máxima de líquidos 5m/s
	Viscosidad 450cm ³ /gr

Figura 46. Especificaciones técnicas. Extraído del catálogo de la empresa TERMOFUSION para tuberías de polipropileno

El agua proveniente de pozo profundo de la Mesa de Guanipa se caracteriza por tener una temperatura aproximada de 26,7 °C, por lo tanto el fluido tendrá ciertas características que se resumen en la Tabla 16.

Tabla 16.

Características del fluido (agua) según su temperatura

Características del Fluido		
Temperatura	26,7	°C
Peso específico	995	Kgf/m ³
Densidad	101,43	kgf*s ² /m ⁴
Viscosidad	8,7900000E-05	kgf*s/m ²
Viscosidad cinemática	8,6400000E-07	m ² /s
Presión del vapor	0,0358	Kgf/cm ²
Módulo de elasticidad volumétrico	22,851	kgf/cm ²

Nota: datos extraídos del *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*, (p.215) Munson B., Young D. Okiishi T., Vilagómez H. México, (2007)

Se procede a calcular el Número de Reynolds, se define la longitud aguas arriba como 6 metros (Tramo Tanque de inicio-Bomba), la longitud aguas abajo como 16 metros (resto de los tramos)

Cálculos de pérdidas de fricción

Tabla 17

Variables a usar para el cálculo las pérdidas mayores.

Reynolds	4,2538549E+04	
V	1,894500332	m/s
D	0,0194	m
v	8,640000E-07	m ² /s
Longitud aguas arriba	6	m
Longitud aguas abajo	16,00	m
C (valor de HAZEN-WILLIAMS ART130 MSAS)	140	
K (RUGOSIDAD EQUIVALENTE SEGÚN LAMONT)	1E-13	
		m
ε	0	mm
D	19,4	mm
Rugosidad relativa	0,00E+00	

Con los datos anteriormente recopilados y calculados, se procede a realizar los cálculos de las pérdidas por fricción, se calcula el factor fricción mediante Colebrook y White, Moody, Hazen-Williams, Swamee y Nikuradse, las pérdidas por fricción se calcularon mediante Darcy-Weisbach, utilizando cada uno de los factores fricción calculados con anterioridad. En la Tabla 18 se hace un resumen de los resultados obtenidos de pérdidas por fricción (aguas arriba)

Tabla 18.

Resultado del cálculo de pérdidas por fricción (aguas arriba)

CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN (AGUAS ARRIBA)							
	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{2,51}{R\sqrt{f}} + \frac{k}{3,71D} \right]$			$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{D}{2k} + 1,74 = -2 \log \frac{k}{3,71D}$		
	FACTOR FRICCIÓN						
	Colebrook y White	Moody	Hazen-Williams	Swamee	Nikuradse		
	0,02145	0,0214	2,4826439E-02	2,1537617E-02	0,001778308		
	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN						
Darcy-Weisbach	1,21	1,21	1,40	1,22	0,10	VALOR PROMEDIO DE Hf	0,93586733
$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$							

Se realiza el mismo procedimiento para el cálculo de pérdidas por fricción (Aguas abajo), en la *Tabla 19* se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 19.

Resultado del cálculo de pérdidas por fricción (aguas abajo)

CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN (AGUAS ABAJO)						
FACTOR FRICCIÓN					VALOR PROMEDIO DE Hf	2,49564623
Colebrook y White	Moody	Hazen-Williams	Swamee	Nikuradse		
0,02145	0,0214	0,024826439	0,021537617	0,001778308		
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN					VALOR PROMEDIO DE Hf	2,49564623
3,24	3,23	3,75	3,25	0,27		

A su vez se realizó el cálculo de las pérdidas por fricción, por cada tramo. La *Tabla 20* muestra un resumen de los resultados.

Tabla 20.

Resultado del cálculo de las pérdidas por fricción, por cada tramo

TRAMOS	LONGITUD ENTRE TRAMOS (metros)	HF(m)
TANQUE-BOMBA	6	1,21
BOMBA FILTRO DE CARBÓN	4	0,81
FILTRO DE CARBÓN-UV	7	1,41
UV-TANQUE DE COMPENSACIÓN	4	0,81

Cálculo de las pérdidas menores

Se procede a calcular las pérdidas menores o también llamadas pérdidas por accesorios, estas se calculan por los tramos descritos al principio del capítulo. Cada accesorio tiene un coeficiente de resistencia K propio, en teoría es constante para todas las medidas de un cierto diseño o línea de válvulas y accesorios.

Como se nombró anteriormente se cuenta con dos tanques de inicio cada uno de 50 m³, estos aunque sean idénticos en dimensiones, el sistema de tuberías y accesorios varía, por lo mismo se realizaron dos tablas de cálculos para el tramo aguas arriba , en la *Tabla 21* y *Tabla 22* se muestra un resumen de los resultados .

De igual manera se calculó aguas abajo por tramos, las pérdidas por accesorios, en la *Tabla 23* se muestra el resumen de resultados.

Tabla 21

Cálculo de las pérdidas menores del tanque #1 a la bomba

		LONGITUD DE TUBERIAS A USAR POR TRAMO(m)		ACCESORIO	CANTIDAD	VALOR DE K	HL(m) POR ACCESORIO	HL(m) TOTAL POR ACCESORIO
Aguas arriba	TANQUE-BOMBA		6	Juntas	10	0,005	0,000914661	0,00914661
				Codo suave de 90°	2	0,3	0,054879687	0,10975937
				Valvula de pie con rejilla	1	2,8	0,512210409	0,51221040
				valvula de paso compuerta	1	0,45	0,08231953	0,0823195
				Conexión en T (flujo en línea)	1	0,2	0,036586458	0,03658645
							0	
							TOTAL HL	0,75002238

Tabla 22

Cálculo de las pérdidas menores del tanque #2 a la bomba

		LONGITUD DE TUBERIAS A USAR POR TRAMO(m)	ACCESORIO	CANTIDAD	VALOR DE K	HL(m) POR ACCESORIO	HL(m) TOTAL POR ACCESORIO
Aguas arriba	TANQUE-BOMBA	6	Juntas	12	0,005	0,000914661	0,010975937
			Codo suave de 90°	1	0,3	0,054879687	0,054879687
			Valvula de pie con rejilla	1	2,8	0,512210409	0,512210409
			valvula de paso compuerta	1	0,45	0,08231953	0,08231953
			Conexión en T (flujo en línea)	1	1	0,182932289	0,182932289
						TOTAL HL	0,843317852

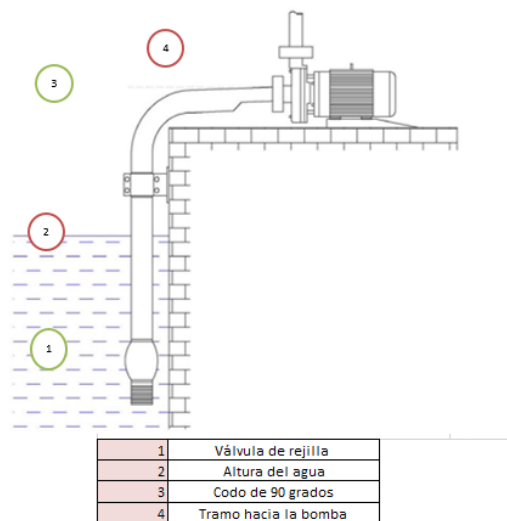


Figura 47. Esquema de la toma de la bomba en el tanque de inicio

Tabla 23

Perdidas menores aguas abajo hasta el tanque de compensación

		LONGITUD DE TUBERIAS A USAR POR TRAMO(m)	ACCESORIO	CANTIDAD	VALOR DE K	HL(m) POR ACCESORIO	HL(m) TOTAL POR ACCESORIO	TOTAL (POR TRAMO)
Aguas abajo	BOMBA FILTRO DE CARBÓN	4	Juntas	4	0,005	0,000914661	0,003658646	
			Conexión en T (flujo en línea)	3	0,2	0,036586458	0,109759373	
			Grifo	1	0,3	0,054879687	0,054879687	
			Codo de 90°	2	0,32	0,058538332	0,117076665	
			Juntas por accesorios	4	0,005	0,000914661	0,003658646	
			Valvula de esfera	1	0,45	0,08231953	0,08231953	
		Filtro de carbón	1	1,8	0,32927812	0,32927812	0,70063067	
	FILTRO CARBÓN- FILTRO UV	7	Juntas	12	0,005	0,000914661	0,010975937	
			Conexión en T(flujo en línea)	3	0,2	0,036586458	0,109759373	
			FILTRO UV EXPANSION 1 A 2 pulg	1	0,56	0,102442082	0,102442082	
			FILTRO UV CONTRACCION 2 A1 pulg	1	0,4	0,073172916	0,073172916	
			Filtro de malla	1	0,6	0,109759373	0,109759373	
			Grifos	2	0,3	0,054879687	0,109759373	
			Codo de 90°	2	0,32	0,058538332	0,117076665	
			Juntas por accesorios	2	0,005	0,000914661	0,001829323	
			Conexión en T(flujo derivado)	1	1	0,182932289	0,182932289	
			valvula selenoide	1	0,4	0,073172916	0,073172916	
			Valvula de esfera	2	0,45	0,08231953	0,16463906	
	FILTRO UV-TANQUE DE COMPENSACIÓN	4	Juntas	10	0,005	0,000914661	0,009146614	
			Conexión en T	1	0,2	0,036586458	0,036586458	
			Valvula de esfera	1	0,45	0,08231953	0,08231953	
			Codo de 90°	2	0,32	0,058538332	0,117076665	
			Juntas por accesorios	2	0,005	0,000914661	0,001829323	
						0	0	
	TANQUE-ENVASADO	1						
						0	0	
						TOTAL HL	2,003108564	

Diseño de la bomba

Finalizado el cálculo de las pérdidas por fricción y las pérdidas por accesorios, se realiza una suma total de las mimas, aguas arriba y aguas abajo, en la *Tabla 24* se exponen los resultados. Dichos cálculos se realizan con la finalidad de poder estimar la potencia requerida para la bomba centrífuga.

Tabla 24.

Resumen de resultados de las pérdidas totales aguas arriba y aguas abajo

$\Delta COTA$ [m]	0
Pérdidas totales aguas arriba de la estación [m]	2,0541
Pérdidas totales aguas abajo de la estación [m]	5,2318

Para la misma potencia de entrada y para igual eficiencia, las bombas centrífugas se caracterizan por presentar una presión relativamente alta con un caudal relativamente bajo, las bombas de flujo axial generan un caudal alto con una baja presión, toda máquina que transforme energía no es 100% eficiente, por los mismo, se estima una eficiencia del 75%. Utilizando la ecuación de potencia, se obtiene el siguiente resultado

$$P = \frac{YQH}{n}$$

Tabla 25.

Cálculo de las características de la bomba

Eficiencia	0,75
Hbomba [m]=	7,2858
Potencia bomba requerida [HP]=	0,071156376

Con estos resultados se procede a realizar la elección de la bomba mediante el grafico suministrado por el catálogo de la empresa, este gráfico se encuentra en función del caudal y la altura de la bomba o la sumatoria total de pérdidas.

Entrando al gráfico con el caudal en l/s y una altura en metros respectivamente 0,56 l/s y 7,29m se encuentra entre las dos curvas representada por cada bomba.

TABLA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MODELO	HP	In	Voltaje	Capacitancia	Succ./Desc.
XKM60-1	1/2	5A	1x110V	20 μ f 250VL	1" x 1"
XKM70-1	3/4	7,6A	1x110V	40 μ f 250VL	1" x 1"

DIMENSIONES (mm)

MODELO	PESO	DIMENSIONES		
		L	A	H
XKM60-1	6	283	152	174
XKM70-1	9,5	325	188	217

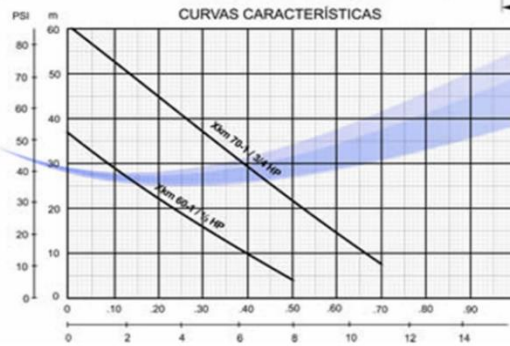
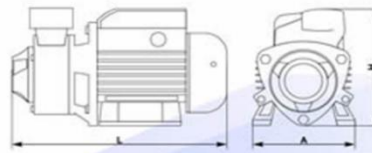


Figura. 48. Especificaciones técnicas de bomba centrífuga, extraído del catálogo de la Empresa “Bombagua”

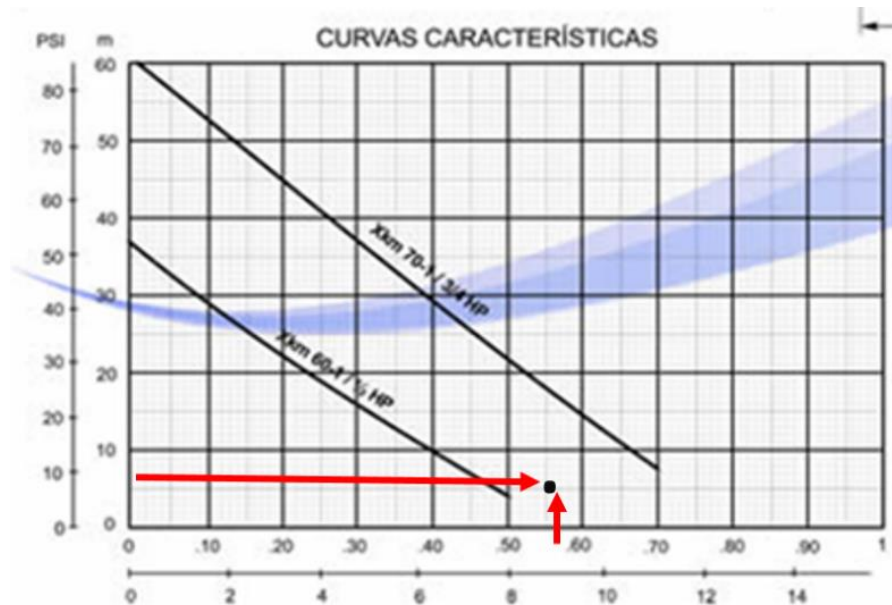


Figura 49. Elección de la bomba, entrando al grafico en función de la altura m de bomba y caudal l/s. Adaptado del catálogo de la Empresa “Bombagua”.

Para no trabajar por debajo de lo requerido se elige la curva que estará por encima eligiendo así el modelo de $\frac{3}{4}$ de hp indicada en la siguiente tabla

Tabla 26.

Especificaciones del modelo de bomba elegido para la planta

DATOS DE LA BOMBA CENTRÍFUGA	
Bomba elegida	modelo XM70-1
Potencia	$\frac{3}{4}$
Voltaje	110v
Capacitancia	40U250vl
succ/desc	1"*1"

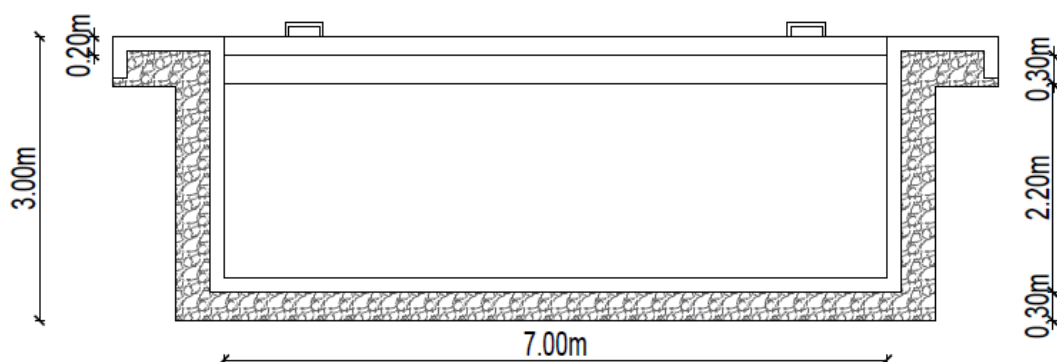
Luego se procede al dimensionamiento del tanque de compensación tomando como volumen 100 m^3 indicado por las especificaciones de la planta en base a este

volumen, tomando los mismos criterios de diseño del primer tanque se especificó como un tanque subterráneo de concreto con una base de piedra picada tomando en cuenta la cámara de aire dentro de él, con una profundidad total de 3 m para su fácil construcción y posterior mantenimiento. En la siguiente tabla se puede apreciar las dimensiones y en la *Figura 50* un esquema del mismo tanque.

Tabla 27.

Especificaciones de dimensiones del tanque de compensación

Parámetro	Valor	Unidad
Profundidad	3	m
Fondo de piedra picada	0,3	m
Cámara de aire	0,3	m
Tapa de concreto	0,2	m
Profundidad de agua	2,2	m
Área del fondo del tanque	46	m^2
Ancho	7	m
Largo	7	m



Tanque de compensación

Figura 50. Esquema de las dimensiones del tanque de compensación. Elaboración propia.

Cálculo de la línea de altura piezométrica y la línea de altura total

Finalmente en la tabla de Excel se procede a calcular y graficar la línea de altura piezométrica y la línea de altura total para tener un completo análisis hidráulico de la planta potabilizadora y así de esta forma cerciorarse de que la bomba elegida cumple al sistema hidráulico al que fue asignada a trabajar. Donde efectivamente se puede apreciar que el modelo hidráulico cumple al ver el grafico mostrado en la *Figura 51* observando así que la altura total está por encima de la altura del tanque siendo la bomba elegida la adecuada.

Tabla 28

Tabla de cálculo para la diferente altura piezométrica y totales a lo largo del tramo de la planta

TRAMO	Progresiva [m]	Cota [m]	LAP [m]	LAT [m]
SUCCIÓN	0	0	0	0,1829
1	6	0	-1,96	-1,7778
2	6	0	5,3251	5,5080
3	10	0	3,8173	4,0002
4	17	0	1,3492	1,5321
TANQUE DE COMPENSACIÓN	21	0	0,2951	0,4780

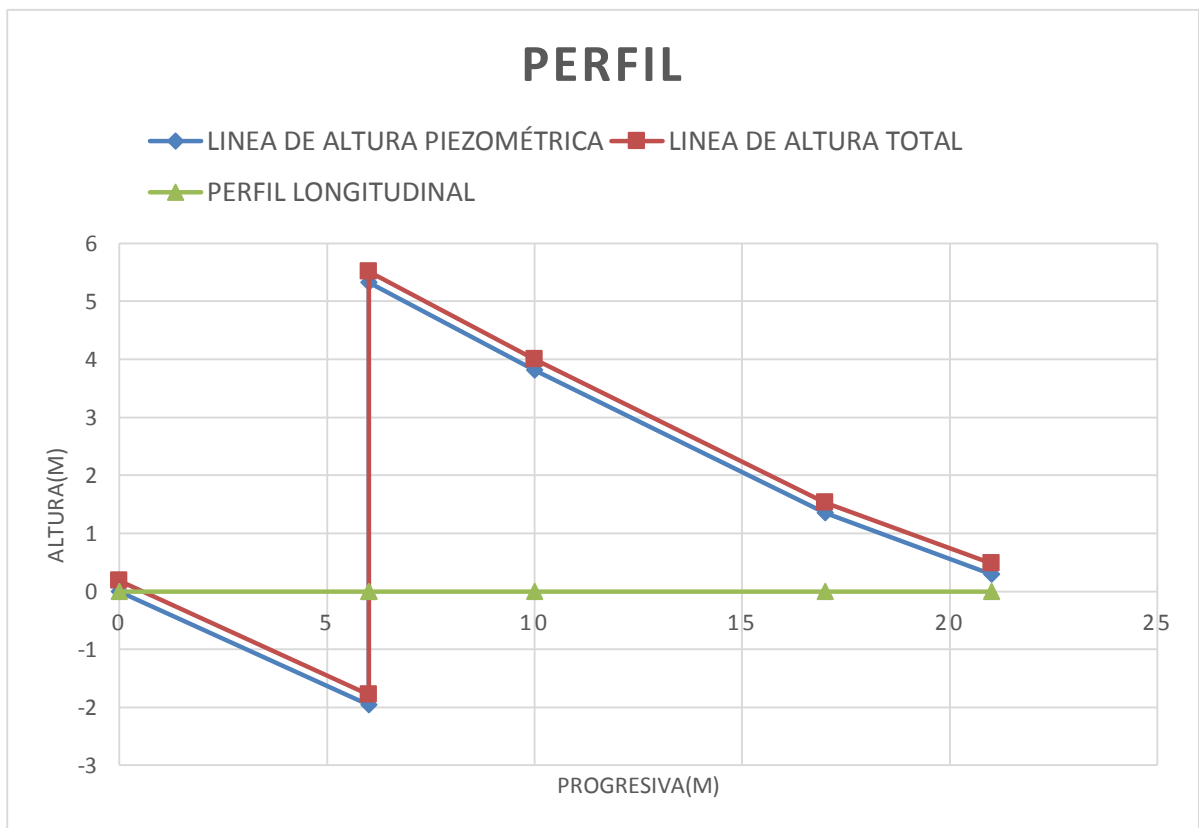


Figura.51 .Gráfico de la Línea de altura piezométrica (LAP) y Línea de altura total (LAT). Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Al aplicar los diferentes tipos de ensayos de laboratorio de acuerdo a los parámetros y requerimientos exigidos por las normas sanitarias de calidad de agua potable se logró determinar las diferentes variables a evaluar para garantizar una correcta clasificación del agua y adecuación de acuerdo a los datos obtenidos.

Las condiciones alrededor del pozo hacen pensar en el como un sistema libre de contaminantes ya que no hay presencia de animales ni poblados cercanos y al realizar los diferentes ensayos entre ellos los de coliformes totales y fecales como indicadores de contaminación se confirma la ausencia de los mismos, cumpliendo a la vez con las normas sanitarias de calidad de agua potable, siendo esta agua desde el punto de vista microbiológico apta para el consumo humano.

Mientras que desde el punto de vista físico-químico las aguas en particular están totalmente aptas para consumo humano; garantizando su calidad; donde el valor del pH, si bien se reporta fuera de la norma sanitaria; también es sabido que dicho valor tiene poco que ver con la potabilidad o no del agua que lo contenga, es tan así que la normativa de envasado de aguas de la norma COVENIN, dice: para que un agua se considere gasificada su pH debe estar entre 4,5 y 7,5 unidades de pH.

Se tiene que el agua en particular es un agua mineral natural; aunque podría decirse con más propiedad que es una agua oligomineral natural no carbonatada; solo que nuestra normativa no la contempla como tal; por lo tanto es un Agua Mineral natural. Al compararlas con otras aguas del mercado, se considera desde el punto de vista organoléptico como un agua tipo: Incolora y nítida (limpidez y color) - Salinidad

baja (Cuerpo bajo-ligero) - Sabor mineral (ligero y agradable) - Post-gusto (limpio y fresco).

Se concluye que el agua como tal no requiere de ningún proceso y ni operación unitaria para su adecuación; pero sí se recomienda instalar en línea operaciones unitarias tanto de filtración como desinfección; de forma tal que si el agua en un momento dado esta dentro de las especificaciones se obvia la operación unitaria.

Fundamentalmente la operación de filtración recomendada es filtros de carbón activado, mientras que para el proceso de desinfección se recomienda la instalación en línea de un sistema de ultra violeta (UV).

Se logró dar con una propuesta compuesta conformado con 2 tanques de inicio de 50 m^3 cada uno, una bomba centrífuga de $\frac{3}{4}$ de hp para garantizar un caudal de 0,56 l/s, un filtro de carbón activado, contando con un sistema de retrolavado, un filtro de malla, un filtro de rayos UV y un tanque de compensación de 100 m^3 para luego terminar en la planta de embotellado donde cuenta con un sistema de inyección y soplado PET, embotellado y llenado, logrando así el diseño de una planta de 16.128 litros por día en función de 8 horas por día.

Se evidencia gracias a la bibliografía; que es de alta recarga; por lo que no podría poner el proyecto bajo condición de menoscabo del acuífero, garantizando la sustentabilidad del proyecto.

Además de todo lo anteriormente mencionado es importante acotar que esta planta traería un importante desarrollo para la zona dándole un carácter industrial dentro de un marco sustentable, desarrollando áreas de investigación para la mejora del

proceso; ya que se busca como objetivo que la misma planta fabrique su propio material para el sistema de filtrado, siendo este el carbón activado.

Por último pero no menos importante cabe acotar que si bien todas las aguas se pueden adecuar para el consumo humano, las más idóneas para este proceso serían las aguas de pozo profundo; ya que como se pudo ver en la experiencia durante la investigación son las que menos procesos llevan para su adecuación al nivel fisicoquímico y bacteriológico. Al embotellar este tipo de agua cercano a su lugar de extracción y adecuación permite preservar sus propiedades de origen como agua mineral natural

Recomendaciones

Establecer un área de protección al acuífero, identificando las áreas vulnerables, dando una relativa protección a las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

Se debe utilizar el filtro de carbón activado numerosas veces, hasta que este se “lave”, disminuyan los hidróxidos con cada lavada y no haya variaciones en el pH

Se invita a llevar un control de la calidad del agua tratada durante la producción, con particularidad en el pH, debido a que la calidad del filtro del carbón activado va disminuyendo con el uso.

Crear iniciativas para considerar y respetar el medio ambiente por medio de realizaciones de modelos sociales que concienticen a reciclar y recuperar PET previamente utilizado.

Aprovechar al máximo la infraestructura existente del sistema de riego; ya que la misma beneficia el proyecto; dado que aumenta la recirculación en el acuífero; siempre y cuando no se introduzcan al acuífero insecticidas, fungicidas y otros químicos que podría comprometer la calidad de las aguas del acuífero.

Se recomienda crear una línea de investigación para la fabricación de carbón activado a partir de la concha de merey.

Referencias

(2011) *Parámetros Físico-Químicos: Alcalinidad* Universidad de Puerto Rico
Recuperado de <https://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>

(2010) *Tratamiento de agua por rayos ultravioleta*. Recuperado de <http://agua-purificacion.blogspot.com/2010/01/tratamiento-de-agua-por-rayos.html>

(2016) *¿Qué es la filtración con carbón activado?* Recuperado de <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-la-filtracion-con-carbon-activado/>

(2010) *Purificación y tratamiento del Agua* Recuperado de <http://agua-purificacion.blogspot.com/>

(2014) *Carbón Activado* Recuperado de <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>

Filtros de lámparas ultravioleta . Recuperado de <https://www.carbotecnia.info/producto/lamparas-uv-viqua-industrial-37-80-gpm/>

Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación, Introducción a la metodología científica*. Caracas: Editorial Episteme.

Ducci J.; Garzonio, O.; Moreno, H.; Navarrete, M.; Perroni, A. y Riquelme, R. (2013) “*Ventajas y riesgos de contrato llave en mano*” Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/6006#sthash.M2PhwxfQ.qMSJc7mj.dpuf>

Guzmán D. y Pereira K. (2009) “Estudios de gestión de las aguas subterráneas en Venezuela, caso especial: Acuífero de la Mesa de Guanipa”, trabajo especial de grado para optar título de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente núcleo Anzoátegui, Venezuela

Kasper D, Fauci A, Hauser S., Longo S., J. Jameson L., Loscalzo J. (2016) “*Harrison Principios de Medicina Interna*” Carolina del norte Estados Unidos *Mcgraw-HILL Interamericana Editores*.

Molina, L.(2011) *Análisis del Agua* Universidad de Jáen, España Recuperado de http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf

Moreno, Navarrete, Virgós. (1998) “*Conceptos Básicos De Microbiología De Las Aguas Subterráneas*” Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid

Seijas A, (2011) *Medición de turbiedad* Universidad Católica Andrés Bello núcleo Guayana, Venezuela

Seijas A, (2011) *Determinación del pH* Universidad Católica Andrés Bello núcleo Guayana, Venezuela

Seijas A, (2011) *Determinación de Dureza Total* Universidad Católica Andrés Bello núcleo Guayana, Venezuela

Seijas A, (2011) *Determinación de Conductividad* Universidad Católica Andrés Bello núcleo Guayana, Venezuela

Tamayo, M y Tamayo. (2003). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa Noriega Editores.

Anexos

Anexo A. Foto in situ de la Toma directa del pozo profundo ubicado en la Finca “Agro-Oriente”



Figura.52. Toma directa del pozo profundo.

Anexo B. Foto in situ de la bomba diésel dispuesta para toma de agua del pozo profundo ubicado en la Finca “Agro-Oriente”



Figura.53. Bomba diésel para extracción del agua directa al pozo.

Anexo C. Foto in situ del sistema de bombeo del pozo profundo



Figura.54. Bomba diésel vista general.

Anexo D. Foto in situ del sistema de tuberías dispuestos para el riego a pivote



Figura.55 Riego a pivote.

Anexo E. Foto in situ de la toma de la muestra directa del sistema de tuberías



Figura.56. Toma de muestra directa del pozo

Anexo F

Ensayo de Coliformes en Agua

1. OBJETIVO

- Determinar la presencia de Coliformes Totales y Fecales , mediante la técnica del Número más Probable, usando tubos de fermentación múltiple.

2.- REFERENCIA NORMATIVA

Se usa como referencia Bibliográfica SM 9221 (A- E) Técnica de fermentación en tubo múltiple para miembros del grupo Coliforme, Standard methods para la examinación de aguas potables y residuales, 17th edición , APHA, AWWA, WPCF, 1989

3.- RESUMEN DEL ENSAYO:

Las muestras de aguas sembradas en Caldo Lauryl Triptosa ó Lactosa Broth son incubadas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 24 o 48 horas para la realización de la prueba Presuntiva. La siguiente etapa del ensayo corresponde a la prueba confirmativa usando caldo verde Brillante Lactosa , este medio es selectivo para los miembros del grupo coliforme y actúa como inhibidor de la flora restante y coliformes Fecales en medio E.C. Broth, en este medio pueden aislarse haciendo un enriquecimiento previo después de la prueba confirmatoria , los coliformes fecales proveniente de los intestinos de animales de sangre caliente que son los únicos capaces de sobrevivir a la temperatura de 44°C .

El resultado se expresa en términos de “número más probable” de bacterias coliformes (NMP en 100 ml de muestra).

4.- MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

4.1.--INSUMOS, MATERIALES Y EQUIPOS

4.1.1.-Autoclave con operación a una temperatura de $121 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

4.1.2.-Tubos de ensayo 16 X 150 mm con tapa de rosca

4-1.3.-Tubos de ensayos 20 X 150 mm con tapa de rosca

- 4.1.4.-Tubos de Durham para fermentación.
- 4.1.5.-Asa de platino de diámetro no menor de 3 mm.
- 4.1.6.-Mechero a gas o de alcohol.
- 4.1.7.-Campana para sembrar cultivos.
- 4.1.8.-Incubadora ó baño de maría con regulador de temperatura para operar a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- 4.1.9.-Gradillas para tubos de ensayos
- 4.1.10.-Agitadores de vidrio
- 4.1.11.-Tapabocas
- 4.1.12.-Micropipeta graduada desde 0,1 ml hasta 1 ml
- 4.1.13.-Puntillas azules universales

- 4.1.14.-Guantes de látex
- 4.1.15.-Balanza analítica
- 4.1.16.-Pipetas graduadas de 1 ml, 10 ml
- 4.1.17.-Frascos con tapa de vidrio de 100 ml
- 4.1.18.-Refrigerador con operación entre $2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ a $4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- 4.1.19.-Vasos de precipitado de 1000 ml

4.2.- REACTIVOS

4.2.1.-Solución Madre Tampón A: Pese 34 g de Fosfato Monopotásico y disuelva en 500 ml de agua destilada y ajuste el pH 7,2 $\pm 0,2$ con NaOH 1 N; afora en un balón de 1000 ml, distribuya en frascos con tapa de 250 ml y esterilice en autoclave a 121°C por 40 min. La solución es estable refrigerada por meses, deseche si presenta turbiedad.

4.2.2.-Solución Madre Tampón B: Pese 8,10 g de cloruro de magnesio hexahidratado y disuelva en 500 ml de agua destilada, luego afore en un balón de 1000 ml con agua destilada, distribuya en frascos de vidrio con tapa de 250 ml, esterilice a 121 °C en autoclave durante 40 min. Refrigere, esta solución es estable por meses, deseche si observa turbiedad.

4.2.3.-Solución Amortiguadora de Fosfatos: Adicione 1,25 ml de la solución madre tampón A y 5 ml de la solución madre tampón B, afore en un balón de 1000 ml con agua destilada, distribuya en volúmenes de 9 ml en tubos de ensayo y esterilice a 121 ° C.

4.2.4.-Caldo Lactosado: Prepare el medio de fermentación (concentración simple) disolviendo 13 g de Caldo Lactosado , (concentración doble) disolviendo 26 g de caldo Lactosado y .para la prueba (Presencia - Ausencia) (concentración triple) .39 g todas en 1 litro de agua destilada.

Mézclese sin calentar, cuidadosamente con un instrumento de agitación, para disolver El pH debe ser de 6,8 +/- 0.2 después de la esterilización.

Antes de esterilizarlo, colóquese en tubos de fermentación con un vial invertido una cantidad suficiente de medio para que cubra este, al menos parcialmente, 10 ml es suficiente. También es posible prescindir del vial invertido y añadir 0,01 g/l de púrpura de bromocresol al medio presuntivo para determinar la producción ácido, lo que indicaría un resultado positivo en esta parte de la prueba. Ciérrense los tubos con tapones de metal o. plástico resistentes al calor, en el caso de método (P-A) agregue 50 ml del medio de cultivo de triple concentración, a botellas de 250 ml con tapón de rosca, no es necesario colocar tubo Durham.

Hágase el medio (Lactosa ó Lauryl Triptosa) con fuerza suficiente como para añadir 100 ml ó 10 ml de muestra, la concentración de los ingredientes no sea menor que la del medio estándar, prepárese conforme a las directrices de las Tablas 1 y 2 que aparecen en el anexo.

4.2.5.-Caldo Bilis Verde Brillante: Prepare el medio de fermentación disolviendo 40 g de caldo lactosado Brillante en un litro de agua destilada y adicione 10 ml de caldo y un tubo Durham invertido a cada uno de los tubos de ensayo identificados, tape y esterilice en autoclave a 121 °C durante 15 minutos.

4.2.6.-Medio EC: Prepare el medio de cultivo disolviendo 37 g de caldo EC en 1000 ml de agua destilada. Coloque 10 ml de caldo y un tubo Durham invertido en cada uno de los tubos identificados tape y esterilice en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

4.2.7.-Indicador Bromocresol Púrpura: prepare 0,01 g/l, disuelva primero en 10 ml de NaOH 0,1 N y luego agregue al caldo lactosado.

4.3. Prueba presuntiva para aguas no Potables (naturales, industriales y residuales)

4.3.1.- Para este tipo de muestra se inoculan una serie de tubos de ensayo con adecuadas diluciones decimales crecientes de la misma, teniendo en cuenta la densidad bacteriana más probable, en cada uno de los tubos de ensayos se agrega 9 ml de la solución amortiguadora de fosfatos, tome tres o más tubos, de acuerdo a la cantidad de diluciones, que vaya a efectuar y empiece agregando 1 ml de muestra al primer tubo , décimo (0,10), tome 1 ml del tubo anterior y agregue al segundo tubo, centésimo (0,01), tome 1 ml del segundo tubo y agregue al tercer tubo milésimo (0,001), prepare la siguiente dilución agregando siempre 1 ml del tubo anterior y así sucesivamente, hasta lograr una serie de tubos donde se obtengan resultados negativos de coliformes totales.

4.3.2.- Prepare tres series con mínimo, 3 tubos, preferiblemente 5 tubos si quiere obtener valores de NMP válidos estadísticamente, con 10 ml de caldo lactosado (concentración simple), Inocule cada serie de tubos con 1 ml de cada una de las diluciones que se le realizaron a la muestra original.

4.5.- Prueba confirmativa de coliformes totales para Aguas Potables, No Potables (Naturales, Industriales y Residuales)

4.5.1.- Llévense a la fase de confirmación todos los tubos primarios en los que haya aparecido cualquier cantidad de gas o crecimiento ácido a las 48 horas, de incubación, si se observa una fermentación activa y crecimiento ácido en las primeras 24 horas los tubos se llevarán al medio de confirmación sin esperar a que transcurran las siguientes 24 horas.

4.5.2.- Encienda el mechero de gas o alcohol para mantener una atmósfera estéril y esterilice el asa de platino hasta el rojo y deje enfriar, .o utilice un aplicador de madera estéril en el cultivo de al menos 2,5 cm. el cual debe ser desechado, después de cada inoculación. Mezcle el tubo de fermentación positivo con un movimiento rotatorio. Suficiente para que se produzca una resuspensión de los microorganismos

4.5.3.- Tome los tubos por su base, tanto el de fermentación positiva como el de bilis verde brillante que va a ser inoculado, sosténgalos con la mano izquierda y destape ambos con la derecha. Flamee la boca de los tubos y rápidamente introduzca el asa en el tubo de fermentación positivo, ahora pásese el asa al tubo de bilis verde brillante que va a ser inoculado, realice esta operación dos veces.

4.5.4.- Flamee de nuevo la boca de los tubos y tápelos. Esterilice el asa e Incube los tubos inoculados del caldo lactosado bilis verde brillante a $35 (\pm 0,5) ^\circ\text{C}$ por 48 horas.

4.5.5.- La presencia de turbiedad y de gas en el vial invertido en el medio de fermentación verde brillante de lactosa bilis a las 48 ± 3 horas de incubación constituye un resultado positivo en la fase confirmatoria. Calcúlese el valor del NMP a partir del número de tubos positivos, de la manera descrita en el punto 9.2 (cálculo y registro del NMP).

4.6.-Prueba de Coliforme Fecal (medio EC)

4.6.1.- Estúdiense todos los tubos de fermentación presuntivos que hayan mostrado alguna cantidad de gas o un fuerte crecimiento durante las 48 horas de incubación en la prueba de confirmación se puede realizar simultáneamente, la inoculación de los tubos positivos en medio de verde brillante, para la prueba confirmativa y el medio EC para coliformes Fecales, para acortar el tiempo de obtención de los resultados.

4.6.2.- Agítense suavemente o gírense los tubos de fermentación que muestren gas o un fuerte crecimiento. . Con un asa estéril de metal de 3 mm de diámetro o un aplicador de madera estéril, pásese el cultivo de cada tubo de fermentación al medio EC. Incúbense los tubos con medio EC inoculados en un baño de agua a $44,5 \pm 0,2 ^\circ\text{C}$ durante 24 ± 2 horas.

4.6.3.- Deposítense todos los tubos con EC en un baño de agua antes de que transcurran 30 minutos de la inoculación y manténgase a una profundidad suficiente como para que el agua del baño esté a un nivel superior al que tiene el medio en los tubos

4.6.4.- La presencia de turbiedad y de gas en el tubo Durham invertido del tubo de fermentación a las 24 horas o menos de incubación se considera una reacción positiva que indica la presencia de organismos coliformes de origen fecal, la falta de gas (a veces se produce crecimiento) constituye un resultado negativo, que indica que el origen de los microorganismos no es el aparato digestivo de los animales de sangre caliente, El NMP en los tubos con medio EC Positivos se calcula según la forma descrita en el punto 9.2 (Cálculo y registro del NMP).

5.- Cálculo y registro del NMP

Calcúlese y regístrese el número de hallazgos positivos de microorganismos del grupo coliforme (ya sea en pruebas confirmatorias o completas) en términos del número más probable. Las tablas N° 3, 4, 5 y 6 que están en los anexos II, III y IV indican los valores del NMP para distintas series de siembras y resultados. En estas tablas se contemplan límites de confianza del 95 % para cada valor del NMP. Si utilizó estos volúmenes de muestra que están contenidos en la tabla, reporte el valor correspondiente al número de resultados positivos y negativos en las series en forma de NMP/ 100 ml

Los volúmenes de las muestras indicados en las tablas N° 3 y 4 están relacionados de forma más específica con volúmenes fijos y se utilizan para agua potable. Las tablas N° 5 y 6 ilustra los valores del NMP para combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se estudian volúmenes de tres a cinco muestras de 10,1 y 0,1. En caso de que las series de diluciones decimales sean distintas de las de la tabla, selecciónense los valores del NMP de las tablas N° 5 y 6 por la combinación de tubos positivos calculándose de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Valor del NMP (de la tabla)} \times 10}{\text{Mayor volumen de muestra estudiado}} = \text{NMP /100}$$

Mayor volumen de muestra estudiado

Anexo G

Ensayo de medición del pH

1. OBJETIVOS

- Realizar medición del pH en muestra de agua natural
- Analizar los resultados comparando con las normas ambientales y sanitarias existentes
- Recolectar los desechos generados de las soluciones preparadas durante la práctica.

2. REFERENCIA NORMATIVA

Se usa como referencia la norma Venezolana COVENÍN N° 2462; 2002 (1era Revisión) Para la determinación del pH de aguas naturales, industriales y residuales.

3. PRINCIPIO

Este método se basa en la determinación de la actividad de los iones hidrógenos por medición potenciométrica utilizando un electrodo indicador de hidrógeno y un electrodo de referencia. Debido a la dificultad en su uso el potencial de contaminación del electrodo de hidrógeno, comúnmente se usa el electrodo de vidrio como indicador. La fuerza electromotriz (fem) producida en el **electrodo de** vidrio varía linealmente con el pH.

4. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

4.1.- Equipos y materiales

4.1.1.- Potenciómetro provisto de electrodo de vidrio, electrodo de referencia y un dispositivo medidor de temperatura (ver gráfico N° 1)

4.1.2.- Vasos de precipitado de 100 ml

4.1.3.- Botellas de recolección de muestras

4.1.4.- Escala colorimétrica para rojo fenol (6,2-8,2) (ver anexo N° 2)

4.1.5.- Cintas (0-14) (Merck) (ver anexo N° 3)

4.1.6.-Guantes de látex

4.2.- REACTIVOS

4.2.1.- Rojo fenol

4.2.2.- Soluciones amortiguadoras de pH conocido.

4.3.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS DE LOS REACTIVOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA PRÁCTICA:

Reactivos	Peligro	Primeros auxilios
ROJO DE FENOL	Sustancia No Peligrosa.	Contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos). En caso de malestar consultar al médico.

5. PARTE EXPERIMENTAL

5.1.- Preservación de la muestra

Según la norma venezolana COVENIN 2709: 2002 La muestra debe analizarse inmediatamente.

5.2.- Interferencias

5.2.1.- No compensar la variación de temperatura de la muestra en el equipo medidor de pH

5.2.2.- No seguir las recomendaciones de operación del equipo medidor de pH

5.2.3.- Soluciones amortiguadoras mal preparadas, contaminadas o vencidas

5.2.4.- Electrodo agrietados, deteriorados o sucios.

6.- Método Potenciométrico

6.4.1.- Este método se basa en la determinación de la actividad de los iones hidrógenos por medición potenciométrica utilizando un electrodo indicador de hidrógeno y un electrodo de referencia. Debido a la dificultad en su uso el potencial de contaminación del electrodo de hidrógeno, comúnmente se usa el electrodo de vidrio como indicador. La fuerza electromotriz (fem) producida en el **electrodo de vidrio varía linealmente con el pH**

6.4.2.- El equipo debe haber sido calibrado previamente con las soluciones amortiguadoras conocidas de pH

6.4.3.- Coloque en un vaso de precipitado un volumen de agua de 150 ml.

6.4.4.- Introduzca el electrodo de pH del equipo a utilizar y espere la estabilización de la lectura indicada en la pantalla del potenciómetro (compare los resultados con el método colorimétrico).

6.4.5.- Con el potenciómetro determine el pH de dos muestras de aguas potables, una fría y otra estado natural (compare los resultados).

6.4.6.- Reportar los valores de pH con la debida incertidumbre asociada al equipo utilizado. (Ver anexo N° 1).

7- Gestión de desechos generados en la práctica

7.1.- Durante la realización de práctica se generan los desechos de las soluciones preparadas, estos desechos se catalogan como peligrosos y no peligrosos según el Decreto 2635, G.O N° 5245 del 3 -08 – 1998 - y su ficha de seguridad, para ello lo siguiente:

7.2.- Los desechos generados en la práctica de pH no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635 ni su ficha de seguridad. No son necesarias tomar medidas especiales para ser dispuesta en forma definitiva sin previo tratamiento y pueden ser vertidos al desagüe que descarga a la planta de tratamiento de agua de la Universidad.

Anexo H

Ensayo de Determinación de CO₂ Libre en el Agua

OBJETIVO Y FUNDAMENTOS

El método está basado en la reacción del CO₂ libre del agua con el NaOH, formando bicarbonato.

Es aplicable a muestras de agua que no contengan cantidades apreciables de hidróxido amónico, aminas, fosfatos, boratos, silicatos, sulfuros y nitritos. También puede interferir la presencia de ácidos minerales y de sales de ácido fuerte y base débil y en menor grado la presencia de aluminio, hierro cromo y cobre.

MATERIAL

Bureta,
Matraz aforado de 1 litro,
Matraz erlenmeyer,
Pipeta de 20 ml,
Placa calefactora,
Probeta de 100 ml,
Tubo de goma.

REACTIVOS

Agua destilada,
Fenolftaleína 0'5% en agua-alcohol 1:1,
Hidróxido de sodio 1N titulado.

METODOLOGÍA

- 1.- Preparar disolución de NaOH 0'02N a partir de 20 ml de NaOH titulado 1N y enrasar a 1 litro con agua destilada exenta de dióxido de carbono (previamente llevada a ebullición durante 15 minutos o mediante vacío).
- 2.- Tomar 100 ml de muestra y pasar a matraz erlenmeyer de 250 ml.
- 3.- Añadir 5 gotas de disolución hidroalcohólica de fenolftaleína y valorar con la disolución preparada en el apartado 1, hasta viraje (rojo a incoloro).

CÁLCULOS

El resultado se expresa en dióxido de carbono libre en mg por litro:

$$\text{mg/l de CO}_2 = \frac{V \cdot 0'02 \cdot 44.000}{v}$$

siendo V los ml consumidos de NaOH 0'02N i v el volumen de muestra (en ml).

Anexo I

Ensayo de Sólidos Totales, Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos y Sólidos Sedimentables

1.- OBJETIVOS

Esta norma Venezolana establece los métodos de ensayo para la determinación de Sólidos (Totales, Disueltos, Suspendidos, Fijos y volátiles, Sedimentables) en aguas naturales, Industriales y residuales.

2.- REFERENCIA NORMATIVA

Se usa como referencia la norma Venezolana FONDONORMA NVF- 2461-2005, para la determinación de Sólidos en aguas naturales, industriales y residuales.

3.- DEFINICIONES

3.1.- Sólidos Totales Es el término aplicado al material o residuo que permanece en el recipiente después de la evaporación de la muestra y su posterior secado en un horno a una temperatura definida.

3.2.- Sólidos Disueltos: Es la porción de sólidos que pasa a través de un filtro con tamaño de poro de 2,0 μm o menos bajo condiciones especiales. Se puede determinar por la diferencia entre Sólidos Totales y Sólidos Suspendidos.

3.3.- Sólidos suspendidos: Es la porción de sólidos que es retenida en un filtro con un tamaño de poro de 2,0 μm o menos: Se determina por pesada del filtro o como la diferencia entre Sólidos Totales y Sólidos Disueltos.

3.4.-Sólidos Sedimentables: Son los sólidos que sedimentan en un tiempo de una hora, calculándose en el volumen de 1 litro.

4.- MANIPULACIÓN DE SUSTANCIA QUÍMICAS

- Deberán utilizar bata de laboratorio, lentes de protección y en caso de requerirse, guantes durante el tiempo de permanencia en el laboratorio.
- Antes de usar un reactivo químico o una solución lea cuidadosamente la etiqueta para identificar el contenido y en los signos de peligrosidad que parecen en los frascos.
- Tome exactamente la cantidad necesaria del reactivo a utilizar y no deje destapados los frascos ni aspire su contenido.
- Los ácidos y las bases fuertes han de manejarse con mucha precaución, ya que la mayoría son corrosivos y, si caen sobre la piel o la ropa, pueden producir heridas y quemaduras importantes.
- Evite el contacto de las manos con los ojos y otras mucosas mientras realiza los análisis.
- Lávese las manos con jabón después de tocar cualquier producto químico

5.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS DE LOS REACTIVOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA PRÁCTICA:

Reactivos	Peligro	Primeros auxilios
Aguas Residuales y Naturales	No Genera Ningún Peligro	No Requiere De Primeros Auxilios

Nota: Para cualquier otra información consultar las **fichas de seguridad** de cada reactivo ubicadas en el laboratorio y también pueden consultar la norma **Covenin 2670: 2012 Materiales Peligrosos. Guía de respuestas a emergencias.**

6.- MÉTODOS DE ENSAYO

6.1.- DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES (103-105 ° C)

6.1.1 Principio

Se evapora una muestra homogeneizada, en una cápsula de porcelana previamente pesada, luego se seca en un horno a 103-105 ° C hasta peso constante. El aumento de peso sobre el de la cápsula vacía representa los sólidos totales

6.1.2.- Interferencias

6.1.2.1.- Las aguas ricas en minerales con concentraciones de de Calcio, Magnesio, Cloruro y/o Sulfato pueden ser higroscópica, requiriendo de un proceso de secado largo, desecación apropiada y pesada rápida.

6.1.2.2.- Se deben eliminar las partículas flotantes grandes o los aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos presentes en la muestra, si se determina que su inclusión no es deseable en el resultado final.

6.1.2.3.- Se debe dispersar, con un mezclador, la grasa y el aceite flotante en la muestra antes de realizar el análisis.

6.1.2.4.-Se debe limitar las muestras a un contenido de sólidos no mayor de 200 mg, un residuo excesivo en la cápsula puede formar una costra hidrófila.

6.1.3.- Aparatos y Materiales

6.1.3.1.-Mufla para operar a una temperatura de 550 ° ± 50 ° C

6.1.3.2.- Horno de secado para operar a una temperatura de 103 a 105 ° C

6.1.3.3.- Baño de vapor

6.1.3.4.- Desecador que contenga un desecante con indicador de color de contenido de humedad ó un indicador instrumental.

6.1.3.5.- Balanza analítica, con una precisión de $\pm 0,1$ mg

6.1.3.6.-Cápsula de evaporación, de 100 ml de capacidad de los siguientes materiales:
a) porcelana b) platino y vidrio resistente a altas temperaturas

8.1.3.7.- Pinzas metálicas para sostener las cápsulas de evaporación

6.1.3.8.- Agitador magnético con barra agitadora cubierta de teflón

6.1.3.9.- Bomba de vacío

6.1.3.10.- Material usual de laboratorio

6.1.4.- Procedimiento

6.1.4.1.- Si se van a medir sólidos volátiles, calentar en una mufla la cápsula de evaporación limpia a 550 °C durante 1 hora. Si sólo se van a medir sólidos totales, calentar la cápsula de evaporación limpia a 103-105°C durante 1 hora.

6.1.4.2.- Mantener y enfriar en un desecador y pesar inmediatamente antes de usar.

6.1.4.3.- Transferir un volumen conocido de la muestra previamente homogeneizada, a la cápsula y evaporar a sequedad en un baño de vapor o en un horno de secado. Utilizar un volumen de muestra que proporcione un residuo de 2,5 a 200 mg. En caso

necesario, añadir a la misma cápsula, después de la evaporación, nuevas porciones de muestra.

6.1.4.4.- Si la evaporación se lleva a cabo en un horno de secado reducir la temperatura hasta 2 °C por debajo del punto de ebullición, con la finalidad de evitar salpicaduras.

6.1.4.5.- Secar la muestra evaporada por espacio de una hora en el horno a (103-105 °C)

6.1.4.6.- Enfriar la cápsula en un desecador para equilibrar la temperatura y pesar.

6.1.4.7.- Repetir los puntos desde 8.1.4.5 y 8.1.4.6 hasta obtener peso constante, o hasta que la variación de peso sea menor del 4% del peso anterior o menor de 0,5 mg.

6.1.5.- Expresión de los resultados

Calcular los sólidos totales de la muestra de la siguiente manera:

$$\text{Sólidos totales (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 10^6}{C}$$

Donde:

A: Peso de la cápsula+peso de residuo seco, (g)

B: Peso de la cápsula, vacía (g)

C: Volumen de muestra analizada, en ml.

Reportar la cantidad de sólidos de la muestra como sólidos totales a 103-105° C, en mg/l.

6.2.- DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES SECADOS A 180 °C

6.2.1.- Principio

Se hace pasar una muestra homogénea por un filtro de fibra de vidrio; luego se evapora y seca en un horno de 180°C, hasta peso constante. El aumento de peso de la cápsula representa los sólidos totales disueltos.

6.2.2.- Interferencias

6.2.2.1.- Las aguas ricas en minerales con concentraciones importantes de calcio, magnesio, Cloruro y/o sulfato cuyos residuos pueden ser higroscópicos, requieren de un proceso de secado largo, desecación apropiada y pesada rápida.

6.2.2.2.- Las muestras con alto contenido de bicarbonato se deben secar cuidadosamente durante períodos largos a 180 °C, con la finalidad de asegurar conversión completa del bicarbonato a carbonato. Residuos excesivos pueden formar en la cápsula una costra hidrófila, limitando la muestra a un contenido de residuo no mayor de 200 mg.

6.2.2.3.- Se debe dispersar, con un mezclador, la grasa y el aceite flotante de la muestra, antes de realizar el análisis.

6.2.3.- Aparatos y materiales

En este ensayo se requieren los aparatos que se utilizan en el punto 8.1.3 y los siguientes:

6.2.3.1,. Discos de filtrado de fibra de vidrio, sin aglutinante orgánico. Papel filtro microfibra de vidrio GC50 1.2 micras, 47 mm (Whatman GF/C / 934 AH)

6.2.3.2.- Equipo de filtración, apropiado según el tipo de filtro seleccionado:

6.2.3.3.- Embudo para filtro de membrana, magnético de Polysulfonato de capacidad de 300 ml

6.2.3.4.-Matraz de succión (Kitasato) 500 ml de capacidad.

6.2.3.5.- Horno de secado, para operar a 180 ± 2 °C.

6.2.4.- Procedimiento

6.2.4.1.- Preparación de filtro de fibra de vidrio.

Insertar el filtro con la cara rugosa hacia arriba en el equipo de filtración. Aplicar vacío y lavar el filtro con tres porciones sucesivas de 20 ml de agua destilada. Continuar la succión hasta remover todas las trazas de agua. Descartar los lavados.

6.2.4.2.- Preparación de la cápsula de evaporación.

Si sólo se van a medir sólidos disueltos, calentar la cápsula vacía por espacio de una hora a 180 ± 2 °C. Si se van a realizar la medición de sólidos volátiles, llevar la cápsula de evaporación a una mufla a calentar a 550 ± 50 °C durante 1 hora en un horno mufla. Conservar en el desecador hasta que se utilice. Pese inmediatamente antes de usar.

6.2.4.3.-Selección del filtro y la cantidad de muestra.

Elegir un volumen de muestra entre 10 y 200 mg de residuo seco, si se requieren más de 10 minutos para completar la filtración, incrementar el tamaño del filtro o disminuir el volumen de muestra.

6.2.4.4.-Pasar un volumen medido de muestra homogenizada por un filtro de fibra de vidrio. Lavar con tres porciones sucesivas de 10 ml de agua destilada, permitiendo el drenaje completo de filtro entre los lavados; y continuar la succión durante 3 min, después de finalizada la filtración.

6.2.4.5.-Transferir el filtrado a la cápsula de porcelana pesada y evaporar a sequedad en un baño de vapor ó en horno de secado, la evaporación puede llevarse a cabo en varias horas. Si el volumen de filtrado excede la capacidad de la cápsula, se debe añadir, después de la evaporación, nuevas porciones de muestra.

6.2.4.6.-Secar la muestra evaporada en un horno a 180 ± 2 °C por lo menos durante 1 hora.

6.2.4.7.- Enfriar la cápsula en un desecador para equilibrar la temperatura y pesar.

6.2.4.8.-Repetir los puntos 8.2.4.6 y 8.2.4.7 hasta obtener peso constante o hasta que la variación de peso sea menor del 4% del peso anterior o menos de 0,5 mg (seleccionar la menor de ambas).

6.2.5.- Expresión de los resultados

Calcular los sólidos disueltos totales en la muestra de la manera siguiente:

$$\text{Sólidos Disueltos Totales (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 10^6}{C}$$

Donde:

A: Peso de la cápsula + peso de residuo seco, (g)

B: Peso de la cápsula, (g)

C: Volumen de muestra filtrada, en ml

Reportar la cantidad de sólidos disueltos de la muestra como: sólidos disueltos a 180 °C en mg/l

6.3.-DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES SECADOS a 103-105 °C

6.3.1.-Principio

6.3.1.1.-Se hace pasar una muestra homogénea por un filtro de fibra de vidrio y el residuo retenido en el mismo se seca en un horno a 103-105 °C hasta peso constante. El aumento del peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión.

6.3.1.2.-Cuando el material obstruya el filtro y prolongue la operación de filtrado, la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos disueltos totales puede proporcionar un estimado de la concentración de sólidos suspendidos totales.

6.3.2- Interferencias

6.3.2.1.- Se pueden eliminar las partículas flotantes grandes o los aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos presentes en la muestra, si se determina que su inclusión no es deseable en el resultado final.

6.3.2.2.- Se debe dispersar, con un mezclador, la grasa y el aceite flotante de la muestra, antes de realizar el análisis.

6.3.2.3.- Cuando las muestras presentan alto contenido de sólidos disueltos, lavar el filtro rigurosamente para asegurar la eliminación del material disuelto.

6.3.2.4.-Tiempos de filtración prolongados, producto de la obstrucción del filtro, puede originar resultados erróneos, como consecuencia de la cantidad excesiva de sólidos retenidos en el medio filtrante.

6.3.3.-Aparatos y materiales

6.3.3.1.-En este ensayo se requieren los aparatos que se utilizan en los puntos 8.1.3 y 6.2.3 a excepción de las cápsulas de evaporación y horno para operar a 180 ° C.

6.3.3.2.- Pinza para filtros de membrana punta plana

6.3.3.3.- Vidrio de reloj de 65 mm

6.3.4.- Procedimiento

6.3.4.1.- Preparación del papel de filtro de fibra de vidrio.

Insertar el filtro con la cara rugosa hacia arriba en el equipo de filtración. Aplicar vacío y lavar el filtro con (3 a 9 porciones sucesivas de 20 ml de agua destilada. continuar la succión hasta remover todas las trazas de agua. Descartar los lavados

6.3.4.2.-Retirar el filtro del equipo de filtrado y trasladar hasta la tinita de pesada de aluminio, si se utiliza un crisol Gooch, proceder a separar la combinación de crisol y filtro.

6.3.4.3.-Secar el papel filtro fibra de vidrio en un horno a 103-105 ° C, durante una hora, enfriar conservar el papel filtro en un desecador y pesar inmediatamente antes de usar.

6.3.4.4.- Instalar el aparato de filtrado y el filtro para iniciar la succión. Para muestras no homogéneas, como es el caso de muestras de agua residual no tratadas, se debe agitar la muestra para homogeneizar, con un agitador magnético e introducir una pipeta aproximadamente en el punto medio entre el remolino y la pared para permitir el filtrado de una muestra representativa.

6.3.4.5.- Humedecer el filtro, con pequeñas cantidades de agua destilada, con la finalidad de ajustarlo.

6.3.4.6.- Pasar un volumen medido de muestra homogenizada por un filtro fibra de vidrio. Lavar con tres porciones sucesivas de 10 ml de agua destilada, permitiendo el

drenaje completo del filtro entre los lavados; y continuar la succión durante 3 min, después de finalizada la filtración.

6.3.4.7.-Separar con cuidado el papel filtro del aparato de filtración con una pinza para filtros de membrana y llevarlo al vidrio de reloj.

6.3.4.8.-Secar en el horno a 103-105°C, durante una hora.

6.3.4.9.-Enfriar en un desecador con la finalidad de equilibrar la temperatura y pesar.

6.3.4.10.- Repetir los puntos 8.3.4.8 y 8.3.4.9 hasta obtener un peso constante hasta que la variación de peso sea menor del 4% del peso anterior o menor de 0,5 mg (seleccionar la menor de ambas).

6.3.5.- Expresión de resultados

Calcular los sólidos suspendidos totales de la muestra siguiente manera

$$\text{Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 10^6}{C}$$

Dónde:

A: Peso del papel filtro + residuo, (g)

B: Peso del papel filtro, vacío en (g)

C: Volumen de muestra analizada, en ml.

Reportar la cantidad de sólidos suspendidos de la muestra como: sólidos suspendidos totales en mg/l.

6.4.- DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS FIJOS Y VOLÁTILES A 550 ° C

6.4.1.- Principio

6.4.1.1.- El residuo obtenido con los métodos descritos para determinar sólidos totales, disueltos y sólidos totales en suspensión se calienta a peso constante, a una temperatura de 550 ° C. Los sólidos remanentes representan los sólidos totales fijos, disueltos o en

suspensión. Mientras que la pérdida de peso por ignición representa los sólidos volátiles.

6.4.1.2.- La determinación de este parámetro es útil para el control de las operaciones de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, ofrece información de la cantidad de materia orgánica presente en la fracción sólida del agua residual, lodos activados y residuos industriales.

6.4.2.- Interferencias

6.4.2.1.- Errores en la determinación por pérdida de materia evaporable durante la desecación.

6.4.2.2.- Errores considerables por la determinación de bajas concentraciones de sólidos volátiles en presencia de concentraciones elevadas de sólidos fijos.

6.4.3.- Aparatos y materiales

En este ensayo se requieren los aparatos que se utilizan en los puntos 8.1.3, 8.2.3 y 6.3.3.

6.4.4.- Procedimiento

6.4.4.1.-Calentar el residuo producido por los métodos descritos para determinar sólidos totales, sólidos totales disueltos y sólidos totales suspendidos, a peso constante en una mufla a 550 ± 5 ° C .Elevar la temperatura en la mufla antes de introducir la muestra . Por lo general el tiempo estimado es de 15 a 20 minutos para 200 mg de residuos.

6.4.4.2.- Enfriar la cápsula o el papel filtro al aire hasta que haya disminuido el calor .

6.4.4.3.-Transferir la cápsula o papel filtro al desecador para proceder a enfriar en un ambiente seco, sin sobrecargar el desecador

6.4.4.4.-Tan pronto se haya enfriado hasta equilibrar la temperatura, pesar la cápsula o papel filtro.

6.4.4.5.- Repetir los pasos del punto 4.4.4.1 hasta el punto 4.4.4.4 hasta obtener peso constante o hasta que la variación de peso sea menos de 4 % del peso previo o menor 0,5 mg (seleccionar la menor de ambas)

6.4.5.- Expresión de resultados

6.4.5.1.- Calcular los sólidos fijos o volátiles de la muestra de la siguiente manera, según convenga:

$$\text{Sólidos Volátiles (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 10^6}{\text{Volumen de muestra (ml)}}$$

$$\text{Sólidos Fijos (mg/l)} = \frac{(B - C) \times 10^6}{\text{Volumen de muestra (ml)}}$$

Dónde:

A= peso del residuo + cápsula ó papel filtro antes de incinerar (g)

B= peso del residuo + cápsula ó papel filtro después de la incineración (g)

C= peso de la cápsula ó papel filtro, (g)

8.4.5.2.- Reportar la cantidad de sólidos fijos y volátiles, mg/l

6.5.- DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES

6.5.1.- Principio

Los sólidos sedimentables de las aguas naturales, industriales y residuales deben ser expresados en función de un volumen (ml/l) o de un peso (mg/l).

6.5.2.- Aparatos y materiales

6.5.2.1.- Método Volumétrico

6.5.2.1.1.-Cono Imhoff.

6.5.2.1.2.- Varilla de vidrio.

6.5.2.2.- Método Gravimétrico.

6.5.2.2.1.- En este ensayo se requieren los aparatos que se utilizan en algunos puntos anteriores.

6.5.2.2.2.- Vaso de vidrio con un diámetro mínimo de 9 cm.

6.5.3.- Procedimiento

6.5.3.1.- Método Volumétrico

6.5.3.1.1.- Verter la muestra a analizar en el cono Imhoff hasta la marca de 1 Litro (1000 ml).

6.5.3.1.2.- Dejar sedimentar durante 45 min.

6.5.3.1.3.-Transcurrido el tiempo, girar el cono lentamente un ángulo de 360° agitar cuidadosamente con un varilla alrededor de las paredes, y dejar reposar por 15 min. Adicionales.

6.5.3.1.4.-Registrar el volumen de sólidos sedimentados en el cono en ml.

6.5.3.1.5.-Si se observa espacios de líquido entre partículas gruesas, evaluar el volumen de aquellas y restar del volumen de sólidos sedimentados. En caso de producirse una separación de materiales sedimentables y flotantes, estos últimos no se deben valorar como sólidos sedimentables.

6.5.3.2.- Método Gravimétrico.

6.5.3-2.1.- Determinar los sólidos suspendidos totales de acuerdo el método descrito en el punto 8.3.-

6.6.- GESTIÓN DE DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA

6.6.1.- Los desechos generados de las muestras preparadas no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635 ni su ficha de seguridad. No son necesarias tomar medidas especiales para ser dispuesta en forma definitiva sin previo tratamiento y pueden ser vertidos al desagüe que descarga a la planta de tratamiento de agua de la Universidad.

Nota: Si durante la realización de la práctica algún material de vidrio se rompe o se daña, se deberá descartar en el recipiente especial para ello.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- APHA, AWWA WPCF. (1989). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition. SM 2540 (B,C,E F)
- Norma Venezolana FONDONORMA NVF - 2461-2005 Para la determinación de Sólidos en aguas naturales, industriales y residuales.
- Norma Venezolana COVENIN 2634:2002- Aguas naturales, industriales y residuales. Definiciones.
- Norma Venezolana COVENÍN 2709: 2002 Aguas naturales, industriales y residuales, Procedimiento para el muestreo.
- Instructivo I-SGA-08 Intervención en caso de fugas y/o derrames de materiales y/o desechos peligrosos.
- Fichas de seguridad de reactivos. MERCK.
- Norma COVENIN 2670:2012. Materiales Peligrosos. Guía de respuestas de emergencia.
- Norma COVENIN 2340-1:2001. Medidas de Seguridad e Higiene Ocupacional en Laboratorios. Parte 1.
- Norma COVENIN 2237-89. Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional.

Realizada por T.S.U- Manuela Petit- Universidad Católica Andrés Bello- Guayana

Anexo J

Ensayo de Conductividad

1. OBJETIVOS

- Realizar medición de la conductividad de muestra de aguas natural
- Analizar los resultados comparando con las normas ambientales y sanitarias existentes

2.- REFERENCIA NORMATIVA

- Se usa como referencia la norma Venezolana COVENÍN N° 3050; 1993 Para la determinación de la Conductividad Eléctrica de aguas naturales, industriales y residuales.

3.- MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.

3-1.- Materiales y Equipos:

- Beaker de 200 mL.
- Barras de agitación.
- Equipo de agitación.
- Conductímetro de (0 – 999.9) μS
- Estufa con temperatura controlada entre (20 – 105)°C
- Desecador.
- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg
- Tubos Nessler 50 ml.
- Medidor de pH.

3.2.- Reactivos:

- Cloruro de Potasio (KCl) secado a 105° C durante 2 horas

- Solución de Cloruro de Potasio-A Se disuelven 7,4365 g de KCl en agua y se diluye a 1 L a $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$.
- Solución de Referencia de Cloruro de Potasio-B Se disuelven 74,2460 g de KCl en agua y se diluye a 1 L a $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$.
- Solución de Referencia de Cloruro de Potasio-C Se disuelven 0,7440 g de KCl en agua y se diluye a 1 L a $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$.
- Solución de Referencia de Cloruro de Potasio-D Inmediatamente antes de usar se diluyen 100 ml de solución de referencia C a 1 L con agua a $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$. La solución se conserva en botella resistente con tapa de vidrio.
- Solución Patrón de Cloruro de Potasio KCl, 0,01 M. Disuelva 745,6 mg de KCl 99.5% p.a. ACS en Agua destilada, transfiera a un balón de un litro y enrase. Almacene en botellas de vidrio de borosilicato.
- Esta solución de referencia a 25°C tiene un valor de conductividad de 1412 $\mu\text{mhos/cm}$.

4.- MANEJO DE SUSTANCIA QUÍMICAS.

4.1.- MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

- Los alumnos deberán utilizar bata de laboratorio, lentes de protección y en caso de requerirse, guantes durante el tiempo de permanencia en el laboratorio.
- Antes de usar un reactivo químico o una solución lea cuidadosamente la etiqueta para identificar el contenido y en los signos de peligrosidad que parecen en los frascos.
- Tome exactamente la cantidad necesaria del reactivo a utilizar y no deje destapados los frascos ni aspire su contenido.
- Los ácidos y las bases fuertes han de manejarse con mucha precaución, ya que la mayoría son corrosivos y, si caen sobre la piel o la ropa, pueden producir heridas y quemaduras importantes.

- Evite el contacto de las manos con los ojos y otras mucosas mientras realiza los análisis.

4.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS DE LOS REACTIVOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA PRÁCTICA:

Reactivo	Peligro	Primeros auxilios
AGUAS NATURALES Y RESIDUALES.	No Genera Ningún Peligro.	No Requiere de Primeros Auxilios.

Nota: Para cualquier otra información consultar las **fichas de seguridad** de cada reactivo ubicadas en el laboratorio y también pueden consultar la norma **Covenin 2670: 2012 Materiales Peligrosos. Guía de respuestas a emergencias.**

5.- PREPARACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se debe evitar la exposición de la muestra en atmósfera que contengan amoníaco o gases ácidos. Se protege la muestra para evitar la absorción o pérdida de gases disueltos, especialmente si hay alguna demora antes de hacer las mediciones de conductividad. Se usa una celda de tipo flujo para muestrear y medir el vapor condensado o el agua que tengan una conductividad de menos de 10 $\mu\text{mho/cm}$.

6.- INTERFERENCIAS

La exposición de una muestra a la atmósfera puede producir cambios en conductividad/resistividad debido a la pérdida o ganancia de gases disueltos. Esto es extremadamente importante en el caso de aguas con bajas concentraciones de materiales ionizados disueltos. El bióxido de carbono, normalmente presente en el aire,

puede cambiar drásticamente la conductividad /resistividad de aguas puras. Se debe evitar el contacto con el aire utilizando celdas con paso de flujo o puestas en línea. La presencia de aceites y grasas en la muestra interfiere en la medida de conductividad.

7.- PARTE EXPERIMENTAL

7.1.- Preparación de los electrodos

7.1.1.- Si se observa una posición cero variable en el caso de un instrumento operado manualmente y una inercia en el equilibrio de un registrador automático puede ser indicación de superficies deterioradas de los electrodos; o si la verificación de la constante de celda no cae dentro de los límites razonables de su valor nominal, en este caso es necesario limpiar y replatinizar los electrodos. En general no se debe tratar de hacer una limpieza mecánica.

7.1.2.- Se deben seguir las instrucciones del fabricante de la celda de limpieza de los electrodos, así como de otras partes de la celda. Una solución de limpieza adecuada consiste en una mezcla de partes iguales en volumen de alcohol isopropílico, éter etílico y HCL (1+1). Después de limpiar bien, se enjuaga la celda con agua. Si se requiere eliminar el recubrimiento negro de platino, suele dar buen resultado una aplicación cuidadosa de agua regia a los electrodos, o electrolisis en HCl.

7.1.3.- Se platinizan los electrodos de la celda con solución de H_2PtCl_6 . Un equipo bueno de platinización consiste en una fuente de 6-V C-D, una resistencia variable, un miliamperímetro y un electrodo. El depósito debe tener una apariencia negra aterciopelada, y se debe adherir bien a la superficie del electrodo. Usando de (1,5 a 3) coulombs/cm² de área de electrodo se pueden obtener buenos recubrimientos de platinización. Por ejemplo, para un electrodo con un área total (ambos lados) de 10 cm², el tiempo de platinización a una corriente de 20 mA puede ser de 12 a 25 min. La densidad de corriente puede ser de (1 a 4) mA/cm² de área del electrodo. Los electrodos se platinizan de uno en uno con la ayuda de un electrodo extra. Durante la platinización se agita suavemente la solución. Cuando las celdas no están en uso se llenan con agua para impedir que se sequen los electrodos.

7.2.- Calibración del instrumento y de las celdas

7.2.1.- Instrumento de medición. Generalmente con los indicadores y registradores de conductividad viene una resistencia de calibración, y también la información de la lectura correcta de escala que tiene que dar el instrumento cuando la resistencia se conecta con el registrador o el indicador, en lugar de la celda de conductividad. Se siguen las instrucciones del fabricante y periódicamente se verifica el instrumento. Cuando los cables conductores entre el instrumento y la celda son largos, se verifica la instalación por lo menos una vez, conectando la resistencia de calibración en el extremo del cable conductor y anotando la diferencia, si la hay, en la lectura con el cable conductor largo del circuito. Los instrumentos portátiles o de operación manual se verifican de manera similar con uno o varias resistencias de calibración. Se anotan los errores de magnitud significativa y se corrigen las subsiguientes lecturas de conductividad.

7.2.2.- Celdas de conductividad. En el caso de pruebas de campo y de rutina en laboratorio, se verifica la constante de las celdas de conductividad comparando las lecturas de instrumento tomadas con la celda en cuestión con lecturas de la misma muestra o series de muestras tomadas con una celda de conductividad de constante conocida o certificada. Se debe tener cuidado de asegurar que tanto las celdas de trabajo como las de referencia están a la misma temperatura, o a temperaturas diferentes pero conocidas, de manera que se pueda aplicar la corrección que se describe más adelante. Los instrumentos de lectura de resistencia indicaran en proporción directa a la constante de la celda, mientras que los instrumentos de lectura de conductancia indicaran en proporción inversa a la constante de celda. Las celdas de conductividad con electrodos platinizados se pueden calibrar con soluciones de referencia conforme al punto 9.3.

7.3.- Determinación de la constante de la celda

7.3.1.- Para este método, la constante de la celda de conductividad se debe conocer entre $\pm 1\%$ de su valor. La certificación del fabricante de este valor con la exactitud

indicada se debe considerar satisfactoria. Si la celda se ha usado después de esta certificación, se debe recomprobar en el laboratorio.

7.3.2.- Se lava varias veces la celda con agua y luego por lo menos dos veces con la solución de referencia que tiene una conductancia lo más cercana posible a la de la muestra que se va a determinar (Véase tabla 2) Se controla la temperatura de la solución a $25^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ y se mide la resistencia de la celda .

7.3.3.- Se repite la medición con porciones adicionales de solución de referencia hasta que el valor obtenido permanezca constante en el límite de precisión del 1 %

7.3.4.- Para instrumentos que indican resistencia en ohms (Ω), se calcula la constante de la celda usando la expresión

$$J= 10^{-6} R_x (K_1 + k_2)$$

Dónde:

J= constante de celda, cm^{-4}

R_x= Resistencia medida, Ω

K₁= Conductividad de la solución de KCl de referencia a la temperatura de medición, $\mu\text{mho/cm}$

K₂ = Conductividad del agua usada para preparar la solución de referencia a la temperatura de medición, $\mu\text{mho/cm}$.

7.3.5.- para instrumentos que mide la conductancia en mho , se calcula la constante de la celda con la expresión

$$J= 10^{-6} (K_1 + k_2) / K_x$$

Dónde:

K_x = Conductancia medida, mho .

7.4.- Técnica de ensayo

Se enjuaga la celda varias veces con agua y luego dos o más veces con la muestra. Se mide la resistencia o la conductancia y la temperatura (con aproximación a $0,5^{\circ}\text{C}$) en porciones sucesivas de la muestra hasta obtener un valor constante. Si el instrumento de medición cuenta con un compensador manual de temperatura, se adapta éste al valor

de temperatura de la muestra antes de registrar la lectura en el instrumento. Si hay un compensador de temperatura automático, no es necesario hacer ajustes, sino dejar transcurrir suficiente tiempo para que se equilibren las temperaturas. Si el instrumento no cuenta con ningún medio de compensación de temperatura, se determina una corrección de temperatura de acuerdo con las instrucciones del anexo A para convertir las lecturas a 25 ° C.

8.- CÁLCULOS Y RESULTADOS

8.1.- En el caso de instrumentos que miden la resistencia en ohms, la conductividad a 25 ° C, expresada en umho/cm, se calcula de la siguiente manera,

$$J= 10^{-6} J /R_x$$

8.2.- En el caso de instrumentos que miden la conductancia en μmho la conductividad de la muestra se calcula a partir de:

$$J= 10^{-6} J K_x$$

9.- BIBLIOGRAFÍA A CONSULTAR

- APHA, AWWA, WPCF. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. Washington, D.C.
- ASAPCHI, J. *Laboratorio de Ingeniería Sanitaria I*. Universidad Católica Andrés Bello.
- CARRILLO T., G Y MARCIALES, L. (1998). *Análisis de Aguas y Líquidos Residuales, y Ensayos de Laboratorio*. Editorial Innovación Tecnológica. Facultad de Ingeniería- UCV. Caracas.
- ROMERO R., J. (1999). *Calidad del Agua*. Segunda Edición. Alfaomega Grupo Editor, S.A. México.
- Norma COVENÍN 3050-1993 para la determinación de la Conductividad Eléctrica de aguas naturales, industriales y residuales.

- Fichas de seguridad de reactivos. MERCK.
- Instructivo I-SGA-08 Intervención en caso de fugas y/o derrames de materiales y/o desechos peligrosos.
- Norma COVENIN 2670:2012. Materiales Peligrosos. Guía de respuestas de emergencia.
- Norma COVENIN 2340-1:2001. Medidas de Seguridad e Higiene Ocupacional en Laboratorios. Parte 1.
- Norma COVENIN 2237-89. Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional.

Realizada por: Ing. Antonio Seijas. Universidad Católica Andrés Bello – Guayana.

ANEXOS

Anexo N° 1 (Tabla # 1)

ppm	μS/cm	°f	Dureza
0 - 70	0 – 140	0 – 7	Muy blanda
70 -150	140 – 300	7 – 15	Blanda
150 - 250	300 – 500	15 – 25	Ligeramente dura
250 - 320	500 – 640	25 – 32	Moderadamente dura
320 - 420	640 – 840	32 – 42	Dura
Superior a 420	Superior a 840	Superior a 42	Muy dura

Anexo N°2

Valores de Conductividad eléctrica asignados a soluciones de referencia de cloruro de potasio (*)

Solución de Ref.	Normalidad aprox. De la solución	Modo de preparación	Temp. °C	Conductividad eléctrica S/cm
------------------	----------------------------------	---------------------	----------	------------------------------

A	1	74,2460 g de KCl pesado en aire para 1L de solución a 20°C	0 18 25	65.176 97.383 111.342
B	0,1	7,4365 g de KCl pesado en aire para 1L de solución a 20°C	0 18 25	7.138 11.167 12.856
C	0,01	0,7440 g de KCl pesado en aire para 1L de solución a 20°C	0 18 25	773,6 1.221 1.409
D	0,001	Se diluyen 100 mL de solución C a 1L a 20 °C	25	146,9

* Excluyendo la conductividad del agua usada para preparar estas soluciones. Estos valores tabulados de conductividad están en unidades internacionales. Cuando se usan instrumentos de medición calibrados en unidades absolutas, se multiplican los valores tabulados por 0,999505

Anexo 3.

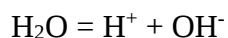
Constantes de celda recomendadas para distintos intervalos de conductividad

Intervalo de conductividad, S/cm	Constante de celda, cm⁻¹
0,005 a 20	0,01
1 a 200	0,1
10 a 2000	1
100 a 20.000	10
1000 a 200.000	50

Anexo 4.

Coefficiente de temperatura de Conductividad/ Resistividad

A.1 La conductividad/resistividad del agua y soluciones acuosas depende mucho de la temperatura. El coeficiente varía dependiendo de la naturaleza y composición de los electrolitos disueltos y de la concentración. Mientras menor sea la concentración, mayor es el coeficiente, debido al efecto de la temperatura sobre la disociación del agua:



Para evitar hacer una corrección, es necesario mantener la temperatura de la muestra en $(25,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$. Si esto no es posible, se debe determinar el coeficiente de temperatura y aplicar la corrección. Para esto es necesario hacer una serie de mediciones de conductividad y temperatura en la muestra en el intervalo de temperatura requerido.

A.2 En sistemas estáticos hay que tener cuidado para evitar el cambio de composición debido a la pérdida de constituyentes volátiles o por la absorción de contaminantes del aire en el recipiente durante la serie de mediciones.

A.3 En sistemas de flujo, se divide la muestra en dos o más corrientes, y cada una de ellas se pasa a través de intercambiadores de calor y una celda de conductividad de tipo flujo. Se tiene que contar con un medio de calentamiento o enfriamiento variable para poder cubrir el intervalo deseado de temperatura. Se regula la velocidad de flujo a través de cada celda de manera que cada una mida la misma fracción de tiempo de la muestra para eliminar el efecto de una muestra variable.

A.4 Con los datos obtenidos se traza un gráfico de la conductancia en comparación con la temperatura. A partir de esta curva se puede preparar una tabla de factores de corrección de temperatura, o la relación de conductividad a una temperatura T con conductividad a $25 ^\circ\text{C}$ se puede llevar a un gráfico con respecto a la temperatura T; esta relación, o factor de correlación Q, se toma de la curva ajustada.

A.5 Cuando se usa un instrumento con compensador manual o automático de temperatura, se siguen las instrucciones del fabricante para calibrar el compensador o verificar su precisión y aplicabilidad a la muestra que se está probando.

Anexo K

Ensayo de Turbidez

1. OBJETIVOS

- Realizar medición de la turbiedad en muestras de agua natural
- Analizar los resultados comparando con las normas ambientales y sanitarias existentes

2.- REFERENCIA NORMATIVA

Se usa como referencia la norma Venezolana COVENÍN N° 2781: 2002 (1era Revisión) Para la determinación de la turbiedad de aguas naturales, industriales y residuales.

3.- MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.- Botellas de muestras

3.3.-Vaso de precipitado

3.4.- Pipetas

3.5.- Turbidímetro tipo nefelométrico:

3.5.1.- Es un aparato que consta de una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o más detectores fotoeléctricos con un mecanismo de lectura para indicar la intensidad de la luz dispersada a 90°. La sensibilidad del instrumento debe permitir la detección de diferencias de turbiedad de 0,02 UNT. El aparato debe tener las siguientes características:

3.5.2.- Fuente de luz de lámpara de filamento de tungsteno operada al calor correspondiente a una temperatura entre 1.027 ° C y 2.727 ° C

3.5.3.- La distancia recorrida por la luz incidente y la luz dispersada dentro del tubo de muestra no debe de exceder de 10 cm.

3.5.4.- Ángulo de aceptación de luz por el detector, centrado a 90 ° con respecto al paso del haz de luz incidente y que no exceda a $\pm 30^\circ$. El detector del sistema de filtro, si se usan, deben tener una respuesta máxima a una longitud de onda entre 400 y 600 nm.

3.5.5.- Tubos de muestra de vidrio transparente e incoloro. Se deben mantener impecablemente limpios, interior y exteriormente, y se deben desechar cuando se rayen o marcan. Es preferible usar un par de celdas semejantes o la misma celda tanto para los patrones como para la muestra.

NOTA: Los tubos de muestra nunca se deben tocar en la zona de incidencia del haz de luz. Se usan tubos con suficiente longitud extra, o un dispositivo de protección, de manera que se puedan manejar adecuadamente. Los tubos se llenan con muestras y patrones que se han agitado bien y se deja transcurrir el tiempo necesario para que salgan las burbujas de aire.

4.- INTERFERENCIAS

La presencia de burbujas de aire y los efectos de las vibraciones que alterna la visibilidad de la superficie dan resultados falsos. “El color verdadero “es decir el color del agua debido a las sustancias disueltas que absorben luz, hace que las turbiedades medidas sean bajas, Este efecto generalmente no es significativo en el caso de aguas tratadas.

5.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS DE LOS REACTIVOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA PRACTICA:

	Peligro	Primeros auxilios
--	----------------	--------------------------

Reactivos		
AGUAS RESIDUALES Y NATURALES.	No Genera Ningún Peligro	No Requiere de Primeros Auxilio.

6.- PARTE EXPERIMENTAL

6.1.- Muestreo y preservación de la muestra

Determinar la turbiedad tan pronto sea posible, de no ser así refrigerar la muestra en la oscuridad por un período no mayor de 24 horas

Se tomaran muestras tal como:

6.1.1.- El estudiante debe traer agua de chorro de su vivienda en un recipiente adecuado que le será entregado en el laboratorio, debe ser recolectada el mismo día de la medición (nota utilizar formulario para tal fin)

6.1.2.- Se tomaran muestras en el laboratorio de la Universidad para ser evaluadas

6.1.3.- Traer cualquier tipo de agua embotellada, una por grupo para ser evaluada en el laboratorio.

6.2.- Procedimiento

6.2.1 Turbidímetro nefelométrico se calibra con las soluciones patrones dependiendo del tipo de agua a analizar, Se utiliza un Kit que incluye patrones de turbidez de 125 ml (4,2 oz) c/u, la calibración primaria de turbiedad es de 0,1-1, la segunda de 1-10, la tercera de 10-100 y la cuarta de 100-1000 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) el Kit viene listo para usar, no requiere preparación o diluciones.

6.2.2.- Gestión de desechos generados en las prácticas

6.2.2.1.- Durante la realización de práctica se generan los desechos de las soluciones preparadas, estos desechos se catalogan como peligrosos y no peligrosos según el Decreto 2635, G.O N° 5245 del 3 -08 – 1998 - y su ficha de seguridad, para ello lo siguiente:

6.2.2.2.- Los desechos generados en la práctica de turbiedad no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635 ni su ficha de seguridad. No son necesarias tomar medidas especiales para ser dispuesta en forma definitiva sin previo tratamiento y pueden ser vertidos al desagüe que descarga a la planta de tratamiento de agua de la Universidad.

Nota: Si durante la realización de la práctica algún material de vidrio se rompe o se daña, se deberá descartar en el recipiente especial para ello.

7.- CÁLCULOS Y RESULTADOS

Se reportaran las lecturas directamente del equipo en forma de tabla para comparar los diferentes tipos de aguas, además de emitir recomendaciones de tratamiento de la muestra estudiadas.

8. BIBLIOGRAFÍA A CONSULTAR

- APHA, AWWA, WPCF. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. Washintong, D.C.
- Norma Venezolana COVENIN 2781: 2002- 1era revisión- Determinación de Turbiedad en aguas naturales, industriales y residuales
- ASAPCHI, J. Laboratorio de Ingeniería Sanitaria /Universidad Católica Andrés Bello.
- Instructivo I-SGA-08 Intervención en caso de fugas y/o derrames de materiales y/o desechos peligrosos.

- Fichas de seguridad de reactivos. MERCK.
- Norma COVENIN 2670:2012. Materiales Peligrosos. Guía de respuestas de emergencia.
- Norma COVENIN 2340-1:2001. Medidas de Seguridad e Higiene Ocupacional en Laboratorios. Parte 1.
- Norma COVENIN 2237-89. Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional.

Realizada por: Ing Antonio Seijas- Universidad Católica Andrés Bello- Guayana.

Anexo L

Ensayo de Determinación de Cloruros presentes en el agua

1. OBJETIVOS

- Determinar el Ion cloruro en aguas natural. mediante el método argentométrico: valoración con nitrato de plata.
- Analizar los resultados comparando con las normas existentes.
- Efectuar una adecuada gestión de desechos peligros generados en el laboratorio: recolección, tratamiento y disposición final.
- Recolectar los desechos generados de las soluciones preparadas durante la práctica.
- Tratar (cuando sea factible) los desechos generados del proceso para su disposición final.

2. REFERENCIA NORMATIVA

Se usa como referencia la Norma Venezolana FONDONORMA NVF 3141-2008 Aguas naturales, Industriales y Residuales, Determinación de Cloruros.

3. Muestreo, preservación y almacenamiento de muestras

Realizar la captación de la muestra de acuerdo a lo indicado en la Norma Venezolana 2634. © Fondonorma 2008.

Captar muestras representativas en botellas plásticas o de vidrio químicamente resistentes. El volumen máximo de muestra que se requiere es de 100 ml. No es necesaria una preservación especial si la muestra va a ser almacenada.

4. MÉTODO ARGENTOMÉTRICO

4.1.- PRINCIPIO

En una solución neutra o ligeramente alcalina, el cromato de potasio puede indicar el punto final en la titulación de cloruro con nitrato de plata. El cloruro de plata es precipitado cuantitativamente antes de que se forme el cromato de plata rojo.

4.2 INTERFERENCIAS

4.2.1.- Las sustancias encontradas normalmente en las aguas potables no interfieren.

4.2.2.- El bromuro, yoduro y cianuro se registran como concentraciones equivalentes de Cloruro.

4.2.3.- Los iones de sulfuro, tiosulfato y sulfito interfieren pero pueden ser removidos por tratamiento con peróxido de hidrógeno.

4.2.4.- Los Ortofosfato en concentraciones mayores de 25 mg/l interfieren porque precipitan como fosfato de plata.

4.2.5.- El hierro cuando está presente en concentraciones mayores a 10 mg/l interfiere por el enmascaramiento del punto final.

4.3.- EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1 Balanza analítica

4.3.2 Matraz erlenmeyer de 250 ml

4.3.3 Bureta de 50 ml

4.3.4 Medidor de pH

4.4.- REACTIVOS

Todos los reactivos empleados en esta norma deben ser de alta pureza, a fin de garantizar la exactitud de las determinaciones. De igual forma, debe usarse agua tipo I, conforme a las especificaciones de la Norma Venezolana 3009.

4.4.1 Solución indicadora de cromato de potasio

Disolver 50 g de cromato de potasio (K_2CrO_4) en un poco de agua destilada, añadir solución de nitrato de plata ($AgNO_3$) hasta que se produzca un precipitado de color rojo. Dejar en reposo por 12 horas, filtrar y diluir con agua destilada hasta un litro.

4.4.2.- Solución patrón de cloruro de sodio 0,0141 M (0,00141 N)

Disolver 824,0 mg de cloruro de sodio ($NaCl$) previamente secado a $140\text{ }^{\circ}C$ en agua destilada y diluir hasta 1000 ml. $1,00\text{ ml} = 500\text{ }\mu g\text{ }Cl^-$.

4.4.3 Solución patrón de nitrato de plata 0,0141 M (0,00141 N)

Disolver 2,395 g de nitrato de plata ($AgNO_3$) en agua destilada hasta 1000 ml. Estandarizar esta solución con cloruro de sodio, siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 8.2.1.- que se refiere a titulación, $1,00\text{ ml} = 500\text{ }\mu g\text{ }Cl^-$. Almacenar en botella ámbar.

4.5.- Reactivos especiales para remover las interferencias

4.5.1 Suspensión de hidróxido de aluminio

Disolver 125 g de sulfato potásico de aluminio $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ o sulfato de amonio de aluminio $AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ en un litro de agua. Calentar a $60\text{ }^{\circ}C$ y añadir 55 ml de hidróxido de amonio (NH_4OH) lentamente con agitación. Dejar en reposo por una (1) hora y transferir a una botella grande, enjuagar el precipitado formado con pequeñas porciones de agua, agitando y decantando cada vez hasta que el agua no de prueba positiva de cloruros. Esta suspensión recientemente preparada ocupa un volumen aproximado de un litro.

4.5.2 Solución indicadora de Fenolftaleína (0,5%)

4.5.3 Solución de hidróxido de sodio, $NaOH$ 1N

4.5.4 Solución de ácido sulfúrico, H₂SO₄ 1 N

4.5.5 Peróxido de hidrogeno, (H₂O₂) al 30 % v/v

5.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS DE LOS REACTIVOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA PRÁCTICA:

Reactivos	Peligro	Primeros auxilios
Solución de Cromato de Potasio	Sustancia Carcinógena, Irritante y Peligroso para el Medio Ambiente	Contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos), evite el vómito (peligro de perforación). Si ocurre cualquiera de los casos anteriores acuda al médico (muestre la etiqueta).
Solución de Cloruro de Sodio	Sustancia No Peligrosa.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua manteniendo abierto el parpado (mínimo 10 minutos). Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos), evite el vómito (peligro de perforación). Si ocurre cualquiera de

		los casos anteriores acuda al médico (muestre la etiqueta).
Solución de Nitrato de Plata	Sustancia Comburente. Corrosiva. Peligrosa para el Medio Ambiente.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos), evite el vómito (peligro de perforación). Si ocurre cualquiera de los casos anteriores acuda al médico (muestre la etiqueta).

Nota: Para cualquier otra información consultar las fichas de seguridad de cada reactivo ubicadas en el laboratorio y también pueden consultar la norma COVENIN 2670: 2001 Materiales Peligrosos. Guía de respuestas a emergencias.

6.- PROCEDIMIENTO

6.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Usar una muestra de 100 ml o una porción diluida a 100 ml. Si la muestra es altamente coloreada, añadir 3 ml de suspensión de aluminio, mezclar, permitir que sedimente y filtrar. Si el sulfuro, sulfito o el tiosulfato están presentes, añadir 1 ml de H_2O_2 y agitar por 1 minuto.

6.2 TITULACIÓN

6.2.1 Titular las muestras directamente en el rango de pH de 7 a 10, ajustar las muestras sino están en este rango de pH con H_2SO_4 1 N, preferiblemente con un medidor de pH donde el electrodo de referencia no sea de tipo cloruro. (Si solamente un electrodo de este tipo está disponible, determine la cantidad de ácido o álcali necesario para el ajuste y descarte esta porción de muestra. Tratar una porción de muestra separada con el volumen requerido de ácido o álcali y continuar el análisis).

6.2.2 Agregar 1,0 ml de solución indicadora de cromato de potasio (K_2CrO_4).

6.2.3 Titular con solución estandarizada de nitrato (5.4.3) gota a gota hasta el punto final donde persista un color amarillo rojizo en toda la muestra. Debe ser consistente en el reconocimiento del punto final. Un blanco debe gastar entre 0,2 a 0,3 ml.

6.3 GESTIÓN DE DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA

Durante la realización de práctica se generan los desechos de las soluciones preparadas, estos desechos se catalogan como peligrosos y no peligrosos según el Decreto 2635, G.O N° 5245 del 3 -08 – 1998 - y su ficha de seguridad, para ello lo siguiente:

6.3.1.- Desechos de Solución de Cromato de Potasio: Los desechos de las soluciones de Cromato de Potasio no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635, pero las soluciones contienen la sustancia de Cromato de Potasio son Peligrosas para el hombre y el medio ambiente (basado en su ficha de seguridad). Se considera un desecho peligroso, no puede ser dispuesto en forma definitiva sin previo tratamiento que pueda minimizar sus efectos, aunque en menor grado, al medio ambiente y personas. Para eso se procede a su debido tratamiento:

Una vez terminada la práctica se recolectan todos los desechos de la solución de Cromato de Potasio y se diluye en una relación aproximada de 1:20 con agua y se

proceda a verter la solución en el desagüe que descarga a la planta de tratamiento de agua de la Universidad.

6.3.2.- Desechos de Solución de Cloruro de Sodio: Los desechos generados en la práctica de Cloruro de Sodio no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635 ni su ficha de seguridad. No son necesarias tomar medidas especiales para ser dispuesta en forma definitiva sin previo tratamiento y pueden ser vertidos al desagüe que descarga a la planta de tratamiento de agua de la Universidad.

6.3.3.- Desechos de Solución de Nitrato de Plata: Los desechos de las soluciones de Nitrato de Plata no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635, pero las soluciones contienen la sustancia de Nitrato de Plata son Peligrosas para el medio ambiente (basado en su ficha de seguridad). Se considera un desecho peligroso, no puede ser dispuesto en forma definitiva sin previo tratamiento que pueda minimizar sus efectos, aunque en menor grado, al medio ambiente y personas. Para eso se procede a su debido tratamiento:

Una vez terminada la práctica se recolectan todos los desechos de la solución de Nitrato de Plata y se diluye en una relación aproximada de 1:20 con agua y se proceda a verter la solución en el desagüe que descarga a la planta de tratamiento de agua de la Universidad.

7.- EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La concentración de Ion cloruro expresada en mg/l, de la muestra original se calcula de la manera siguiente:

$$\text{Cloruro, mg/l} = [(A - B) \times N \times 35.450] / \text{ml muestra}$$

Donde

A: Es el volumen de solución patrón de nitrato de plata requeridos para la titulación de la muestra, ml.

B: Es el volumen de solución patrón de nitrato de plata requeridos para la titulación del blanco, ml.

N: Es la normalidad de la solución de nitrato de plata

$$\text{mg NaCl} / \text{l} = (\text{mgCl/l}) \times 1,65$$

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA, WPCF. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. Washington, D.C
- Norma Venezolana FONDONORMA NVF - 3141-08- Aguas Naturales, Industriales y residuales, DETERMINACIÓN DE CLORUROS.
- Norma Venezolana COVENIN N° 2709:2002- Guía técnica del muestreo para aguas naturales, industriales y residuales.
- Instructivo I-SGA-08 Intervención en caso de fugas y/o derrames de materiales y/o desechos peligrosos.
- Fichas de seguridad de reactivos. MERCK.
- Norma COVENIN 2670:2012. Materiales Peligrosos. Guía de respuestas de emergencia.
- Norma COVENIN 2340-1:2001. Medidas de Seguridad e Higiene Ocupacional en Laboratorios. Parte 1.
- Norma COVENIN 2237-89. Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional.
- Decreto 2635, G.O N° 5245 del 3 -08 – 1998 - que establece el control de la recuperación de materiales peligrosos y manejo de los desechos peligroso.

Realizada por: T.S.U Manuela Petit. Universidad Católica Andrés Bello - Guayana

Anexo M

Ensayo de Determinación de Alcalinidad

1. OBJETIVOS

- Determinar la alcalinidad en muestra de aguas natural
- Indicar que tipo de alcalinidad presenta la muestra en estudio.
- Efectuar una adecuada gestión de desechos peligros generados en el laboratorio: recolección, tratamiento y disposición final.
- Recolectar los desechos generados de las soluciones preparadas durante la práctica.
- Tratar (cuando sea factible) los desechos generados del proceso para su disposición final.

2.- REFERENCIA NORMATIVA

- Se usa como referencia la norma Venezolana COVENÍN N° 2780; 2002 Para la determinación de la Alcalinidad de aguas naturales, industriales y residuales.

3.- PRINCIPIO DEL MÉTODO

La muestra se titula con ácido normalizado, el punto final se determina electrométicamente o por cambio de color de un indicador externo. En el caso de muestras de baja alcalinidad (menos de 20 mg de CaCO_3 / L) se utiliza una técnica de extrapolación basada en la proporcionalidad cercanas a la concentración de hidrogeniones y el exceso de reactivo más allá del punto de equivalencia.

Para la determinación de la alcalinidad se puede hacer uso de dos métodos los cuales son:

3.1.-Método potenciométrico (titulación Potenciométrica) con un medidor de pH)

Se prefiere este método cuando pueda existir dificultad en el cambio de color al final de la titulación con los indicadores, como puede ser el caso de muestras muy coloreadas y en líquidos residuales en general.

3.2.-Método de titulación utilizando indicadores: Los indicadores de color pueden utilizarse para titulaciones habituales y de control en ausencia de color y turbidez que puedan interferir y en titulaciones preliminares para seleccionar el tamaño de la muestra. Con la finalidad de obtener las cantidades de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos se realiza la titulación en dos etapas sucesivas. En la primera etapa se utiliza el indicador de fenolftaleína, el cual permite cuantificar la fracción de la alcalinidad atribuible al hidróxido y a la mitad del carbonato. En la segunda etapa se utiliza el indicador mixto, el cual permite cuantificar el restante del carbonato y los bicarbonatos presente.

Con el objetivo de conseguir los valores de alcalinidad en sus diferentes formas (total, hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos) se realizan las curvas de titulación. Del análisis de las curvas de titulación encontradas experimentalmente se puede observar lo siguiente:

3.2.1.- La concentración de iones OH^- libres se neutraliza cuando ocurre el cambio brusco de pH a un valor mayor a 8,3.

4.2.2.- La mitad de los carbonatos se neutraliza a pH 8,3 y la totalidad a pH 4,5.

3.2.3.- Los bicarbonatos son neutralizados a pH 4,5.

A continuación se presentan las posibles reacciones que pueden ocurrir durante la titulación con H_2SO_4 :



4.- INTERFERENCIAS

4.1.- Los jabones, las materia oleosas y los sólidos en suspensión o precipitados pueden recubrir el electrodo de vidrio y causar una respuesta retardada. Deje un tiempo adicional entre las adiciones del reactivo para permitir que el electrodo recupere el equilibrio o límpiase éste en su caso. No se debe filtrar, diluír, concentrar o alterar la muestra.

4.2.- El color natural o la formación de un precipitado mientras se está valorando la muestra, puede enmascarar el cambio de color del indicador.

4.3.- Los materiales residuales presentes en algunas aguas pueden interferir químicamente con las valoraciones de color destruyendo el indicador.

4.4.- Las sustancias oxidantes o reductoras presentes en algunas aguas pueden interferir causando resultados variables, dependiendo de las condiciones de equilibrio y de la forma en que se maneje la muestra.

5.- MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA

Las muestras se captan según los procedimientos descritos en la norma Venezolana COVENIN 2709 -2002

5.1.- Las muestras se deben recolectar en botellas de polietileno o de vidrio Borosilicato y se deben almacenar bajo refrigeración, las botellas se deben llenar completamente y tapar fuertemente

5.2.- El intervalo de tiempo entre el muestreo y el análisis debe ser lo más corto posible en todos los casos, El análisis de inmediato es esencialmente deseable en aquellos casos de aguas residuales que contienen sales hidrolizables que a su vez contienen cationes en diferentes estados de oxidación. . Si se sospecha que en las muestras se desarrolla actividad biológica, el análisis debe ser efectuado dentro de las 6 horas después del muestreo.

5.3.- Debe evitarse la agitación de la muestra y la exposición al aire por períodos prolongados.

6.- MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

6-1.- Equipos y Materiales

6.1.1.- Buretas.

6.1.2.- Pipetas.

6.1.3.- Vasos de precipitado.

6.1.4.- Matraces Erlenmeyer.

6.1.5.- Agitador magnético.

6.1.6.- Medidor de pH.

6.2.- Reactivos

7.2.1.- Fenoltaleína. Se prepara al 0,5 % en alcohol Absoluto

6.2.2.- Indicador mixto. Se prepara pesando 0,2 g de Verde de Bromocresol y 0.04 g de rojo de metilo en 100 ml de alcohol Absoluto, no se filtra se deja en reposo uno o dos días hasta que estén completamente disueltos.

6.2.3.- Anaranjado de metilo: Se pesa 0,1 g en 100 ml de agua destilada

6.2.4.- Solución de Carbonato de Sódico, aproximadamente 0,05 N , séquense entre 3 y 5 g de Na_2CO_3 estándar primario a 250°C durante 4 horas y enfríense en desecador, se pesan $2,5\text{ g} \pm 0,2$ (miligrámicos) y se transfiere a un matríz volumétrico de 1 litro, y se enrasa con agua destilada, esta solución no debe conservarse más de una semana.

6.2.5.- Ácidos Sulfúrico ó Clorhídrico: se diluyen 3 ml de H_2SO_4 concentrado ó 8,3 ml de HCl concentrado a 1 litro de agua destilada se normaliza con 40 ml de de solución de Na_2CO_3 (0,05 N) , con aproximadamente 60 ml de agua destilada en un vaso de precipitado, valorando potenciométricamente a un Ph cercano a 5 . Se sacan los electrodos se enjuagan en el mismo vaso de precipitado y se hierve suavemente durante 3 a 5 minutos cubriendo el vaso con un vidrio de reloj. Se enfría a temperatura ambiente y se continúa la titulación hasta el punto de inflexión. Se calcula la normalidad utilizando la expresión

Normalidad N = $\frac{(A \times B)}{53,00 \times C}$

Donde:

A= g de Na_2CO_3 pesados en el matraz de 1 litro

B= ml de solución de Na_2CO_3 tomados para para titulación, y

C= ml de ácido empleados

Se usa la normalidad calculada o se ajusta a 0,1000 N

1 ml de solución 0,1000 N = 5,00 mg de CaCO_3

6.2.6.- Ácido Sulfúrico o Ácido Clorhídrico patrón 0,02 N . Se diluyen 200 ml de ácido patrón 0,1000 N a 1 L de agua destilada Se normaliza por valoración potenciométrica de 15 ml de Na_2CO_3 (0,05 N) de acuerdo al procedimiento descrito en 6.2.5 (1 ml = 1 mg de CaCO_3)

Nota: Se pueden adquirir, comercialmente patrones estandarizados que vienen en forma de ampolla para ser preparadas a 1 litro con agua destilada.

7.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS DE LOS REACTIVOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA PRÁCTICA:

Reactivos	Peligro	Primeros auxilios
FENOLFTALEÍNA.	Puede causar cáncer. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos). Consulte Al Médico.

ETANOL.	Sustancia Fácilmente Inflamable.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Manteniendo los parpados abiertos. En caso necesario, llamar al oftalmólogo. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos). En caso de malestar Consulte al Médico.
ROJO DE METILO.	Sustancia No Peligrosa.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos). En caso de malestar Consulte al Médico.
VERDE DE BROMOCRESOL	Sustancia No Peligrosa.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada.

		Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos). En caso de malestar Consulte al Médico.
CARBONATO DE SODIO.	Sustancia No Peligrosa.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos). En caso de malestar Consulte al Médico.
ÁCIDO SULFÚRICO.	Corrosivo. Provoca quemaduras graves.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos), evite el vómito (peligro de perforación). Si ocurre cualquiera de los casos anteriores acuda al médico (muestre la etiqueta).

Nota: Para cualquier otra información consultar las fichas de seguridad de cada reactivo ubicadas en el laboratorio y también pueden consultar la norma COVENIN 2670: 2012 Materiales Peligrosos. Guía de respuestas a emergencias.

8.- PROCEDIMIENTO

8.1.- Selección del volumen de muestra

8.1.1.- La muestra se debe analizar tal y como fue captada, no se debe filtrar, diluir, concentrar o alterar. La determinación se debe hacer a temperatura ambiente.

8.1.2.- Se debe utilizar un volumen de muestra que permita usar de 20 a 25 ml de la solución de ácido empleada en la valoración. Si la muestra requiere volúmenes mayores de ácido 0.02 N se puede utilizar una alícuota menor o un ácido de mayor concentración (0,1 N ó 1 N). En caso de ser necesario se efectúa una valoración preliminar para determinar el volumen de muestra óptimo o la normalidad del ácido a utilizar.

8.1.3.- Para el método de baja alcalinidad, se valora una muestra de 200 ml con H_2SO_4 0,02 N.

9.- Alcalinidad Total

9.1.- Con indicador Mixto

9.1.1.--Utilizar la misma muestra a la cual se le determinó la alcalinidad a la fenolftaleína.

9.1.2.-Agregar 3 gotas del indicador mixto.

9.1.3.-Sin aforar nuevamente la bureta se continúa titulando sobre una superficie blanca con el ácido 0,02 N, hasta el punto final adecuado.

9.1.4.-El indicador produce los siguientes cambios de color en la muestra:

pH 5,2 = azul verdoso

pH 5,0 = azul claro y gris lavanda

pH 4,8 = rosado grisáceo azulado

pH 4,5 = rosado claro o salmón

9.1.5.-El punto final de la titulación se toma para un pH de 4,5.

9.2.- Con Indicador Anaranjado de Metilo

9.2.1.- Utilizar la misma muestra a la cual se le determinó la alcalinidad a la fenolftaleína.

9.2.2.- Agregar 3 gotas del indicador anaranjado de metil.

9.2.3.- -Sin aforar nuevamente la bureta se continúa titulando sobre una superficie blanca con el ácido 0,02 N, al punto final de equivalencia adecuado. El indicador vira de amarillo a anaranjado a pH 4,6 y rosado a pH 4,0. Si no se indica lo contrario tomar como punto final de la titulación el primer cambio.

9.3. Método con el Potenciómetro.

9.3.1.-Aforar la bureta con H_2SO_4 0,02 N

9.3.2.-Colocar en un vaso de precipitados una alícuota de 50 ml de la muestra.

9.3.3.-Colocar el vaso de precipitados sobre el agitador magnético

9.3.4.-Sumergir los electrodos del potenciómetro previamente calibrado, en la muestra.

9.3.5.-Titular con el ácido 0,02 N poco a poco e ir anotando las variaciones del pH indicadas por el potenciómetro, hasta obtener valores de pH por debajo de 4, hacer una curva potenciométrica, reportando cantidad de ácido ml en (x) y pH en (y).

10.- CÁLCULOS Y RESULTADOS

Al reportar los resultados debe expresarse la clase de alcalinidad, el indicador utilizado o los niveles de pH alcanzados por el potenciómetro.

Las fórmulas para calcular la alcalinidad son válidas para cualquier forma de titulación
Alcalinidad a la fenolftaleína

$$F(\text{Como } CaCO_3, \text{ en } mg/l) = \frac{ml \ H_2SO_4 \times su \ normalidad \times 50.000}{ml \ de \ la \ muestra}$$

Alcalinidad Total

$$T(\text{Como } CaCO_3, \text{ en } mg/l) = \frac{ml \ H_2SO_4 \times su \ normalidad \times 50.000}{ml \ de \ la \ muestra}$$

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA, WPCF. (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. Washington, D.C.**
- Norma Venezolana COVENIN N° 2780-91 – Determinación de la Alcalinidad de aguas naturales, industriales y residuales.
- Norma Venezolana COVENIN N° 2709:2002- Guía técnica del muestreo para aguas naturales, industriales y residuales.
- ARBOLEDA, J., VARGAS, F. y CORREAL, H. (1969). *Manual de Tratamiento de Aguas Potables*. VEN 6.400. Caracas.
- ASAPCHI, J. *Laboratorio de Ingeniería Sanitaria I*. Universidad Católica Andrés Bello.
- CARRILLO T., G Y MARCIALES, L. (1998). *Análisis de Aguas y Líquidos Residuales, y Ensayos de Laboratorio*. Editorial Innovación Tecnológica. Facultad de Ingeniería- UCV. Caracas.
- CHANG, R. (1992). *Química*. McGraw-Hill, Interamericana de México, S.A. México.
- ROMERO R., J. (1999). *Calidad del Agua*. Segunda Edición. Alfaomega Grupo Editor, S.A. México.
- Instructivo I-SGA-08 Intervención en caso de fugas y/o derrames de materiales y/o desechos peligrosos.
- Fichas de seguridad de reactivos. MERCK.

- Norma COVENIN 2670:2012. Materiales Peligrosos. Guía de respuestas de emergencia.
- Norma COVENIN 2340-1:2001. Medidas de Seguridad e Higiene Ocupacional en Laboratorios. Parte 1.
- Norma COVENIN 2237-89. Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional.

Realizada por: Ing. Antonio Seijas- Universidad Católica Andrés Bello- Guayana.

Anexo N

Ensayo de Determinación de la Dureza

1.- OBJETIVOS

- 1.1.--Determinar la Dureza Total en muestras de agua natural, por el método de valoración con EDTA que mide la concentración de los iones de calcio y magnesio y se puede aplicar con modificación apropiada a cualquier tipo de agua.
- 1.2.- Analizar los resultados comparando con las normas sanitarias y ambientales existentes.
- 1.3.- Efectuar una adecuada gestión de desechos peligros generados en el laboratorio: recolección, tratamiento y disposición final.
- 1.4.- Recolectar los desechos generados de las soluciones preparadas durante la práctica.
- 1.5.- Tratar (cuando sea factible) los desechos generados del proceso para su disposición final.

2.- REFERENCIA NORMATIVA

Se usa como referencia la norma Venezolana COVENÍN N° 2771- 1991 Para la determinación de Dureza en aguas naturales, industriales y residuales.

3.- PARTE EXPERIMENTAL

3.1.- MUESTREO Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA

Recolectar la muestra en envase plástico o de vidrio, agregar HNO_3 ó H_2SO_4 a pH <2.
La muestra puede ser almacenada hasta 6 meses.

3.2.- EQUIPOS UTILIZADOS

3.2.1.-Bureta

3.2.2.-Erlenmeyer de 250 ml

3.2.3.- Pipeta

3.2.4.- Vaso precipitado

3.2.5.-Cilindro graduado

3.3.- REACTIVOS:

3.3.1.-Solución de Negro de Eriocromo T: Disolver 0,5 g de Eriocromo negro T y 4,5 gr. De Clorhidrato de hidroxilamina en 100 ml de etanol

3.3.2.-Titulante de EDTA Estándar 0,01 M: Se pesa 3,723 g de etilendiaminotetracetato disódico trihidrato, grado reactivo analítico, se disuelve en agua destilada 1000 ml, Estandarícese frente a una solución de Carbonato de Calcio.

3.3.3.-Solución de Carbonato de Calcio de 1000 ppm (0,02 N): Se pesan 1,000 g de polvo de CaCO_3 anhidro, bajo en metales pesados, álcalis y magnesio en un erlenmeyer de 500 ml, colóquese un embudo en el cuello del matraz y añádase poco a poco HCl 1+1 hasta la disolución total del CaCO_3 . Añádanse 200 ml de agua destilada y hágase hervir durante unos minutos para expeler el CO_2 . Enfríese y añádase unas gotas del indicador rojo de metilo y ajústese el color naranja intermedio por adición de NH_4OH 3N o HCl 1+1 según se requiera, trasvase cuantitativamente y dilúyase a 1000 ml con agua destilada 1 ml = 1 mg de CaCO_3

3.3.4.-Solución Amortiguadora: Se disuelven 16,9 g de Cloruro de Amonio (NH_4Cl) en 143 ml de Hidróxido de Amonio (NH_4OH) se agrega 1,25 de sal de Magnesio EDTA (obtenido comercialmente) y se diluye a 250 ml con agua destilada. Si no se dispone de sal de Magnesio de EDTA, se disuelven 1,179 g de Sal Disódica de ácido etilendiamintetracético dihidratado y 780 mg de Sulfato de magnesio

(MgSO₄. 7H₂O) ó 644 mg de Cloruro magnésico (MgCl.6H₂O) en 50 ml de Agua destilada.

3.3.5.- NaOH 0,1 N

3.3.6.- Indicador Murexida- (Purpurato de Amonio): Preparar mezclando 200 mg de murexida con 100 g de NaCl sólido y tritúrese la mezcla hasta 40 a 50 mallas

5.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS DE LOS REACTIVOS QUE SE UTILIZARÁN EN LA PRÁCTICA:

Reactivos	Peligro	Primeros auxilios
SOLUCIÓN DE NEGRO DE ERIOCROMO T	Inflamable. Irritante. Provoca Irritación Ocular Grave.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos), evite el vómito (peligro de perforación). Si ocurre cualquiera de los casos anteriores acuda al médico (muestre la etiqueta).

EDTA	Puede Provocar una Reacción Alérgica en la Piel.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua manteniendo abierto el parpado (mínimo 10 minutos). Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos), evite el vómito (peligro de perforación). Si ocurre cualquiera de los casos anteriores acuda al médico (muestre la etiqueta).
CARBONATO DE CALCIO	Sustancia no Peligrosa.	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos). En caso de malestar consultar al médico.

SOLUCIÓN AMORTIGUADORA BUFFER PH 10	Corrosivo	Contacto con los ojos: lave con abundante agua. Tras inhalación: tomar aire fresco. Contacto con la piel: aclare con abundante agua, elimine la ropa contaminada. Tras ingestión: beba agua (máximo 2 vasos). Si ocurre cualquiera de los casos anteriores acuda al médico (muestre la etiqueta).
--	-----------	---

Nota: Para cualquier otra información consultar las **fichas de seguridad** de cada reactivo ubicadas en el laboratorio y también pueden consultar la norma **COVENIN 2670: 2012 Materiales Peligrosos. Guía de respuestas a emergencias.**

6.- PROCEDIMIENTO

6.1.- ESTANDARIZACIÓN

La estandarización del EDTA (Sal Disódica) se hace de la siguiente manera:

Colocar 5 ml de la solución de Carbonato de Calcio en un matraz erlenmeyer de 125 ml, se añade 1 ml de solución amortiguadora y 3 gotas de indicador de

Eriocromo Negro T, aparece un color púrpura en presencia de iones de Calcio y Magnesio y se procede a titular con la solución EDTA cuya normalidad se desea conocer, se termina hasta la aparición de un color azul.

La normalidad del EDTA se calcula así:

$$N_2 = \frac{V_1 \times N_1}{V_2}$$

Donde:

N2 = Normalidad del EDTA

V1= ml de solución de CaCO_3

N1= Normalidad de la solución de CaCO_3

V2= ml gastados de EDTA

6.2.- VALORACIÓN DE LA MUESTRA

Puede usarse cualquier tipo de agua.

6.3.- DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL

Si se requiere un volumen mayor a 50 ml, tome una alícuota y se diluye a 50 ml con agua destilada en un erlenmeyer.

Para las muestras de baja dureza de menos de 5 mg/l, se toma un volumen mayor de muestra de 100 ml a 1000 ml para la valoración y se agrega proporcionalmente mayores volúmenes de solución amortiguadora e indicador, se agrega lentamente la solución titulante de EDTA con una microbureta y se prepara un

Blanco con agua Bidestilada con las mismas condiciones que se preparó la muestra, se resta el volumen gastado de EDTA para el blanco al volumen de EDTA usado para la muestra.

Se mide en un cilindro graduado una alícuota de 50 ml de muestra, se coloca dicha muestra en un erlenmeyer de 250 ml y se agregan 1 a 2 ml de la solución amortiguadora, generalmente 1 ml es suficiente para mantener un pH de $10 \pm 0,1$, agregar 3 gotas del indicador Negro de Eriocromo T, tomando la muestra un color púrpura.

Se titula con EDTA hasta que el color cambie a azul.

La ausencia de un cambio de color pronunciado en el punto final de la valoración generalmente significa que en ese momento se debe agregar un inhibidor ó que el indicador se ha deteriorado.

6.5.- GESTIÓN DE DESECHOS GENERADOS EN LA PRÁCTICA

Durante la realización de práctica se generan los desechos de las soluciones preparadas, estos desechos se catalogan como peligrosos y no peligrosos según el Decreto 2635, G.O N° 5245 del 3 -08 – 1998 - y su ficha de seguridad, para ello lo siguiente:

6.5.1.- Desechos de EDTA: Los desechos de las soluciones de EDTA no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635, pero las soluciones contienen la sustancia de EDTA son Tóxicas, Irritantes y se puede considerar un desecho peligroso, no se puede verter en los desagües, riesgo para el medio ambiente (basado en su ficha de seguridad).

6.5.2.- Desechos de Cloruro de Calcio: Los desechos de las soluciones de Cloruro de Calcio no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635, pero las soluciones contienen la sustancia de Cloruro de Calcio son irritante y se considera un desecho peligroso, no se puede verter en los desagües, (basado en su ficha de seguridad).

6.5.3.-Desechos de Solución Buffer pH10: Los desechos de las soluciones de Solución Buffer pH10 no son catalogados como desechos peligrosos según el decreto 2635, pero las soluciones contienen la sustancia de Solución Buffer pH10 se puede considerar un desecho peligroso, no se puede verter en los desagües, (basado en su ficha de seguridad).

Una vez terminada la práctica se recolectan todos los desechos de las muestras preparadas en cada uno de los recipientes identificados que y dejarlos en el laboratorio para que el personal técnico lo almacene hasta su posterior manejo para tratamiento o hasta su disposición final, por un gestor autorizado.

Nota: Si durante la realización de la práctica algún material de vidrio se rompe o se daña, se deberá descartar en el recipiente especial para ello.

7.- CÁLCULOS Y RESULTADOS

Dureza como mg/l de CaCO₃ = $\frac{\text{ml de EDTA gastados} \times 1000 \times f}{\text{Volumen de muestra}}$

Volumen de muestra

f = $\frac{\text{Concentración de EDTA Estandarizado}}{\text{Concentración del Carbonato de Calcio}}$

Concentración del Carbonato de Calcio

Este factor (f) se refiere al peso de CaCO₃ equivalente a 1,00 ml de solución patrón EDTA en (mg)

Dureza Magnesio = Dureza total – Dureza de calcio

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA WPCF. (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. Método Titulométrico de EDTA N° 2340 C
- Norma Venezolana COVENIN, Aguas naturales industriales y residuales, Determinación de Dureza N ° 2771-91.
- Norma Venezolana COVENIN N° 2709:2002- Guía técnica del muestreo para aguas naturales, industriales y residuales.
- ARBOLEDA, J., VARGAS, F. y CORREAL, H. (1969). Manual de Tratamiento de Aguas Potables. VEN 6.400. Caracas.
- ASAPCHI, J. Laboratorio de Ingeniería Sanitaria I. Universidad Católica Andrés Bello.
- CARRILLO T., G Y MARCIALES, L. (1998) Análisis de Aguas y Líquidos Residuales, y Ensayos de Laboratorio. Editorial Innovación Tecnológica. Facultad de Ingeniería – UCV. Caracas.
- CHANG, R. (1992). Química. McGraw-Hill, Interamericana de México, S.A. México.

- RIVAS MIJARES, G. (1963). Tratamiento de Potabilización de las Aguas. Nuevas Gráficas, S.A. Madrid, España.
- Instructivo I-SGA-08 Intervención en caso de fugas y/o derrames de materiales y/o desechos peligrosos.
- Fichas de seguridad de reactivos. MERCK.
- Norma COVENIN 2670:2012. Materiales Peligrosos. Guía de respuestas de emergencia.
- Norma COVENIN 2340-1:2001. Medidas de Seguridad e Higiene Ocupacional en Laboratorios. Parte 1.
- Norma COVENIN 2237-89. Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional.

Realizado por: Prof. Ing. Antonio Seijas- Universidad Católica Andrés Bello- Guayana.

Anexo Ñ

Sustentabilidad del proyecto

Una de las aguas con más prospección para ser envasadas son justamente las aguas subterráneas; siempre y cuando se cumplan una serie de premisas que no menoscaben el desarrollo sustentable.

Hay que tener en cuenta que la capacidad de recarga del acuífero sea superior a su condición de extracción.

En dado caso de no darse la recirculación del recurso respecto a la extracción e infiltración, se debe de considerar:

La primera condición es la capacidad de extracción para ser embotellada; en este caso en particular del acuífero de la mesa de Guanipa, la capacidad de extracción la cual fue inicialmente desarrollada para un proyecto de riego de oleaginosas (maní), la capacidad de extracción planificada es de 55 l/s, cubriendo un área de riego de unas 52 hectáreas a la redonda, mientras que para el sistema de envasado solo se utilizara agua para una línea de producción en el orden de 0,56 l/s, si compararnos la cantidad de agua a ser envasada versus la capacidad de extracción actual para el servicio de riego de la oleaginosa, como se ve es despreciable, lo que le da una racionalidad al usufructo del recurso.

Si además se toman acciones de optimización en el proceso de adecuación, aumentando eficiencias en los equipos de las operaciones unitarias y minimizando las fugas en todos los equipos contemplados en el diseño conceptual del proyecto y la utilización de una tecnología de llenado donde el envase se gesta directamente con el

proceso de llenado, garantizando la inocuidad de cualquier elemento extraño dentro de la botella como tal, le da al proyecto otra condición de racionalidad.

Finalmente se tomara en consideración que el hecho de realizar el proyecto de la planta de envasado, le dará un carácter industrial a la zona, dotándola de insumos (energía, agua corriente), vialidad y transporte, generando condiciones de empleo para un número no menor de 20 personas incluyendo la actividad agrícola (siembra de oleaginosa), además se le dará una condición industrial, ya que se persigue que dentro de las instalaciones se genere el carbón activado de concha de coco, insumo básico para el proceso de adecuación de las aguas.

El proyecto constara de un laboratorio que garantice no solo la calidad del agua mineral natural a producir, también que los flujos destinados a la envasadora sean realmente los embotellados.

Habrà un área destinada a la investigación y desarrollo de nuevas alternativas para producir carbón activado a partir de la semilla del merey, actualmente en producción de unas 35.000 árboles ya sembrados.

Anexo O

Clasificación de las aguas minerales naturales comerciales

	Font Vella	Bezoya	Lanjaron	Alzola
Etiquetado	Mineralización débil, medicinal. Para la preparación de alimentos infantiles. Dietas pobres en sodio	Mineralización muy débil Minero-medicinal. Indicada para la preparación de alimentos infantiles. Dietas pobres en sodio	Mineralización débil Minero-medicinal. Indicada para la preparación de alimentos infantiles. Dietas pobres en sodio.	Mineralización débil, medicinal. Puede ser diurética
Precio (pts/1,5 litros)	56	49	56	45
Volumen declarado (ml)	1.500	1.500	1.500	1.500
Volumen neto (ml)	1515	1522	1501	1512
Residuo seco a 180: (mg/l) ¹	236	35	135	290
Conductividad (mS/cm) ²	310	37	279	547
pH ³	7,87	6,05	6,29	7,89
Bicarbonatos (mg/l)	149,5	10,2	102,2	192
Sodio (mg/l)	12,0	2,1	14	44
Potasio (mg/l)	1	0,2	1,6	0,8
Calcio (mg/l)	35,3	2,1	26,5	56,5
Magnesio (mg/l)	7,9	0,4	6,8	5,8
Cloruros (mg/l)	11	0,7	16	67
Sulfatos (mg/l)	Menor que 15	Menor que 15	28	26,1
Nitratos (mg/l)	2,9	3,6	5,5	Menor que 0,5
Estado microbio lógico	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
Cata (ordenación, de mayor a menor calidad organoléptica: aspecto, sabor y olor)	1	2	3	4

Anexo P

Cálculo del índice Langelier

Datos de entrada:

pH	5	*
Conductivity / TDS	14	microS/cm ▼
[Ca ²⁺]	1	mg/L ▼
[HCO ₃ ⁻]	0.5	mg/L ▼
Water temperature	25	degree C ▼

Datos de salida:

pH _s	12
LSI	-6.8

Comparación de resultados

LSI (Carrier) Indication

-2,0 < -0,5 Serious corrosion

-0,5 < 0S lightly corrosion but non-scale forming

LSI = 0,0 Balanced but pitting corrosion possible

0,0 < 0,5 Slightly scale forming and corrosive

0,5 < 2 Scale forming but non corrosive

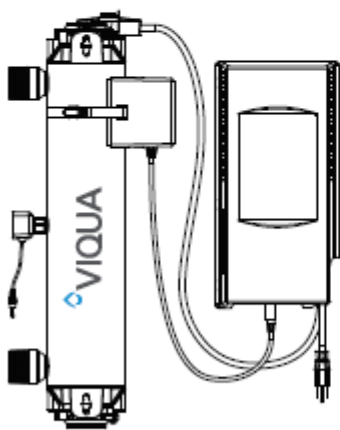
<http://www.lenntech.com/calculators/langelier/index/langelier.htm#ixzz4oFoNpLkP>

Anexo Q.

Manual de características y dimensiones generales del filtro ultravioleta extraído del catálogo de la empresa VIQUA



Manual del propietario



Modelos:

H, K

Modelos Plus:

H+, K+

Modelos PRO:

PRO10, PRO20, PRO30, PRO50

Desarrollado por



Sección 2 Información general

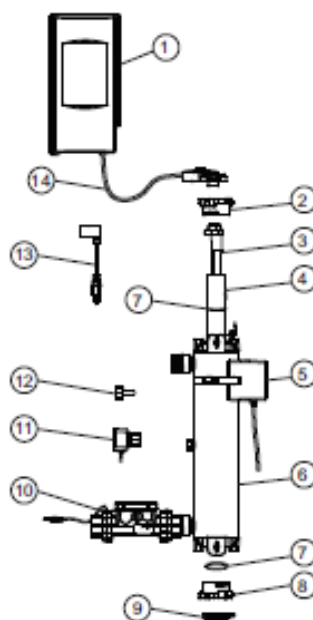


Figura 1 Componentes del sistema

Elemento	Descripción	N.º pieza	Sistemas UV
1	Controlador	850709-003	PRO10
		850709-008	PRO20
		850709-009	PRO30
		880020-R	PRO50
		850709-005	H+
		880019-R	K+
		850709-004	H
		880018-R	K
2	Perno superior y forma de alambre	802916 y 802896	Se utiliza en todos los sistemas
3	Lámpara	802854	PRO10
		802855	PRO20, H+, H
		802856	PRO30/50, K+, K
4	Vaina tubular	802974	PRO10
		802975	PRO20, H+, H
		802976	PRO30/50, K+, K
5	Ventilador CoolTouch	850830	Se utiliza en todos los sistemas
6	Cámara	-	Se utiliza en todos los sistemas
7	Junta tórica	002233	Se utiliza en todos los sistemas

Información general

8	Perno inferior (incluye tornillo)	803053	Se utiliza en todos los sistemas
9	Herramienta de extracción de la vaina tubular	802988	Se utiliza en todos los sistemas
10	Sensor de medidor de flujo (solo modelos PRO)	410982R-10	PRO10
		410982R-20	PRO20
		410982R-30	PRO30
11	Sensor	850580	Modelos PRO y Plus
12	Tapón	-	Modelos básicos
13	Cable de alimentación	802838	110 V: se utiliza en todos los sistemas
		802837	220 V: se utiliza en todos los sistemas
14	Cable de la lámpara	-	Se utiliza en todos los sistemas

2.1 Dimensiones y distribución

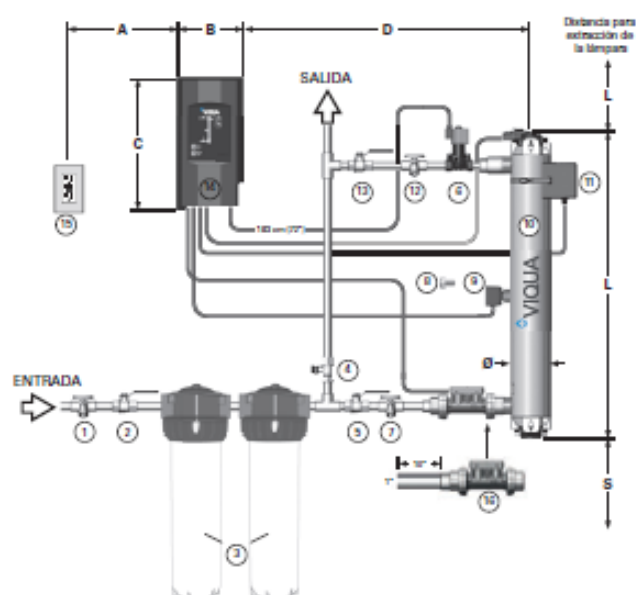


Figura 2 Sistema: dimensiones y distribución

Elemento	Descripción	Función
1	Válvula de muestra	Permite realizar una muestra del agua sin tratar.
2	Válvula de corte	Facilita las tareas de mantenimiento del equipo de tratamiento previo.
3	Tratamiento previo	El tratamiento previo permite el funcionamiento eficaz del sistema UV. El agua debe satisfacer determinados parámetros de calidad antes de acceder al sistema UV.
4	Válvula de corte de desvío	La línea y válvula de desvío son opcionales. Están diseñadas para proporcionar un suministro de agua de emergencia cuando el sistema UV no esté disponible.
5	Válvula de corte	Se requiere para permitir realizar las tareas de mantenimiento del sistema UV.

6	Válvula de solenoide	Permite cortar el suministro de agua cuando no se puede garantizar una desinfección adecuada. <i>Nota:</i> Si la conexión a tierra desde el panel eléctrico está atada a las líneas de agua de cobre y usa una válvula de solenoide de plástico, se requiere la instalación de una correa de conexión a tierra adecuada. Esta correa de conexión a tierra mantendrá la continuidad entre las líneas que se han cortado para la instalación del solenoide. Consulte las normativas de instalaciones eléctricas locales para ver cuáles son la abrazadera y el tamaño de cable correctos.
7	Válvula de muestra	Permite tomar muestras del agua que entra en la cámara UV; se necesita para confirmar que la calidad del agua que se está tratando es adecuada.
8	Tapón	Un tapón que se suministra e instala en los modelos básicos.
9	Sensor	Controla la salida de UV para garantizar el suministro de una dosis (exposición de UV) adecuada.
10	Cámara UV	Proporciona la desinfección del agua. SE DEBE INSTALAR VERTICALMENTE.
11	Ventilador CoolTouch™	Elimina el calor excesivo del agua en la cámara durante períodos sin caudal.
12	Válvula de muestra	Permite tomar muestras del agua inmediatamente después del tratamiento UV; se necesita para confirmar el funcionamiento adecuado del sistema UV.
13	Válvula de corte	Permite realizar el mantenimiento del sistema UV.
14	Controlador	Alimenta y controla la lámpara UV y otros dispositivos. Proporciona la interfaz humana, muestra información y permite la entrada de controles (por ejemplo, silenciar la alarma sonora).
15	Fuente de alimentación	Proporciona alimentación al controlador. Por motivos de seguridad, la salida debe estar protegida mediante un interruptor de circuito de fallas de conexión a tierra (GFCI). <i>Nota:</i> Para proteger el controlador, se requiere el uso de un supresor de tensiones transitorias certificado por UL1449 o equivalente.
16	Sensor de flujo	Controla el flujo para proporcionar una dosis (exposición UV) en tiempo real. El sensor de medidor de flujo se debe instalar con esta orientación, con el indicador LED orientado hacia arriba. (Solo PRO10, PRO20, PRO30)

Elemento	L	S (mínimo)	O	A (máximo)	B	C	D
PRO10	55 cm (21,4")	30 cm (12")	10 cm (4")	182 cm (72")	16,5 cm (6,5")	33 cm (13")	122 cm (48")
PRO20, H+, H	76 cm (31")	30 cm (12")	10 cm (4")	182 cm (72")	16,5 cm (6,5")	33 cm (13")	122 cm (48")
PRO30	103 cm (41")	30 cm (12")	10 cm (4")	182 cm (72")	16,5 cm (6,5")	33 cm (13")	122 cm (48")
PRO50, K+, K	103 cm (41")	30 cm (12")	10 cm (4")	182 cm (72")	16,5 cm (6,5")	33 cm (13")	122 cm (48")

Anexo R

Características y dimensiones generales del filtro de carbón

