

**DISEÑO DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS DE PRODUCCIÓN
PARA LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO.**

ANDRES FELIPE NUÑEZ ESPINOSA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2016**

**DISEÑO DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS DE PRODUCCIÓN
PARA LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO.**

AUTOR:

ANDRES FELIPE NUÑEZ ESPINOSA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE
PETRÓLEOS**

DIRECTOR:

**Msc. CESAR AUGUSTO PINEDA GOMEZ
INGENIERO DE PETRÓLEOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA
2016**

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mi madre. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi madre, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ella que soy lo que soy ahora. Te amo madre con todo mi corazón... A mi tía Mary por haberme apoyado durante todo mi proceso de formación. A Haydee por haber sido como una segunda madre para mí. A mi padrino Adrián por haberme ofrecido su apoyo. A mi primo Fredy por su apoyo incondicional. A Carlos, Camila, Kate y María por haber sido unos amigos incondicionales. A Mabel por darme su apoyo y querer durante los últimos semestres.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a:

A el Ingeniero Cesar Pineda, por la colaboración, confianza y tiempo dado durante el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander por dame la oportunidad de crecer académicamente y como persona.

Y a todas esas personas que compartieron conmigo momentos en esta etapa de mi vida.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. AGUAS DE PRODUCCIÓN	15
1.1. ORIGEN	15
1.2. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	17
1.3. ESTRATEGIAS PARA DISPOSICIÓN DE AGUAS DE PRODUCCIÓN	22
1.4. IMPACTOS AMBIENTALES	26
2. NORMATIVIDAD TÉCNICA	28
2.1. VERTIMIENTOS DE AGUAS	28
2.2. CALIDAD EN LABORATORIOS DE ENSAYO Y MEDICIÓN.	35
2.2.1. Norma NTC-ISO/IEC 17025:2005	35
2.2.1.1. Requisitos relativos a la gestión	35
2.2.1.2. Requisitos técnicos	37
2.3. ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS	38
2.3.1. PRUEBAS DE ENSAYO	38
2.3.2. EQUIPOS	42
2.3.3. INSTRUMENTACIÓN	55
2.3.4. REACTIVOS	58
2.3.5. INSTALACIONES	62
3. ANÁLISIS DE COSTOS	64
3.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES PROVEEDORES	64
3.2. COSTOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS, INSTRUMENTACION, REACTIVOS Y NORMAS.	65

3.3. ANÁLISIS DE COMPETIDORES	67
4. ANÁLISIS DE FINANCIERO	71
4.1. RELACION COSTO-BENEFICIO (RCB)	71
4.2. POSIBLES PRECIOS DE PRUEBAS	72
5. CONCLUSIONES	76
6. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	84

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Carga de agua en un yacimiento de petróleo.	16
Figura 2. Inyección y de reinyección de agua a un yacimiento de petróleo.	17
Figura 3. Balanza analítica.	44
Figura 4. Agitador magnético.	45
Figura 5. pHmetro.	45
Figura 6. Espectrofotómetro.	46
Figura 7. Termoreactor	47
Figura 8. Incubadora.	47
Figura 9. Desecador	48
Figura 10. Horno.	49
Figura 11. Bomba de vacío y equipo de filtración.	49
Figura 12. Cono de imhoff.	50
Figura 13. Extractor Soxhlet.	51
Figura 14. Cabida extractora.	52
Figura 15. Rotoevaporador.	52
Figura 16. Equipo de destilación.	53
Figura 17. Manta de calentamiento	53
Figura 18. Equipo de digestión.	54
Figura 19. Espectrómetro.	55
Figura 21. Etapas y criterios de diseños de un laboratorio.	63
Figura 22. comparación precios promedios pruebas laboratorios nacionales, locales y nuevo.	74

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Concentraciones de salinidad	21
Tabla 2. Usos del agua proveniente de la producción y algunas formas de reducirlas	23
Tabla 3. Cambios en la normativa de vertimientos.	28
Tabla 4. Parámetros de vertimiento Artículo 72	30
Tabla 5. Parámetros Resolución 0631, 2015.	31
Tabla 6. Normas utilizadas para análisis de parámetros.	39
Tabla 7. Equipos usados por las normas.	42
Tabla 8. Instrumentación utilizada en las pruebas	56
Tabla 9. Lista de reactivos o insumos químicos	58
Tabla 10. Posibles Proveedores	64
Tabla 11. Costo de adquisición total	66
Tabla 12. Costos promedio pruebas laboratorios nacionales y locales.	68
Tabla 13. Relación costo- Beneficio.	71
Tabla 14. Posibles Precios de pruebas.	72

ANEXOS

	PAG
ANEXO A. EQUIPOS, REACTIVOS E INSTRUMENTACION UTILIZADA POR PRUEBA.	84
ANEXO B. COTIZACIONES DE EQUIPOS DE DIFERENTES PROVEEDORES	95
ANEXO C. COTIZACIONES DE INSTRUMENTACIÓN DE DIFERENTES PROVEEDORES	97
ANEXO D. COTIZACIONES DE REACTIVOS DE DIFERENTES PROVEEDORES	100
ANEXO E. COSTOS DE NORMAS	103
ANEXO F. COSTOS DE PRUEBAS EN LABORATORIOS NACIONALES	105
ANEXO G. COSTOS DE PRUEBAS EN LABORATORIOS LOCALES	109

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS DE PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO.*

AUTOR: ANDRES FELIPE NUÑEZ ESPINOSA.**

PALABRAS CLAVES: Análisis, Resolución, costos, normas.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto es realizar un análisis de los costos aproximados de la adquisición de equipos, instrumentación, reactivos y normas necesarias para el montaje de un laboratorio de análisis de aguas; con énfasis en los parámetros dispuesto en la resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, para vertimientos de aguas de producción por parte de la industria petrolera. Para dar el costo, se identificaron las pruebas o normas nacionales e internacionales que estandarizan y describen los métodos para el análisis de los parámetros de la resolución. Una vez identificados, se analizaron equipos, instrumentación y reactivos utilizados para el desarrollo de las pruebas. Terminado este proceso, se realizaron cotizaciones con diferentes proveedores (locales y nacionales) para conocer el precio promedio de lo consultado y diferentes alternativas de equipos. También se consultaron el costo de las normas a utilizar.

Se describió la norma NTC 17025 que da a conocer los requerimientos teóricos utilizados en la calidad en laboratorios de ensayo y calibración, y así poder estandarizar las labores realizadas y obtener una certificación de esta norma. se analizaron las características de seguridad y espacio que debería tener las instalaciones donde se podría ubicar el laboratorio, debido a que la distribución y ubicación del laboratorio es un factor importante al momento de realizar las pruebas. Al final se muestra el costo total de montaje del laboratorio con diferentes posibilidades de proveedores, y dando un posible precio a cobrar por el análisis del agua con muestreo puntual, teniendo en cuenta un estudio de mercado.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director. Cesar Augusto Pineda Gómez, Ingeniero de Petróleos.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF A PRODUCED WATER ANALYSIS LABORATORY FOR OIL INDUSTRY.*

AUTHOR: ANDRES FELIPE NUÑEZ ESPINOSA.**

KEYWORDS: ANALYSIS, RESOLUTION, COSTS, STANDARDS.

DESCRIPCIÓN:

The objective of this project is to perform an analysis of the approximate costs of purchasing of equipment, instrumentation, reagents and standards for assembling of a water analysis laboratory; with emphasis on parameters provided by Resolution 0631 de 2015 of the Ministry of Environment, Housing and Territorial Development, for produced water discharges by oil industry. To determine the cost, tests or national and international standards that standardize and describe the methods for analyzing the parameters of the resolution were identified. Once standard are identified, equipment, instrumentation and reagents used to development tests were analyzed. Then, when this process is over, cost-estimated were made with different suppliers (local and national) to know the average price of what consulted and different alternatives equipment. The cost of standards to use were also consulted.

NTC 17025 standard which presents theoretical requirements used in laboratory quality of testing and calibration was described, and be able to standardize the work done and get a certification of this standard. Security and space features should have facilities where you could locate the laboratory were analyzed, because of the distribution and location of the laboratory is an important factor at the time of testing. At the end is shown the total cost for installing the laboratory with different possibilities of suppliers and also is suggested a possible price to charge for produced water analysis with particular sampling, taking into account a market survey.

* Project of grade.

** Faculty of Physicochemical Engineerings, School of Petroleum Engineering. Director. Cesar Augusto Pineda Gómez, Petroleum engineer

INTRODUCCIÓN

La necesidad de la industria petrolera en realizar procesos más amigables con el medio ambiente y la del estado de cuidar sus recursos naturales, ha llevado a que la normatividad que regula la actividad petrolera, se vuelva más severa. Realizando estudios de capacidad tecnológica de tratamientos de aguas, consensos con las empresas involucradas, estudios ambientales en zonas de influencia de la industria. Se realizó un cambio en la normativa ambiental llevada a cabo por la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, donde *“establece los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”*. Esta resolución modifica a normativas de vertimientos pasadas, dando límites máximos de vertimiento, estableciendo tiempos en donde las empresas deben realizar los cambios a sus sistemas de tratamiento, para que cumplan con estos límites.

Para esto nace la necesidad de crear un laboratorio de aguas, relacionando las normas o guías con los parámetros y límites máximos de vertimientos y así poder brindar el servicio de ensayos o pruebas de aguas a la industria petrolera, con especialidad en los parámetros expuestos en la Resolución.

En capítulo uno, se dará una idea de que son aguas de producción, características fisicoquímicas del agua e impactos ambientales del agua de producción. En el capítulo dos, se explicará la Resolución 0631, la calidad de un laboratorio, las normas o guías para análisis de los parámetros expuestos en la Resolución, equipos, instrumentación y reactivos necesarios para realizar las pruebas de laboratorios. En el capítulo tres, se dará los costos de los implementos mencionados en el capítulo dos y en el capítulo cuatro, se dará el beneficio de implementar el laboratorio de aguas incluyendo los posibles precios para realizar las pruebas.

1. AGUAS DE PRODUCCIÓN

En la mayoría de los campos de petróleo del mundo tienen algo en común: el agua de producción, y en grandes cantidades. En general, en el mundo por cada barril de petróleo producido se genera como mínimo tres barriles de agua. Según cifras la industria del petróleo producía más de 210 millones de barriles de agua por día.¹ Hoy en día, las compañías petroleras producen un promedio de tres barriles de agua por cada barril de petróleo que extraen, se gasta más de 40 mil millones de dólares por años para hacer frente a los problemas de aguas de producción.²

1.1. ORIGEN

El origen del agua de proviene de los yacimientos puede ser originada por diferentes factores. A continuación, se describirá diversos orígenes de estas aguas, tipos y su fundamento:

Agua Connata: Es el agua que fue entrampada en los poros durante el proceso de la depositación de granos de rocas o detritus, esta agua a medida que los sedimentos se compactan y se unen entre si se denominan agua connata; el agua presente en el yacimiento en el momento en que es penetrado por una barrena de perforación se denomina agua de formación.³ El agua de formación una vez el yacimiento se pone a producir por medio de un pozo, sale a la superficie con diferentes contaminantes que pueden ser desde hidrocarburos, metales pesados entre otros, generando un problema al momento de disponer de estas.

Como se muestra en la Figura 1, la composición del agua de formación que rellena originalmente una cama de arenisca puede ser modificada a través del agregado de agua de otras fuentes (flechas), tales como el agua meteórica y el agua expulsada de las lutitas y la sal en proceso de compactación. El agua también puede ser alterada por el influjo de los hidrocarburos en migración. Las fallas que actúan como

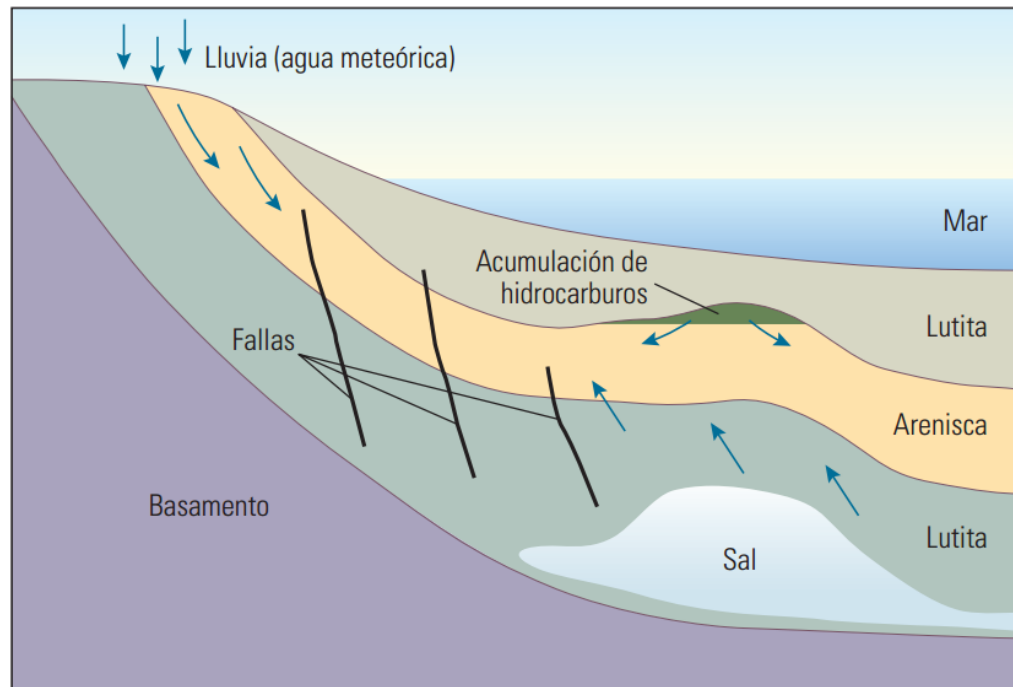
¹ Richard, Arnold. Manejo de la Producción de Agua: De Residuo a Recurso. Oilfield R. SLB, 2004.

² Bill, Bailey. Control del Agua. Oilfield review SLB, 2000.

³ Abdou, Medhat. Valor del agua de formación. Oilfield Review Schlumberger, 2011.

sello y otras barreras al flujo pueden formar compartimientos como composiciones de agua diferentes.³

Figura 1. Carga de agua en un yacimiento de petróleo.



Tomado de: Abdou, Medhat. Valor del agua de formación. Oilfield Review Schlumberger, 2011.

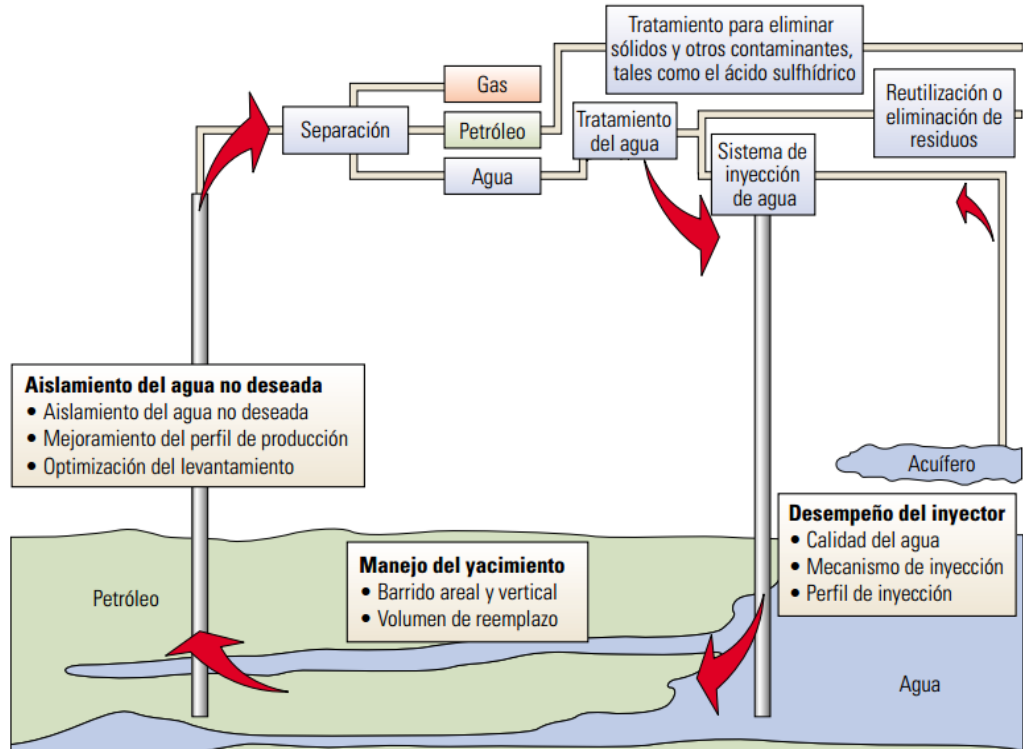
Agua de Inyección: Es el agua tomada de ríos, lagos, el mar o de acuíferos, con el fin de inyectarla al yacimiento de interés generando un barrido del crudo que se encuentra allí; haciendo que la producción de aceite aumente.

Agua de Reinyección: La diferencia con el agua de inyección es que esta es tomada directamente de la separación del agua del fluido que provienen del yacimiento y no de fuentes externas, haciendo que toda o una parte del agua producida se reinyecte.

También se inyecta agua con diferentes químicos (polímeros, Solventes, etc.) para mejorar la eficiencia de barrido la cual cuando sale a superficie debe ser tratada.

En la Figura 2 se describe el proceso de inyección y de reinyección de agua.

Figura 2. Inyección y de reinyección de agua a un yacimiento de petróleo.



Tomado y modificado de: Richard, Arnold. Manejo de la Producción de Agua: De Residuo a Recurso. Oilfield Review SLB, 2004.

Agua de Inyección de Vapor: En este tipo de inyección cuando el vapor llega al yacimiento presenta unas pérdidas de calor, las cuales hacen que condense el agua y así una parte de esta fluye hasta el pozo productor y así a superficie.

Agua por operaciones o de fracturamiento: Son aguas utilizadas para controlar el pozo o para generar un fracturamiento hidráulico. Que al momento que se reinicia la producción del pozo la mayoría de estas aguas salen a superficie y deben ser tratadas.

1.2. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Antes de seleccionar el equipo y de diseñar el sistema de tratamiento del agua de producción, es necesario llevar a cabo un análisis o caracterización de las aguas de producción; esto con el fin de determinar la calidad del agua requería por las normas

ambientales (Resolución 0631 Minambiente 2015) para propósito de vertimiento. Para esto se mencionarán algunas características Físico químicas del agua:

Sabor: Compuesto químicos presentes en el agua como fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en pequeñas concentraciones.⁴

Color: El color de un agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella: materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos minerales. El color puede llegar a ser un indicador de contaminación o de peligrosidad de esta.⁴

Olor: Las aguas residuales tienen un olor característico desagradable, generalmente producido por H₂S proveniente de la descomposición anaerobia de los sulfatos o sulfuros. Las aguas industriales residuales tienen a veces, olores característicos específicos del proceso industrial del cual provienen, los olores de las aguas residuales contribuyen una de las principales objeciones ambientales y su control en plantas de tratamiento es muy importante.⁴

Turbidez: Es una medida del grado de oscuridad el agua. Indica que el agua no es clara por contener material insoluble tal como sólidos suspendidos, aceite disperso o burbujas de gas. Cuando el agua es muy turbia se puede presentar problemas de taponamiento.⁴

Temperatura: Es un parámetro importante de control por su efecto en la vida acuática y en la aplicabilidad del agua a usos industriales.⁴

Sólidos: Los sólidos pueden ser incorporados al agua por diversas actividades industriales y domésticas. La mayor parte de las partículas presentes en las aguas residuales están en los rangos de $1 \cdot 10^{-7}$ milímetros en adelante. Las partículas

⁴ Jaimes, Diana. Pico, María. Tesis "Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y de Producción Evaluando las Diferentes Alternativas Nacionales y Extranjeras- Aplicación Campo Colorado". UIS, 2009

sobre 10^{-3} milímetros pueden ser removidas por procesos de sedimentación o filtración, por debajo de estas medidas requieren ser removidas por procesos especiales. ⁴ Por esta razón las pruebas analíticas, son comúnmente divididas en sólidos: sedimentables, suspendidos y disueltos.

- **Sólidos sedimentables:** son aquellos que sedimentan bajo la acción de la gravedad. La determinación se realiza generalmente en un cono *Imhoff* dejando la muestra en reposo durante una hora. El resultado se reporta en ml/L. esta determinación evalúa la cantidad de sedimento que podría eventualmente ser lanzada a la fuente receptora; sirve además para dimensionar un sistema de remoción. ⁴
- **Sólidos Suspendidos:** Pueden ser orgánicos e inorgánicos. Por lo general son partículas de óxido metálicos de la corrosión, hierro o manganeso presentes originalmente en el agua. Otros sólidos suspendidos pueden ser los sedimentos, arena, arcilla o cuerpos bacterianos. En la práctica se identifican y se estima su tendencia al taponamiento haciendo uso de un filtro de membrana de 0,45 micras. ⁴
- **Sólidos Disueltos:** se consideran aquellos que pasan a través de la membrana de filtración. ⁴

pH: El valor de pH o potencial de hidrogeno es usado en cálculos de dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno y la tendencia a la formación de incrustaciones. Es importante resaltar que la presencia de H_2S y CO_2 disuelto en el agua tienden a disminuir el pH. Un agua es neutra cuando su valor de pH es igual a 7 a $25^\circ C$. la mayoría de las aguas en los campos petroleros presentan en pH que oscila entre 4 y 8. ⁴

Alcalinidad: La alcalinidad en el agua representa su habilidad para neutralizar ácidos. Las principales fuentes de alcalinidad en las aguas naturales son el ion hidróxido, ion carbonato y el ion bicarbonato. Otros iones como fosfatos, boratos o

iones silicatos están presentes en concentraciones muy bajas y por lo tanto no afectan la alcalinidad. ⁴

Distribución del tamaño de partículas: El conocimiento de la distribución del tamaño de partículas puede ser muy útil en la determinación de la selección para la filtración y el filtro. ⁴

Cationes:

- **Calcio:** es uno de los principales contaminantes de las aguas de los campos de petróleo y puede presentarse en cantidades tan altas como 30000 mg/l. El ion calcio es de gran importancia debido a que fácilmente combina con los iones sulfatos y carbonatos produciendo incrustaciones de carbonato de calcio CaCO_3 y sulfato de calcio CaSO_4 . También forma sólidos suspendidos. ⁴
- **Magnesio:** El ion magnesio usualmente está presente en concentraciones más bajas que el calcio. Sin embargo, el problema resultante es el mismo que con el calcio. ⁴
- **Sodio:** Es el mayor constituyente de las aguas de los campos, pero normalmente no causa ningún problema, con la única excepción de la precipitación de NaCl desde salmueras extremadamente saladas. ⁴
- **Hierro:** Su presencia en las aguas de inyección indica por lo general corrosión. El hierro puede estar presente en solución como ion férrico (Fe^+) o ion ferroso (Fe^{++}) o en suspensión como un compuesto de hierro precipitado. El conteo de hierro se usa frecuentemente para controlar y monitorear la corrosión, los óxidos forman recubrimiento adherente y puede causar falladas en la tubería debido al sobrecalentamiento y deformación causticas. ⁴
- **Bario:** Al combinarse con el ion sulfato forman el sulfato de Bario BaSO_4 , el cual es extremadamente insoluble y genera graves problemas por la dificultad de ser removido. ⁴

- **Estroncio:** El ion estroncio puede combinarse con el ion sulfato para formar sulfato de estroncio insoluble; aunque es más soluble que el de bario. Generalmente se encuentra mezclado en las incrustaciones con sulfato de bario.⁴

Aniones:

- **Cloro:** El ion cloruro es el principal constituyente de las aguas de los campos petroleros y las aguas frescas. La mayor fuente de iones cloruros es el NaCl; por lo tanto, este ion es utilizado para medir la salinidad del agua según su concentración se puede clasificar de la siguiente manera:

Tabla 1. Concentraciones de salinidad

Agua dulce	0-2000 ppm
Agua salobre	2000-5000 ppm
Agua Salada	5000-40000 ppm
Salmuera	Mayor a 40000 ppm

El principal problema asociado con el ion cloruro es el incremento de la corrosividad a medida que la concentración de este ion aumenta.⁴

- **Carbonatos y Bicarbonatos:** Estos iones son importantes debido a que pueden formar incrustaciones insolubles. La concentración de ion carbonato es conocida como alcalinidad P y la concentración de bicarbonato con alcalinidad M.⁴
- **Sulfato:** El ion sulfato es un problema porque tiene habilidad para reaccionar con el calcio, bario y estroncio para formar sólidos insolubles.

Fenoles: Son compuestos aromáticos presentes en aguas residuales de la industria del petróleo, del carbón, plantas químicas, entre otros. Los fenoles causan problemas de sabores en aguas de consumo tratadas con cloro; en aguas

residuales se consideran no biodegradables, pero se ha demostrado que con concentraciones de hasta 500 mg/L tienen alta demanda de oxígeno.⁴

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Es una medida de la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para la oxidación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es el parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas de producción que supone la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos a condiciones de incubación, durante un lapso dado para alcanzar la oxidación biodegradable presente en el agua. Los datos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se utilizan para dimensionar las estaciones de tratamiento y medir el rendimiento de algunos de estos procesos de tratamiento, evaluándose a la vez de la velocidad a la que se requiera el oxígeno.⁴

Demanda química de oxígeno (DQO): Corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica y otras sustancias reductoras presentes en el agua. Su valor es más alto que la DBO, pero se puede correlacionar para un mismo sistema.⁴

Aceites: Los efectos biológicos de los hidrocarburos por sus propiedades físicas generan contaminación física y sofocación, y por sus componentes químicos, efectos tóxicos e impregnación. Las aguas aceitosas deterioran la vegetación, en especial la de los pantanos, ciénagas y manglares ya sea por obstrucción de las raíces o por cambios en el equilibrio de sales.⁴

1.3. ESTRATEGIAS PARA DISPOSICIÓN DE AGUAS DE PRODUCCIÓN

El agua de producción fue considerada durante mucho tiempo como un inconveniente. En tierra, una vez que ha sido tratada, el agua o bien se bombea hacia ríos o redes de aguas residuales domésticas, o tratada por evaporación en tanques de sedimentación, o se inyecta a formaciones después del tratamiento básico. En las plataformas en alta mar, el agua está bien tratada y luego se bombea

de nuevo al mar, o se transporta de nuevo a las instalaciones en tierra para ser tratados.⁵

La forma de ver el agua de producción cambió por completo hace algunos años: la producción de agua se ve ahora como un recurso más que como un subproducto. La gestión se ha convertido en una cuestión importante para los operadores de campos petroleros y un componente clave de los costes totales de producción.⁵ Hay tres razones principales para ello:

- Preocupaciones asociadas con el cambio climático y la necesidad de ahorrar agua.
- Las cantidades a tratar están creciendo continuamente
- Las regulaciones ambientales son cada vez más estrictas y se aplican en más áreas. Hasta el momento, no existe una norma internacional: cada país o grupo de países tiene sus propias normas.

En la tabla 2 se mostrará algunos usos para el agua de producción.

Tabla 2. Usos del agua proveniente de la producción y algunas formas de reducirlas

OPCIONES	POSIBLES TECNICAS O USOS
Reducción del volumen de agua producido	Cementación de zonas con alta entrada de agua. Cierre de pozos con altos cortes de agua Separación en fondo del aceite y el agua

⁵ Nabzar, Lahcen. Water in fuel production oil production and refining. 2011

Reciclado		reinyección de agua para las necesidades de producción(recobro), uso dentro y fuera de las instalaciones
Reutilización	En sitio	Perforación, completamiento, fracturamiento, limpieza y uso doméstico.
	Fuera del sitio	Agricultura, ganadería, industrial, control de polvo, control de incendios
Reinyección en subsuelo		Almacenamiento para futuro, pozos disposal, recarga de capas freáticas
Descarga o vertimiento		Ríos, lagos, evaporación, mares

Tomado y Modificado de Nabzar, Lahcen. Water in fuel production oil production and refining. 2011

Se debe tener claro que, para poder utilizar las aguas de producción; deben cumplir con ciertas normas de calidad y normatividad legal para su utilización en sus diferentes disposiciones. A continuación, se explicará algunas de las técnicas o usos.

- **Cementación:** Consta en taponar zonas donde la entrada de agua sea alta para minimizar la producción de esta.
- **Cierre de pozos:** Cuando se identifique que un pozo superó el corte de agua máximo para su operación, proceder a cerrarlo inmediatamente puesto que esto aumente el costo de tratamiento de agua.
- **Reinyección:** Toda o parcialmente el agua producida por el campo reinyecta en pozos dispuestos para esta operación, favoreciendo el factor de recobro, minimizando el coste de tratamiento del agua y mitigando impactos ambientales producidos por vertimientos.
- **Perforación, completamiento:** En estas operaciones se necesita de agua para realizar el fluido para controlar el pozo, se puede utilizar el agua de

producción para estas operaciones; así evitando el consumo de aguas de otros lugares como ríos entre otros.

- **Agricultura y pecuario:** Muchos de los campos petroleros se encuentran ubicados en zonas agrícolas y pecuarias, donde su consumo de agua es alto; provocando que en algunas épocas del año las sequías en estas zonas afecten estas actividades. En ese caso es cuando el agua de producción debidamente tratada puede desarrollar un papel de reserva o suplemento para abastecer estas actividades durante todo el año o durante ciertas épocas.
- **Uso industrial:** Ciertas actividades industriales requieren agua para sus procesos, para esto se debe hacer un tratamiento adecuado a estas aguas de producción para que su calidad sea óptima y se puede utilizar en los procesos industriales los cuales se puedan aceptar este tipo de aguas.
- **Control de polvo:** La mayoría de los campos petroleros se encuentran en zonas apartadas donde se construyen vías de acceso terciarias y en su mayoría no están pavimentadas, provocando que el alto tránsito de maquinaria, camiones, etc. Dispersen polvo por toda la zona, Para evitar esto el agua de producción debidamente tratada se dispone en carro tanques y estos dispersan el agua por todas las vías de incidencia provocando que el polvo no se disperse.
- **Control de incendios:** Se puede mantener estas aguas de reservas para en caso de emergencia se utilicen estas aguas y no utilizar las del acueducto de la población o de fuentes hídricas cercanas.
- **Pozos disposal:** Son pozos mediante los cuales se realiza la inyección de las aguas de producción a una formación subterránea profunda diferente y aislada de la formación productora. También puede servir como futuras reservas de agua.
- **Vertimientos:** Esta trata de descargar el agua debidamente tratada en cuerpos de aguas superficiales, siendo esta una de las actividades en Colombia más vigilada por las entidades ambientales. Cuando se realiza esta

práctica se debe tener una serie de permisos donde estos indicaran las condiciones del agua a verter y la cantidad máxima que se podrá descargar en un periodo de tiempo.

- **Evaporación:** Consiste en depositar el agua de producción en grandes piscinas donde por acción de la humedad de la zona, la temperatura y otras variables, el agua comienza a evaporarse.

1.4. IMPACTOS AMBIENTALES

Los impactos ambientales provocados por las aguas de producción se deben en su mayoría a la calidad del tratamiento recibido, normatividad y a la cantidad de agua producida. La cantidad de agua de producción varía con el tipo de formación geológica la cual está siendo explotada. Hay campos petroleros que poseen volúmenes mayores que otros. El contenido de las aguas de formación varía en los diferentes yacimientos, pero puede contener: sulfatos, bicarbonatos, Sulfuro de Hidrógeno, Cianuro, Dióxido de Carbono, metales pesados como: Cadmio, Arsénico, Cromo, Plomo, Mercurio, Vanadio, Zinc.⁶

Otra fuente de contaminación son los químicos utilizados en el proceso de extracción, muchos son tóxicos. En algunas formaciones se utiliza biosidas para controlar la presencia de bacterias reductoras de sulfatos, pues producen hidróxido de sulfuro, que es muy corrosivo. Adicionalmente, se utilizan compuestos orgánicos nitrogenados para proteger las paredes de las tuberías contra la corrosión. Otros químicos utilizados en la producción que se encuentran presentes en el agua incluyen anti-emulsificantes, antiespumante, químicos para controlar la formación de parafinas, solventes, entre otros. Uno de los contaminantes más relevantes es el mercurio, el cual es un metal cuya transformación en la naturaleza es

⁶ Bravo, Elizabeth. Los Impactos De La Explotación Petrolera En Ecosistemas Tropicales Y La Biodiversidad. Acción ecológica. 2007

extremadamente lenta, por lo tanto, permanece en ella produciendo impacto directo en la salud humana, los ecosistemas naturales y los sistemas agrícolas.⁶

Cuando estas aguas son vertidas o llegan accidentalmente a los ríos y otros cuerpos de agua aledaños, pueden generar reacciones ambientales tipo cascada. La mayoría de especies que habitan estos cuerpos de aguas mueren, debido a los altos niveles de salinidad y a la presencia de otros contaminantes producto de la mezcla de su agua de hábitat con el agua de vertimiento. Por un proceso de selección natural, sobreviven únicamente aquellas especies que tienen tolerancia a la alta salinidad, produciéndose impactos en toda la red trófica. Los cuerpos de agua afectados poseen poca diversidad y alta densidad de comunidades tolerantes a la salinidad. Estas aguas pueden contaminar los acuíferos, por migración vertical de los contaminantes, pues se ha encontrado que pozos domésticos tienen niveles altos de salinidad.⁶

2. NORMATIVIDAD TÉCNICA

Durante el desarrollo de este capítulo, se describirá la Resolución 0631 del Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible el cual contiene los parámetros y límites máximos de diferentes parámetros para el vertimiento de aguas. La norma de Calidad de Laboratorios y dar a conocer cuáles fueron las normas técnicas que se seleccionaron para el análisis de los parámetros.

2.1. VERTIMIENTOS DE AGUAS

En la Tabla 3 se observa una línea de tiempo en la cual mostrara como evoluciono la normativa de vertimientos de aguas en Colombia y así dar un mejor entendimiento de esta.

Tabla 3. Cambios en la normativa de vertimientos.

1974	1979	1984	2010	2015
Decreto Ley 2911	Ley 9	Decreto 1594	Política Nacional Para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Decreto 3930	Norma de Vertimientos. Resolución 0631
Controlar y Reducir la contaminación del agua				

Fuente: Minambiente. Minambiente presenta nueva norma de Vertimientos que permitirá mejorar la calidad del agua del país. 2015

Desde los inicios de la explotación petrolera en Colombia (1918) no se tenía una normativa clara con respecto a uso y disposición de las aguas producidas en esta actividad. Solo se dio un inicio hasta 1974 con el **Decreto Ley 2811**, conocido como el **Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente**, donde define que “El ambiente es patrimonio común. El Estado y los

particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social. La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.” Con el objeto de fomentar la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente y de los recursos naturales renovables, el gobierno establecerá incentivos económicos. Sin embargo, no daba unas pautas exactas sobre cómo debería ser entregadas las aguas utilizadas o generadas por la industria al medio ambiente.

En 1979 se crea la **ley 9** conocido como el **Código Sanitario** en la cual dicta a) Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana; b) Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente. Teniendo en cuenta que esta ley dicto el control sanitario de los usos del agua para Consumo humano, Doméstico, Preservación de la flora y fauna, Agrícola y pecuario, Recreativo, Industrial, Transporte.

En el cual se hizo necesario para conocer cuáles eran los rangos de calidad del agua antes de su disposición, con el fin de obtener la licencia para realizar el vertimiento siguiendo la norma.

Hasta 1984 por medio del **Decreto 1594**, se dictó unas medidas estándares para el vertimiento de aguas producidas por la industria, también se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

En el Capítulo VI dispone los rangos máximos de contaminantes que puede poseer los residuos líquidos para su vertimiento. También dicta que todo residuo líquido no podrá ser vertido en calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado de aguas lluvias. Este capítulo da a conocer en su **Artículo 72** una tabla que dice: Todo

vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con los parámetros enunciados en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros de vertimiento Artículo 72

Referencia	Nivel de aprobación
pH	Entre 5 a 9
Temperatura	<40°C
Material flotante	Ausente
Grasas y aceites	Remoción >80%
Solidos suspendidos	Remoción >80%
Demanda bioquímica de oxígeno	Remoción >80%

Tomada de: Alcaldía de Bogotá D.C. Decreto 1594 de 1984. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>.

Las concentraciones para el control de la carga se dictan en el **Artículo 74** de este Decreto.

En el transcurso de los años se hizo una serie de cambios a la legislación colombiana creando una serie de entidades ambientales reguladoras y modificando otras; hasta el 2010 se realizó una nueva modificación a la normativa de vertimientos.

El Decreto 3930 de 2010 fue expedido por la Presidencia de la Republica con el fin de reglamentas nuevas disposiciones en cuando a usos y residuos líquidos. Donde podrá la Autoridad Ambiental competente con fundamento en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, fijar valores más restrictivos a los vertimientos realizados en cuerpos de aguas. Así mismo, a aquellos generadores que, aun cumpliendo con la norma de vertimiento, ocasionen concentraciones en el cuerpo receptor, que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso. Para tal efecto, deberá realizar el estudio técnico que lo justifique.

El **18 de marzo de 2015**, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia presentó la **Resolución 0631** que fue llamada **Norma de Vertimientos Puntuales a Cuerpos de Aguas Superficiales y a los Sistemas de Alcantarillado Público**, que busca reducir y controlar las sustancias contaminantes que llegan a los ríos, embalses, lagunas, cuerpos de agua naturales o artificiales de agua dulce, y al sistema de alcantarillado público, para de esta forma y aportar al mejoramiento de la calidad del agua. La nueva norma de vertimientos reglamenta el **artículo 28 del Decreto 3930 de 2010**, actualiza el **decreto 1594 de 1984** respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país.⁷

El control se realizará a partir de la medición de la cantidad de sustancias descargadas. Ahora la medición se realizará en **mg/L** y no en **kg día**, como se venía haciendo. Este es uno de los cambios más importantes presentes en la Norma de Vertimientos Puntuales y es la revisión de los valores a partir de la concentración, lo que va a permitir tener un parámetro fijo a cumplir según la actividad productiva. Los valores y parámetros propuestos se trabajaron con los representantes de diversos sectores productivos en donde quedó constancia de que son cumplibles con los recursos técnicos, tecnológicos y económicos que hay disponibles en el país.

En la Tabla 5 se muestra los nuevos valores establecidos.

Tabla 5. Parámetros Resolución 0631, 2015.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, RESOLUCION 0631 DEL 2015					
PARÁMETRO	UNIDADES	EXPLORACIÓN (UPSTREAM)	PRODUCCIÓN (UPSTREAM)	REFINO	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO (MIDSTREAM)
Generales					
pH		6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00

⁷ Minambiente. Presenta nueva norma de Vertimientos que permitirá mejorar la calidad del agua del país. 2015

	Unidades de pH				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	400,00	180,00	400,00	180,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O2	200,00	60,00	200,00	60,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50,00	50,00	50,00	50,00
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/L	1,00	1,00	1,00	1,00
Grasas y Aceites	mg/L	15,00	15,00	15,00	15,00
Fenoles	mg/L	0,20	0,20	0,20	0,20
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Hidrocarburos					
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	10,00	10,00	10,00	10,00
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
BTEX (Benceno, tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Compuestos de Fósforo					
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Ortofosfatos	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Compuestos de Nitrógenos					
Nitratos (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Nitrógenos Total (N)	mg/L	10,00	10,00	10,00 o 40,00 sí refino hay actividades hidrogenación	Análisis y Reporte
Iones					
Cianuro Total (CN-)	mg/L	1,00	1,00	1,00	
Cloruros	mg/L	1200,00	1200,00	500,00	250,00
Fluoruros(F-)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Sulfatos	mg/L	300,00	300,00	500,00	250,00
Sulfuros	mg/L	1,00	1,00	1,00	
Metales y Metaloides					
Arsénico (As)	mg/L	0,10	0,10	0,10	
Bario (Ba)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Cadmio (Cd)	mg/L	0,10	0,10	0,10	
Cinc (Zn)	mg/L	3,00	3,00	3,00	
Cobre (Cu)	mg/L	1,00	1,00	1,00	
Cromo (Cr)	mg/L	0,50	0,50	0,50	
Hierro (Fe)	mg/L	3,00	3,00	3,00	
Mercurio (Hg)	mg/L	0,01	0,01	0,01	
Níquel (Ni)	mg/L	0,50	0,50	0,50	
Plata (Ag)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Plomo (Pb)	mg/L	0,20	0,20	0,10	
Selenio (Se)	mg/L	0,20	0,20	0,20	
Vanadio (V)	mg/L	1,00	1,00	1,00	
Otros Parámetros					

para Análisis y Reporte					
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálctica	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color - Real (Medidas de absorbancia a longitudes de onda: 436, 525 y 620 nm)	m ⁻¹	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

Tomada de: Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, Resolución 0631 del 2015.

La nueva norma permitirá revisar los vertimientos puntuales que se realizan en ocho sectores y 73 actividades productivas a partir de 56 parámetros que consideran las características de actividades industriales, comerciales y de servicios. Presenta tres características principales:

- Establece los porcentajes máximos permitidos de vertimientos por actividad productiva
- Antes, todas las actividades productivas debían cumplir con un 20% de porcentaje de vertimientos, ahora se establece un límite máximo permitido por actividad económica.
- Hace una diferenciación entre Aguas Residuales Domésticas (ARD) de las Aguas Residuales no Domésticas (ARND).

2.2. CALIDAD EN LABORATORIOS DE ENSAYO Y MEDICIÓN.

Con el objetivo de asegurar la validez técnica y calidad de los resultados del laboratorio de aguas, se identificó la necesidad de que este cumpliera con alguna norma internacional o nacional. Se identificó la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 que habla de los “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, incluidos el muestreo. Cubre los ensayos que se realizan utilizando métodos normalizados, no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio”. Y así poder iniciar el proceso de acreditación del laboratorio y certificación.

2.2.1. Norma NTC-ISO/IEC 17025:2005

Especifica los requerimientos generales para tener la competencia necesaria a la hora de llevar a cabo pruebas o calibraciones, incluido toma de muestras. Se aplica a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o calibración. Y que utilicen cuando desarrollan los sistemas de gestión de gestión para sus actividades de calidad, administrativas y técnicas. Cuando los laboratorios cumplen los requisitos de esta norma internacional, actuarán bajo un sistema de calidad para sus actividades de ensayo y de calibración que también cumplirá los principios de la Norma ISO 9001.

2.2.1.1. Requisitos relativos a la gestión

Se encuentra los requisitos para realizar una gestión correcta de las actividades tanto de calidad, técnicas y administrativas del laboratorio. Las cuales se encuentran organizadas de la siguiente manera:

- **Organización:** Se establece que el laboratorio debe tener ser una entidad con responsabilidad legal; teniendo en cuenta que, si el laboratorio es parte de una organización que desarrolla actividades distintas de las de ensayo o

calibración, se deben definir responsabilidades del personal clave de la organización que influyen en las actividades del laboratorio.

- **Sistemas de gestión:** El laboratorio debe establecer, implementar y mantener un sistema de gestión apropiado al alcance de sus actividades.
- **Control de los documentos:** El laboratorio debe establecer procedimientos para controlar todos los documentos que forman parte de sus sistemas de gestión.
- **Revisión de los pedidos, ofertas y contratos:** Se deben establecer procedimientos para la revisión de pedidos, ofertas y contratos. Para garantizar el buen funcionamiento y regulación en sus etapas de desarrollo.
- **Subcontratación de ensayos y de calibraciones:** Cuando el laboratorio subcontrate un trabajo ya sea debido a circunstancias no previas, o en forma continua, se debe encargar a una subcontratista competente (por ejemplo, que cumpla con esta norma).
- **Compras de servicios y suministros:** El laboratorio debe cumplir con una política clara de los procedimientos para la selección y compra de servicios y suministros que puedan llegar a afectar la calidad de los ensayos.
- **Servicios al cliente:** Se debe establecer una comunicación clara con los clientes o sus representantes, para aclarar el pedido y sus debidas indicaciones.
- **Quejas:** Se debe tener un procedimiento para la resolución de quejas recibidas.
- **Control de los trabajos no conformes:** Se deben establecer procedimientos para el mejoramiento del sistema de gestión, cuando se presenten estos tipos de problemas.
- **Mejora:** El laboratorio debe mejorar continuamente la eficacia de su sistema de gestión, mediante diferentes alternativas descritas en la norma.

- **Acciones correctivas:** Se deben establecer políticas para las implementaciones correctivas cuando se haya identificado un trabajo no conforme.
- **Acciones preventivas:** Identificar las mejoras necesarias y posibles fuentes de no conformidades. Para poder prevenirlas o evitarlas, y así poder mejorar continuamente.
- **Control de los registros:** El laboratorio debe conservar por un período, los registros de las pruebas realizadas con todas las observaciones realizadas.
- **Auditorías internas:** El laboratorio debe efectuar periódicamente, auditorías internas de sus actividades para verificar que sus operaciones continúan cumpliendo con los requisitos del sistema de gestión y norma internacional.
- **Revisiones por la dirección:** Se debe realizar por parte de la dirección del laboratorio una revisión para determinar si el sistema de gestión se mantiene adecuado y eficaz.

2.2.1.2. Requisitos técnicos

Se encuentran los requisitos para la competencia técnica de los ensayos o calibraciones que realiza en los laboratorios, sustentada en tres factores: Personal calificado, Métodos normalizados o validados, instrumental calibrado. De acuerdo con esto los requisitos descritos por la norma serían:

- **Personal:** Se debe asegurar que todas las personas que intervienen en el proceso de ensayo o calibración, sean debidamente competentes para el desarrollo de la actividad.
- **Instalaciones y condiciones ambientales:** Deben facilitar la realización correcta de los ensayos o calibraciones.
- **Métodos de ensayo y/o calibración y validación de métodos:** Se deben aplicar métodos y procedimientos apropiados al momento de realizar el ensayo o calibración, esto incluye el muestreo, manipulación, transporten almacenamiento y preparación de los ítems a ensayar o calibrar.

- **Equipo:** Se deben disponer de los equipos necesarios para el ensayo, muestreo y medición; en caso que el laboratorio necesite utilizar equipos que estén fuera de su control, debe asegurar que cumplan los requisitos de la norma internacional.
- **Trazabilidad de las mediciones:** Los equipos utilizados que tengan un efecto significativo en la exactitud del resultado del ensayo, deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio.
- **Muestreo:** El laboratorio debe tener un plan de procedimientos al momento de efectuar un muestreo de cualquier tipo de material, para garantizar que la muestra no se afecte.
- **Manejo de los ítems de ensayo y calibración:** Se deben tener los procedimientos claros para transporte, recepción, manipulación, protección, almacenamiento, conservación y disposición final de los ítems de ensayo.
- **Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración:** Se deben tener procedimiento de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos llevados a cabo. Los datos resultantes deben ser registrados en forma tal que se puedan detectar las tendencias y, cuando sea posible, se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados.
- **Informes de resultados:** se deben entregar de manera clara y con las observaciones realizadas durante el ensayo (si las hay).

2.3. ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS

2.3.1. PRUEBAS DE ENSAYO

Se realizó un estudio de los métodos para la caracterización de los parámetros de la **Resolución 0631**; de los cuales se encontraron una serie de normas o guías nacionales, internacionales y utilizadas por otros laboratorios de análisis de aguas, que permiten el análisis y cuantificación de estos parámetros. Entre ellos se

encontraron que existe varios métodos para la determinación de un solo parámetro, de aquí partió el estudio para elegir cual sería la norma indicada para cuantificar cada parámetro.

Criterios para la selección de cada norma o guía dependiendo de cada parámetro:

- Calidad de la fuente de cada norma o guía.
- Validez de la norma o guía en el país de implementación (Colombia).
- Disposición y costos de Equipos, instrumentación y Reactivos utilizados.
- Rango de cuantificación.

Se seleccionaron las normas **STANDARD METHODS** o SM, puesto en el análisis realizado, cumplían con todos los criterios de selección anteriormente mencionadas, y en los laboratorios estudiados, la mayoría de sus procesos de análisis de aguas utilizaban estas normas.

Para la fase inicial del proyecto se recomienda subcontratar los parámetros relacionados con hidrocarburos, por el alto costo de los equipos a implementar. El termino subcontratar, es dejar que otro laboratorio certificado analice los parámetros que el laboratorio contratado, no pueda realizar por diversas razones. En esos casos, se debe avisar al cliente que ciertos parámetros serán subcontratados. En la ciudad de Bucaramanga existen laboratorios certificados con los cuales se podría realizar el convenio para análisis de los parámetros hidrocarburos.

En la Tabla 6 se enuncia la norma o guía seleccionada con cada parámetro:

Tabla 6. Normas utilizadas para análisis de parámetros.

PARÁMETROS	NORMA	METODO
Generales		
pH	SM 4500 H+ B	Electrométrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM-5220 D	Reflujo Cerrado-Colorimetría

Demanda Bioquímica de Oxígenos (DBO5)	SM-5210 B	Incubación 5 Días
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	SM 2540 D	Secado 103°C – 105°C
Sólidos Sedimentables (SSED)	SM 2540 F	sólidos sedimentables (Gravimétrico)
Grasas y Aceites	SM 5520 D	Extracción Soxhlet
Fenoles	SM 5530 B	Destilación
	SM 5530 D	Fotométrica directa
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	SM 5540 C	Espectrofotométrico Visible
Hidrocarburos		
Hidrocarburos Totales (HTP)	Subcontratar	Cromatografía
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	Subcontratar	Cromatografía
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	Subcontratar	Cromatografía
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	Subcontratar	Análisis
Compuestos de Fósforo		
Fósforo Total (P)	SM 4500-P E	Ácido ascórbico
Ortofosfatos (P-PO43-)	SM 4500-P D, E	Cloruro de estaño, <i>Ascorbic Acid</i>
Compuestos de Nitrógeno		
Nitratos (N-NO3-)	SM 4500-NO3- B	Espectrofotométrica ultravioleta

Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	SM 4500-NH ₃ B	Preliminary Distillation Step
	SM 4500-NH ₃ C	Titrimetrico
Nitrógeno Total (N)	SM 4500-Norg C	Semi-Micro-Kjeldahl
	SM 4500 NH ₃ B	<i>Preliminary Distillation Step</i>
	SM 4500 NH ₃ C	Titrimetrico
Iones		
Cianuro Total (CN ⁻)	SM 4500-CN- B	<i>Preliminary Treatment of Samples</i>
	SM 4500-CN- C	Destilación
Cloruros (Cl ⁻)	SM 4500-Cl- B	Argentométrico
Fluoruros (F ⁻)	SM 4500-F- C	Electrodos ion-selectivos.
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	SM 4500-SO ₄ 2- E	Turbidimetrico
Sulfuros (s ₂ ⁻)	SM 4500-S ₂ - F	Yodométrica
Metales y metaloides		
Arsénicos (As)	SM 3113 B	Espectrometría de Absorción Atómica
Bario (Ba)	SM 3030 F	Digestión
Cadmio (Cd)	SM 3030 F	Digestión
	SM 3111 B	Absorción Atómica
Cinc (Zn)	SM 3030 F	Digestión
	SM 3111 B	Absorción Atómica
Cobre (Cu)	SM 3030 F	Digestión
	SM 3111 B	Absorción Atómica
Cromo (Cr)	SM 3030 F	Digestión
	SM 3111 B	Absorción Atómica
Hierro (Fe)	SM 3030 E	Digestión
	SM 3111 B	Absorción Atómica
Mercurio (Hg)	SM 3112 B	Direct Air-Acetylene Flame
Níquel (Ni)	SM 3030 E	Digestión

	SM 3111 B	Absorción Atómica
Plata (Ag)	SM 3030 E	Digestión
	SM 3111 B	Absorción Atómica
Plomo (Pb)	SM 3500-Pb B	Dithizone
Selenio (Se)	SM 3114 C	Absorción Atómica
Vanadio (V)	SM 3030 E	Digestión
	SM 3111 D	Absorción Atómica
Otros Parámetros para Análisis y Reporte		
Acidez Total	SM 2310 B	Titulación
Alcalinidad Total	SM 2320 B	Titulación
Dureza Cálcica	SM 3500-Ca B	Titrimetrico EDTA
Dureza Total	SM 2340 C	Titrimetrico EDTA
Color- Real (Medidas de absorbencia a longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	SM 2120 C	Espectrofotométrica

2.3.2. EQUIPOS

Una vez se identificaron las normas que se implementarían, se realizó un análisis de los equipos utilizados para desarrollar las pruebas. (En el Anexo A se encuentra que equipos se usa para cada prueba). A continuación, en la Tabla 7 se muestran los equipos necesarios para realizar las pruebas.

Tabla 7. Equipos usados por las normas.

EQUIPOS
pH metro portátil y mesa
Agitador magnético, con barra agitadora de teflón y Calentador

Amperímetro
Aparato de destilación: de 800 a 2000 ml de capacidad conectado a un condensador Graham vertical de modo que la punta de salida puede estar sumergida por debajo de la superficie de la solución de ácido de recepción.
Aparatos de extracción, Soxhlet, con el frasco de extracción de 125 ml.
Balanza analítica, capacidad 250 g, y precisión 0.0001g
Bomba de Vacío
Bombas de aire
Cabina extractora de vapores orgánicos
Centrifugadora
Cono de Imhoff
Desecador
Placa para desecador
Equipo de digestión kjeldahl
Equipo de filtración
Espectrofotómetro Uv-Vis, uso a 880 nm y / o 220 nm con acceso adaptador de la apertura de la ampolla o 16-, 20-, 25 mm tubos. con células de absorción de proporcionar trayectorias de luz de 1 a 10 cm
Espectrómetro de absorción atómica: con horno de grafito, Sistema de corrección <i>background</i> , fuente, el horno usa Argón para minimizar su oxidación.
Estufa para secado de 100°C hasta 550 °C, 105 Lt
Incubadora de aire controlada termostáticamente
Manta de calentamiento
Motobomba para recircular el agua
Rotoevaporador
Termoreactor DQO para calentar a 150 °C
Termómetro Digital

(Opcional) Colorímetro <i>LaMotte</i> con lámpara de cuarzo halógeno como fuente de iluminación.
(Opcional) Fotómetro de filtro, equipado con un filtro violeta que tiene transmitancia máxima alrededor de 420 nm y proporcionar una trayectoria de la luz de 2,5 a 10 cm.
(Opcional) <i>Nephelometer</i>

Al momento de realizar es estudio de los equipos, se tuvieron en cuenta que sus características, disponibilidad y costos. A continuación, se describen los equipos. (Las imágenes mostradas solo dan una idea general del equipo, debido a que existen diferentes formas y modelos)

Balanza Analítica: Es un equipo especializado en medir masas muy pequeñas y con una precisión de 0.0001 gr dependiendo de las capacidades del equipo, tiene diferentes presentaciones, la más común contiene un plato de medición que se encuentra dentro de cubo para evitar medidas erróneas por efecto del viento u otros.

Figura 3. Balanza analítica.



Tomado de TP Laboratorio Químico, Balanza analítica. 1 de sept 2016, Disponible en: https://www.tplaboratorioquimico.com/wp-content/uploads/2014/12/balanza_analitica-1-300x229.jpg

Agitador Magnético: Es un dispositivo electrónico que se encarga de mezclar un solvente y un soluto o más. este equipo funciona poniendo el recipiente donde se va a realizar la mezcla encima de la placa del agitador, el equipo provoca un campo magnético haciendo que una péquela barra magnética o barra de agitación puesta

dentro del recipiente comience a girar provocando la mezcla. Algunos agitadores magnéticos suelen estar equipados con calefacción para mejorar la mezcla.

Figura 4. Agitador magnético.



Tomado de TP Laboratorio Químico, Agitador magnético. 1 de sept 2016 Disponible en: https://www.tplaboratorioquimico.com/wpcontent/uploads/2015/09/agitador_magnetico_a1.jpg

Potenciómetro o pHmetro: Mide la concentración de iones $[H^+]$, utilizando un electrodo sensible a los iones. En condiciones ideales dicho electrodo debería responder ante la presencia de un único tipo de ion. Un electrodo de pH es generalmente un electrodo combinado, en el cual se encuentran integrados un electrodo de referencia y un electrodo de vidrio, en una misma sonda.

Figura 5. pHmetro.



Tomado de Instrumentos de Laboratorio, PHmetro. 1 de sept 2016 Disponible en: <http://instrumentosdelaboratorio.org/phmetro>

Espectrofotómetro UV-vis: La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se

basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma. En espectroscopia el término luz no sólo se aplica a la forma visible de radiación electromagnética, sino también a las formas UV e IR, que son invisibles. En espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones del ultravioleta (UV cercano, de 195-400 nm) y el visible (400-780 nm).⁸

Figura 6. Espectrofotómetro.



Tomado de Catalogo Thermo Fisher Scientific, Spectronic™ 200 Spectrophotometer. Disponible en: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/714-039400>

Termoreactor DQO: Es un equipo diseñado para digerir las muestras de agua en la prueba de DQO. Mantienen una alta temperatura de reacción durante la totalidad de la prueba, se puede utilizar también como baño seco para otro tipo de pruebas.

⁸ Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas disponible en: http://www.uco.es/dptos/bioquimica-biopol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETR%C3%8DA.pdf

Figura 7. Termoreactor



Tomado de Elementos Químicos Ltda. Termorreactor Digital para DQO o baño seco, para 24 tubos. Disponible en: <http://www.elementosquimicos.com.co/catalog/product/view/id/6078/s/termorreactor-digital-para-dqo-o-ba-o-seco-para-24-tubos/>

Incubadora de aire controlada termostáticamente para DBO₅: La incubadora es un equipo que utiliza diversos medios de transferencia de calor y control ambiental, para obtener unas condiciones bajo las cuales se puedan efectuar procedimientos especializados de laboratorio. En general, disponen de un sistema de resistencias eléctricas que se controlan mediante dispositivos como termostatos o controles microprocesados. En cuanto a los sistemas de transferencia de calor, las incubadoras utilizan básicamente la conducción y la convección natural o forzada.⁹

Figura 8. Incubadora.



Tomada de Inilab S.L. Incubador FOC 215E. Disponible en <http://www.inilab.es/productos/analisis-aguas/analisis-determinacion-dbo/incubador-foc215e.html>

⁹Equipos y Laboratorio de Colombia. Incubadoras. Disponible en: http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_pagina_mo.php?c=501

Desecador: Es un recipiente de vidrio con tapa que se adapta ajustadamente. El borde de vidrio es esmerilado y su tapa permite que este herméticamente cerrado. El propósito de un desecador es eliminar la humedad de una sustancia, o proteger la sustancia de la humedad. Se divide básicamente en dos caras, La cámara principal de un desecador está vacía, lo que permite colocar cualquier sustancia en su interior. En la cámara secundaria, se coloca la sustancia desecante, la cual se encarga de absorber la humedad del recipiente. El desecante más usado en el gel de sílice.¹⁰

Figura 9. Desecador



Tomada de TP Laboratorios Químicos. Desecador. Disponible en: <https://www.tplaboratorioquimico.com/wp-content/uploads/2014/12/desecador-1-750x410.jpg>

Estufa u Horno de secado: Se emplea para esterilizar o secar el material de vidrio y metal utilizado en los exámenes o pruebas. Constan, por lo general, de dos cámaras: una interna y una externa. La cámara interna se fabrica en aluminio o en material inoxidable, con buenas propiedades para transmitir el calor; dispone de un conjunto de estantes o anaqueles fabricados en alambre de acero inoxidable, para que el aire circule libremente. Se encuentra aislada de la cámara externa por un material aislante que retarda la transferencia de calor al exterior. La cámara externa está fabricada en lámina de acero. El calor interno es generado mediante conjuntos

¹⁰ TP Laboratorio Químico. Desecador en, disponible en: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/desecadora.html>

de resistencias eléctricas. Dichas resistencias se ubican en la parte inferior de la estufa.¹¹

Figura 10. Horno.



Tomada de catálogo Direct Industry. Estufa eléctrica Memmert UN30. Disponible en: <http://www.directindustry.es/prod/memmert/product-28305-1703042.html>

Bomba de vacío: Son equipos que se encargan de extraer moléculas de gas de un volumen sellado, formando un vacío parcial, también llegan a extraer sustancias no deseadas en el producto, sistema o proceso. Su funcionamiento se define por la velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por una unidad de tiempo de las bombas de vacío.¹²

Figura 11. Bomba de vacío y equipo de filtración.



Tomada de Taiwan-Suppleiers. Filtración de la bomba. Disponible en: http://www.taiwan-suppliers.org/pump-filtration_es.html

¹¹ Equipos y Laboratorio de Colombia. Hornos y estufas de secado, disponible en: http://www.equposylaboratorio.com/sitio/contenidos_pagina_mo.php?c=502

¹² Equipos y Laboratorio de Colombia. El funcionamiento y características de una bomba de vacío y sus características, disponible en: http://www.equposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=9599

Equipo de filtración: Su función es no dejar pasar ningún sólido por medio de un filtro de disco, de determinado tamaño de partícula. Puede funcionar también por medio de una bomba de vacío (Figura 11).

Cono de Imhoff: Es un recipiente graduado con paredes transparentes de forma cónica, con capacidad para 1 litro. El dispositivo es para determinar la cantidad de sólidos sedimentables, usando la gravedad. Haciendo que las partículas pesadas o sedimentables en cierto tiempo comiencen a precipitarse y queden depositados en el fondo, donde se mide en unidades de volumen.

Figura 12. Cono de Imhoff.



Tomado de Vitlab Competence in Labware. Cono de sedimentación o Imhoff. Disponible en: <http://www.vitlab.com/es/product/conos-de-sedimentacion-o-imhoff-san/>

Extractor Soxhlet: Cumple con la acción de separar con un líquido una fracción específica de una muestra, dejando el resto lo más íntegro posible. Se pueden realizar desde los tres estados de la materia. La extracción Soxhlet se fundamenta en las siguientes etapas: 1) colocación del solvente en un balón. 2) ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo. 3) el condensado cae sobre un recipiente que contiene un cartucho poroso con la muestra en su interior. 4) ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído al balón. 5) Se

vuelve a producir este proceso la cantidad de veces necesaria para que la muestra quede agotada. Lo extraído se va concentrando en el balón del solvente.¹³

Figura 13. Extractor Soxhlet.



Tomado de Galería Medica MX. Equipo de Extracción Soxhlet Electrothermal. Disponible en:
<http://galeriamedica.mx/producto/equipo-de-extraccion-soxhlet-electrothermal/>

Cabina extractora de vapores: Es un dispositivo de ventilación o aparamiento que está diseñado para limitar la exposición a sustancias peligrosas o nocivas, humos, vapores o polvos. Evita intoxicación del personal, concentraciones de gases que puede conllevar a una explosión entre otros. Su estructura está compuesta por un extractor, un filtro en algunos casos, una superficie horizontal que es denominada “área de trabajo” esta misma está rodeada por paredes que evitan que los vapores salgan con solo una pared de cristala móvil que permite realizar el trabajo que se vaya a realizar.

¹³ EXTRACCIONES CON EQUIPO SOXHLET, disponible en:
http://www.cenunez.com.ar/archivos/39extraccinconequipo_soxhlet.pdf

Figura 14. Cabida extractora.



Tomado de Reportero Industrial. Cabinas extractoras de gases químicos Saf-T-Flow de bajo flujo. Disponible en: <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Cabinas-extractoras-de-gases-quimicos-Saf-T-Flow-de-bajo-flujo+50000472>

Rotoevaporador: Es un aparato de destilación rotatorio que usa un Baño María, Se utiliza principalmente para separar por medio de evaporación a presión reducida y suave, el solvente que acompaña al soluto de interés; o bien, para realizar destilaciones fraccionadas. La sustancia de interés es puesta en el matraz de evaporación que está parcialmente sumergido en agua, se enciende la plancha calefactora y el sistema de rotación del matraz de evaporación. Se reduce la presión atmosférica mediante la aplicación de una bomba de vacío permitiendo que los solventes sean separados del soluto y destilados en el tubo de condensación a baja temperatura y recolectados en el matraz colector.

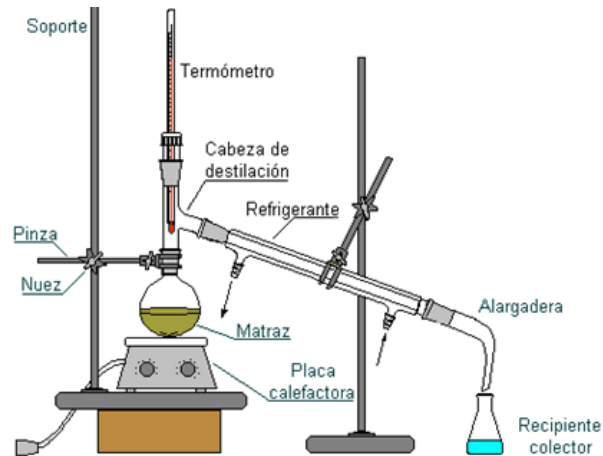
Figura 15. Rotoevaporador.



Tomada de Büchi Labortechnik AG. Rotavapor R-100. Disponible en: <http://www.buchi.com/en/products/laboratory-evaporation/rotavapor-r-100>

Equipo de destilación con condensador Graham: Se usa para separar líquidos con puntos de ebullición inferiores que el otro al cual se encuentra disuelto o mezclado. La configuración puede variar dependiendo los equipos que se cuente, pero normalmente es como se muestra en la figura.

Figura 16. Equipo de destilación.



Tomado de librería Google. Disponible en https://sites.google.com/site/quimicaexpitesm4/_/rsrc/1327401382857/assignments/destilacin/aparato%20de%20destilacion.png

Manta calentamiento: Son equipos que proveen una transferencia de calor segura para calentar la mayoría de los recipientes, pues el calor que éstas proveen puede ser ajustado o regulado con un transformador variable de acuerdo a las necesidades que se requieran.

Figura 17. Manta de calentamiento



Tomado de Elementos Químicos Ltda. Manta de Calentamiento para balón. Disponible en:
<http://www.elementosquimicos.com.co/manta-de-calentamiento-para-balon-de-250ml-460-c.html>

Manta de agitación: cumple con la función de darle un movimiento a un recipiente con el fin de mezclarlo. En algunos casos las mantas de calefacción vienen incluidas con mantas de agitación.

Equipo de digestión kjeldahl: Se caracteriza por el uso de ebullición, ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado *in situ* o por destilación alcalina y titulación.¹⁴ El objetivo es romper los lazos que mantienen juntos los polipéptidos y las convierten en moléculas más simples. Estas reacciones se pueden acelerar con la temperatura (cuanto mayor es la temperatura utilizada, más rápida será la digestión se puede conseguir) y con la presencia de ácido, sal y catalizadores.¹⁵

Figura 18. Equipo de digestión.



Tomado de catálogo Labconco. Six-place Kjeldahl distillation apparatus. Disponible en:
<http://www.labconco.com/product/six-place-kjeldahl-distillation-apparatus/970>

¹⁴ Depósito De Documentos de la FAO. Métodos de determinación de nitrógeno total, disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s17.htm>

¹⁵ VELP Scientifica. Unidades de digestión Kjeldahl, disponible en: http://www.velp.com/es/productoslines/1/family/46/unidades_de_digesti_n_kjeldahl

Espectrómetro de absorción atómica: La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analítico en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de *Beer-Lambert*. Los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento.¹⁶

Figura 19. Espectrómetro.



Tomado de Analytik Jena AG. contrAA Series- Atomic Absorption. Redefined. Disponible en: <https://www.analytik-jena.de/es/instrumentacion-analitica/productos/espectrometros-de-absorcion-atmica/hr-cs-aas.html>

2.3.3. INSTRUMENTACIÓN

Es el conjunto de herramientas necesarias para realizar cualquier operación del laboratorio. En las normas analizadas, disponen de una serie de instrumentos para realizar las pruebas, también se analiza otros instrumentos para uso de laboratorio que podrían ser útiles. En general, la Tabla 8 menciona cuales son los instrumentos

¹⁶ Espectrometría. Espectrometría de absorción atómica. Disponible en: http://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica

utilizados por las normas (en el ANEXO A muestra cuales son los instrumentos utilizados en cada prueba las cantidades).

Tabla 8. Instrumentación utilizada en las pruebas

INSTRUMENTACIÓN
Micropipeta (1 a 100 μ l)
Varilla agitadora de vidrio 7*250 mm
Aparato de filtración con recipiente y disco fritado grueso (40- a 60- μ m) como soporte del filtro.
Aparato de filtro de membrana
Argolla Metálica de Laboratorio 80 mm
Balón aforado clase A de 100, 250, 500, 1000 ml
Balón recolector de fondo redondo 100, 500 ml
Barra magnética 20 X 6, 25 X 6, 30 X 7, 40 X 8 mm teflón
Botellas de incubación: botellas de vidrio de 60 ml o mayor capacidad (300 ml botellas con tapón de vidrio esmerilado y una boca acampanada son preferidos)
Bureta Clase A, llave Teflón 25, 50 ml
Cartucho de extracción SOXHLET 33 X 80 mm
Celdas de cuarzo de 1 cm de diámetro
Condensador de borosilicato
Crisol filtrante 24, 50 ml
Crisol Gooch, de 25, 35, 40 mL
Doble Nuez en aluminio
Embudo Buchner porcelana 90, 110 ml
Embudo de decantación llave 500, 2000 ml
Embudo de vidrio, vástago largo de 70, 100, 120 mm diámetro
Erlenmeyer con tubuladura lateral, 250, 500, 1000, 2000 ml
Escobillones (varios para diferentes tipos)

Espátula
Filtros circulares de fibra de vidrio de 90 mm, x 100
Frasco lavador 1 Lt
Mangueras de laboratorio 15 m
matraz Erlenmeyer, 100, 250, 500, 1000 ml
Mechero Bunsen con regulador
Mortero en porcelana 50, 160, 325 ml
Papel de filtro, de 11 cm de diámetro
Papel indicador de pH 1-13
Peras de succión
Pinzas para bureta
Pinzas para crisoles
Pinzas Erlenmeyer
Pinzas para vaso
pinzas para soporte
Pipetas graduadas A de 5, 10, 20 mL
Probetas graduadas, forma alta vidrio, 25, 50, 100, 500, 1000 mL
Puntas para micropipetas
Recipientes de digestión: preferentemente tubos de cultivo de borosilicato, de 16 x 100 mm, 20 x 150 mm, o 25 x 150 mm, con tapones de rosca TFE-alineados. Como alternativa, usar ampollas de borosilicato, de 10 ml de capacidad, de 19 a 20 mm de diámetro.
Soporte universal de 70 cm
Termómetro, -10°C a 100°C
Termómetro, -10° C a 200°C
Toallas de papel X 150
Tubos de secado 150 mmx118 mm de diámetro
Gradillada de 2 cm diámetro

Tubos para centrifuga de polipropileno #68 de fondo redondo con tapa de 17 x 100 mm
Tubos plásticos de 2.5 cm de diámetro
Vasos de precipitado, forma baja, 100, 250, 600, 1000ml
Vidrio de reloj, diámetro mínimo de 10 cm

2.3.4. REACTIVOS

Los reactivos descritos en la siguiente tabla 9, pertenecen a los mencionados en las normas consultadas para realizar las pruebas de laboratorio, en algunos casos las normas describen soluciones que el mercado ofrecen y en otros casos toca preparar algunas de estas. Cuando el mercado no ofrece algún reactivo, las normas disponen la forma de cómo prepararlas. Para este caso se consultaron las soluciones que ofreciera el mercado y las que no se encontraron, se describieron de forma individual como establece la norma para cada caso, en el ANEXO A describe que químicos se usan en cada prueba.

Tabla 9. Lista de reactivos o insumos químicos

QUÍMICOS
Acetato de sodio, $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Acetileno, de grado comercial estándar
Ácido acético, CH_3COOH (99%)
Ácido ascórbico, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
Ácido bórico H_3BO_3
Ácido cítrico, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$,
Ácido clorhídrico, HCl , concentrado, 30%, 1N
Ácido fluorhídrico, HF , 1N
Ácido fosfórico, H_3PO_4 , concentrado, 85%
Ácido nítrico, HNO_3 , 64.5-66.5%
Ácido sulfámico, H_3NSO_3 , 99%

Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄), 0.1N, 1N, 5N, concentrado
Agua desionizada, destilada, libre de amoníaco, libre de nitrato.
Aire limpio y seco
Azul de bromofenol indicador, indicador de pH 3,7
Azul de metileno
Buffer de fluoruro
Carbonato de calcio, CaCO ₃
Carbonato de plomo (II), PbCO ₃
Carbonato de sodio Na ₂ CO ₃
Citrato de cianuro solución reductora
Cloroformo CHCl ₃ , 99.8%
Cloruro de amonio, NH ₄ Cl
Cloruro de bario, BaCl ₂ , cristales, del 20 al 30 de malla
Cloruro de calcio, CaCl ₂
Cloruro de metileno CH ₂ Cl ₂
Cloruro de sodio NaCl
Cloruro potásico, KCl, 99%
Dicromato de potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇) 99.5 %
Benceno
Isobutano
EDTA, concentrado, 0.1 M
Fenolftaleína, alcohólico, pH 8,3 indicador
Ferrocianuro de potasio, K ₃ Fe(CN) ₆
Glucosa, C ₆ H ₁₂ O ₆
Hexahidrato de cloruro férrico, FeCl ₃ ·6H ₂ O
Hidróxido de sodio, NaOH, 1N, 6N, 2.5N, Concentrado
Indicador azul negro de eriocromo
Indicador Calmagita C ₁₇ H ₁₄ N ₂ O ₅ S
Indicador de naranja de metilo

Indicador MBTH, (<i>3-methyl, 2-benzothiazolone hydrazone hydrochloride</i>)
Indicador Murexida o purpurato de amonio
Indicador negro de Eriocromo T
Indicador rojo de metilo
Indicador verde de bromocresol
Inhibidor de nitrificación, 2-cloro-6-(triclorometil) piridina
Metacresol indicador púrpura, pH 8,3 indicador
<i>Metil tert-butil éter</i> (MTBE) C ₅ H ₁₂ O
Molibdato de amonio tetrahidratado(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O
n-Hexano, C ₆ H ₁₂ , 95%
Nitrato de aluminio nanohidratado, Al(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O
Nitrato de magnesio, Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O
Nitrato de níquel Hexahidratado, Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O
Nitrato de paladio monohidratado, Pd(NO ₃) ₂ ·H ₂ O
Nitrato de potasio, KNO ₃
Nitrito solución estándar
Óxido nitroso
Patrón absorción atómica solución Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cinc (Zn), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Níquel (Ni), Plata (Ag), Vanadio (V)
Patrón de conductividad o pH
Patrón de Selenio (Se)
Peróxido de hidrógeno, H ₂ O ₂ , 30%
Potasio hidrogenoftalato, estándar
Reactivo de borohidruro,98%
Reactivo de cloruro de magnesio, MgCl ₂ ·6H ₂ O
Sulfato de sodio-cloruro de hidroxilamina
Solución de 4-aminoantipirina
Solución de ácido fuerte
Solución de almidón

Solución de bromato-bromuro (0.1N)
Solución de calcio
Solución de etilendiamina, 3,5%
Solución de fluoruro Standard y Stock
Solución de ftalato ácido de potasio, de aprox. 0,05 N
Ácido glutámico
Solución de hidróxido de amonio, NH ₄ OH, 0.5N, Concentrado
Solución de ion estaño (Sn ₂₊): cloruro de estaño SnCl ₂ , sulfato de estaño SnSO ₄
solución de lantano, o <i>lanthanum oxide</i> , La ₂ O ₃
Permanganato de potasio, KMnO ₅ . 99%
Persulfato de potasio, K ₂ S ₂ O ₈ . 99%
solución de sulfato de Standard, (800mg/l)
Tiosulfato de sodio, 0.1 N, 99.5%
Solución de yodo, 0,1 N
Solución indicadora de color púrpura metacresol, pH 8,3 indicador
Solución stock de ditizona
Solución stock de fosfato, standard, (patrón)
Solución Stock de mercurio, o Standard
Solución stock de nitrato, (1000mg/l)
Solución Stock de plomo (1000mg/l)
Solución Stock LAS
solución tampón de borato
Solución tampón de fosfato
Nitrato de plata Standard <i>titrant</i> , (0,05 N)
Sulfanilamida
Sulfato Aluminio y potasio dodecahidrato, AlK(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O
Sulfato de cobre CuSO ₄
Sulfato de magnesio heptahidratado, MgSO ₄ ·7H ₂ O
Sulfato de plata (Ag ₂ SO ₄), 99.5 %

Sulfato de potasio K_2SO_4
Sulfato de sodio, Na_2SO_4 , <i>granular</i>
Sulfato mercúrico ($HgSO_4$) grado reactivo
Sulfito de sodio, Na_2SO_3
Sulfuro de sodio nonahidratado $Na_2S \cdot 9H_2O$
Yoduro de potasio KI
Indicador mixto para amoniaco

2.3.5. INSTALACIONES

Al momento de analizar las posibles ubicaciones del laboratorio de aguas, se debe tener en cuenta diferentes consideraciones, el laboratorio con el tiempo podría implementar nuevas pruebas, nuevas técnicas de análisis, nuevos equipos, la oferta podría aumentar y requerir más espacio, aumento del personal. De ahí que sea necesario que el diseño de estos espacios de trabajo tenga en consideración todas estas variables para evitar que el laboratorio no se convierta, con el tiempo, en un espacio apretado, con posibles peligros seguridad y que por su ubicación sea compleja una modificación de su espacio. Un adecuado diseño del espacio del laboratorio puede ayudar a que las pruebas realizadas se desarrollen de manera satisfactoria, con mayor eficiencia y calidad.

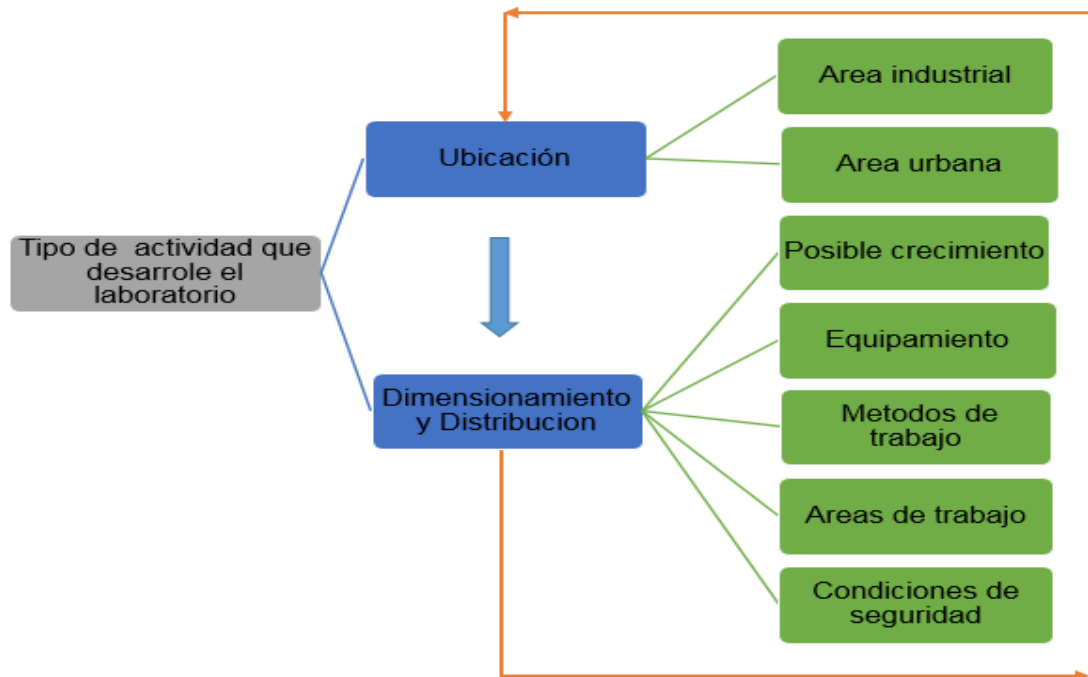
Al momento de diseñar las instalaciones del laboratorio se deben tener claras tres etapas: ubicación, dimensionamiento del laboratorio y distribución de las diferentes áreas de trabajo. De las cuales van sujetas el tipo de actividad que se va a desarrollar en el laboratorio.

La ubicación va a depender de la actividad que vaya a desarrollar el laboratorio, peligrosa, medianamente peligrosa o moderadamente peligrosa, puesto de esto dependerá la ubicación más factible y segura tanto para el laboratorio como para las personas al su alrededor, las ubicaciones podrían ser un área industrial o en un área urbana.

La etapa de dimensionado del laboratorio va seguida de la etapa de distribución de su interior. Para tener claros estos aspectos, hay que saber las dimensiones de los equipos, inmobiliario, lugares de trabajos, almacenamiento de muestras y reactivos, condiciones de seguridad, equipos auxiliares. Y así hacer el diseño más efectivo, seguro y económicos posible.

En la Figura 21 se muestra las etapas y sus criterios de análisis de cada una.

Figura 20. Etapas y criterios de diseños de un laboratorio.



Tomado y modificado de: Rodríguez, Manuel. Cárcel, Francisco. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LABORATORIOS EN LA INDUSTRIA QUIMICA. Publicado 30 de Sept. De 2013.

El diseño de las instalaciones no debe olvidar los requerimientos legislativos y normativos, que rigen en Colombia. Puesto que hay regulaciones de seguridad internas de la seguridad que es opcional y hay regulaciones de seguridad del estado, que son de implementación obligatoria.

3. ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo, se identificaron los posibles proveedores de Equipos, instrumentación y reactivos. los costos promedio de adquirirlos. Y se realizó un estudio análisis de competidores.

3.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES PROVEEDORES

En el mercado existe diferentes empresas que fabrican y distribuyen equipos, instrumentación y reactivos. Cada empresa tiene diferentes características de sus productos y eso podría hacer variar sus precios. Se identificaron a nivel nacional y local algunas empresas que podrían ser posibles proveedoras para el laboratorio de aguas.

En la Tabla 10 se identifican algunas empresas que podrían ser proveedoras de equipos, instrumentación y reactivos.

Tabla 10. Posibles Proveedores

Proveedores				
Empresas	Equipos	Instrumentación	Reactivos	Ciudad
Avántika Colombia S.A.S.				Barranquilla*
Acequilabs Ltda.				Bogotá D.C.
Andia S.A.S.				Bogotá D.C.
Artilab S.A.				Bogotá D.C.*
Blamis Dotaciones Laboratorio S.A.S				Bogotá D.C.
Ciedutec Ltda.				Bogotá D.C.
Dicorlab				Bogotá D.C.
Elementos químicos Ltda.				Bogotá D.C.
Insolab				Bogotá D.C.
kazarcol Ltda.				Bogotá D.C.
Lab. Brands				Bogotá D.C.*
Merck Millipore				Bogotá D.C.
Mundial de Equipos				Bogotá D.C.

Químicos y Reactivos S.A.S, Quimirel				Bogotá D.C.*
Vidcol				Bogotá D.C.
WACOL				Bogotá D.C.*
Disproalquímicos S.A.				Bucaramanga
Multiquímicos				Bucaramanga
Proveoltda SAS				Bucaramanga
Suquin Ltda.				Bucaramanga
Tecnilab Santander				Bucaramanga
Insoltec Ltda.				Girón-Santander
Analytica S.A.S.				Medellín
Equipos y Laboratorio de Colombia S.A.S.				Medellín
Filtración y Análisis				Medellín
Gmp productos Químicos S.A.				Medellín
Kasalab S.A.S				Medellín
Mym Instrumentos Técnicos				Medellín
Terrígeno S.A.				Medellín
TQ Laboratorios				Medellín*

Color verde: la empresa posee el ítem.

* Poseen asesores en Bucaramanga

3.2. COSTOS DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS, INSTRUMENTACION, REACTIVOS Y NORMAS.

Al momento de realizar las cotizaciones (septiembre 2016), el precio promedio del dólar (USD) fue 2.925 pesos Cop. En algunas cotizaciones, los precios dados fueron en dólares y convertidas posteriormente a pesos (Cop).

Para los equipos necesarios que describen las normas, se analiza que características ofrece el mercado y si se ajustan a las necesarias para poder realizar las pruebas. Para ello, las cotizaciones realizadas tenían las características de todos los equipos y las que cumplieran con las características necesarias se utilizaban

para promediar los costos. Igual para instrumentación y reactivos, con la diferencia que los reactivos se analizó sus características y las cantidades ofrecidas.

En la Tabla 11 se muestra el costo aproximado de equipos, instrumentación, reactivos y normas.

Tabla 11. Costo de adquisición total

Adquisición	Costo Promedio (Cop)
Equipos	\$ 235.887.480
Instrumentación	\$ 16.353.963
Reactivos	\$ 34.445.386
Normas	\$ 5.449.275
Total	\$ 292.136.104
Total + IVA	\$ 338.877.881

Cop: Pesos Colombia

Al momento de analizar estos resultados, se debería tener un porcentaje por encima del valor total + IVA, puesto que este valor fue tomado de una muestra de proveedores y con diferente calidad de equipos, y al momento de escoger el equipo puede estar por encima o por debajo del valor promedio total. Las características de equipos consultados seleccionadas frente a las necesidades de las normas usadas

En el ANEXO B, muestra los precios y cantidades ofrecidas por diferentes proveedores para Equipos. ANEXO C, para Instrumentación. ANEXO D, Reactivos y en el ANEXO E precios de las normas.

3.3. ANÁLISIS DE COMPETIDORES

De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), encargado de acreditar y regular los laboratorios de aguas de Colombia. Existen 140 laboratorios acreditados para analizar muestras de aguas (esta lista fue actualizada el 31 de enero del 2016). De los cuales se encuentran laboratorios dirigidos por empresas privadas, Corporaciones Autónomas regionales, acueductos municipales, universidades entre otros.

La mayoría de laboratorios brindan el servicio de análisis de aguas al público, Los costos de estos análisis dependerán de:

- Parámetros a evaluar (en este caso los establecidos por la Resolución 0631 del Minambiente para vertimientos de Aguas proveniente de la actividad de explotación petrolera)
- Muestreo puntual o compuesto
- Lugar donde se vaya a tomar las muestras (si las muestras van a ser tomadas por el laboratorio o si el cliente lleva las muestras hasta las instalaciones del laboratorio).
- Convenio continuo de análisis.
- Tipo de agua a evaluar (a qué tipo de actividad pertenecen)
- Método utilizado.

Se toman algunos laboratorios a nivel nacional y local, con el fin de analizar el costo promedio de realizar los análisis. Con este se identifica el costo adecuado que se podría tener para ser tanto competitivos con otros laboratorios, como rentable.

Para los competidores nacionales, se identificaron 7 ubicados en diferentes ciudades. Se puede evidenciar que no existe un precio estándar a nivel nacional para las pruebas, ni que se utilice solo una norma para el análisis de cada parámetro. De los laboratorios locales (Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta) se

identificaron 16 laboratorios Acreditados, de los cuales se tomaron 4 para realizar el estudio de precios cobrados por análisis.

En el ANEXO F muestra las normas y costos de los laboratorios Nacionales, guardando el nombre de estos por motivos de confidencialidad. En el ANEXO G muestra las normas y costos de los laboratorios Locales.

En la Tabla 12 se muestra el precio promedio de cada parámetro consultado.

Tabla 12. Costos promedio pruebas laboratorios nacionales y locales.

COSTOS PROMEDIO LABORATORIOS		
Parámetros	Precio Promedio,	Precio Promedio,
Generales	Locales	Nacionales
pH	\$ 5.000	\$ 3.889
(DQO)	\$ 43.645	\$ 42.171
(DBO5)	\$ 45.850	\$ 42.200
(SST)	\$ 21.553	\$ 14.365
(SSED)	\$ 14.250	\$ 8.035
Grasas y Aceites	\$ 53.013	\$ 51.465
Fenoles	\$ 55.908	\$ 47.419
(SAAM)	\$ 53.375	\$ 52.499
Hidrocarburos		
(HTP)	\$ 66.550	\$ 66.452
(HAPs)	\$ 273.100	\$ 293.566
BTEX	\$ 273.100	\$ 274.167
(AOX)	\$ 1.125.750	\$ 888.000
Compuestos de Fósforo		
Fósforo Total	\$ 26.317	\$ 25.200
Ortofosfatos	\$ 23.278	\$ 23.606
Compuestos de Nitrógeno		

Nitratos (N-NO ₃ -)	\$ 24.733	\$ 20.963
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	\$ 24.645	\$ 22.391
Nitrógeno Total (N)	\$ 58.213	\$ 40.801
Iones		
Cianuro Total (CN-)	\$ 65.029	\$ 65.443
Cloruros (Cl-)	\$ 19.049	\$ 29.606
Fluoruros (F-)	\$ 35.100	\$ 36.320
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	\$ 19.799	\$ 23.392
Sulfuros (s ²⁻)	\$ 35.145	\$ 24.102
Metales y metaloides		
Arsénicos	\$ 49.780	\$ 51.764
Bario	\$ 38.648	\$ 42.764
Cadmio	\$ 38.398	\$ 39.393
Cinc	\$ 38.690	\$ 36.250
Cobre	\$ 38.398	\$ 36.250
Cromo	\$ 38.398	\$ 36.964
Hierro	\$ 38.190	\$ 36.250
Mercurio	\$ 53.530	\$ 55.821
Níquel	\$ 38.440	\$ 37.393
Plata	\$ 38.940	\$ 36.250
Plomo	\$ 38.690	\$ 39.393
Selenio	\$ 49.780	\$ 53.193
Vanadio	\$ 50.615	\$ 48.335
Otros Parámetros para Análisis y Reporte		
Acidez Total	\$ 13.950	\$ 11.611
Alcalinidad Total	\$ 14.525	\$ 10.672
Dureza Cálcica	\$ 15.535	\$ 19.547
Dureza Total	\$ 15.785	\$ 21.047

Color- Real	\$ 28.388	\$ 25.500
Total	\$ 3.001.075	\$ 2.734.446
Total + IVA	\$ 3.481.247	\$ 3.171.957

**precio en pesos colombianos (Cop).

Este costo, solo incluye el análisis de una muestra de agua puntal. Cuando el laboratorio cuenta con el servicio de muestreo en la zona donde se encuentra el agua a analizar, para los laboratorios locales tiene un costo promedio de \$ 705.000/día de trabajo varía dependiendo del lugar donde se toma y cantidad de muestras. Este precio dado se tomó como si el muestreo fuese hecho en la ciudad de Bucaramanga sus alrededores. Y para los laboratorios nacionales tiene un costo promedio de \$ 885.032/día de trabajo varía dependiendo del lugar donde se toma y cantidad de muestras. Este precio dado se tomó como si el muestreo fuese hecho en la ciudad de Bucaramanga sus alrededores.

4. ANÁLISIS DE FINANCIERO

En el análisis financiero se desarrolló una relación costo-beneficio, describiendo las ventajas que traería el montaje del laboratorio comparado con el precio. Se obtuvieron posibles precios a cobrar por realizar las pruebas y así poder ser competitivos en el mercado.

4.1. RELACION COSTO-BENEFICIO (RCB)

Al momento de analizar la viabilidad del proyecto se debe hacer un estudio completo de la inversión a hacer, comparando con los beneficios que se obtendrían. Para esto en la Tabla 13 se muestra la comparación, entre costos y beneficios.

Tabla 13. Relación costo- Beneficio.

COSTO	BENEFICIO
\$ 324.259.005 con IVA (Incluye equipos, instrumentación, reactivos y normas. Se debe considerar un 20 % de más al momento de analizar el proyecto).	Ampliación de los proyectos de extensión de la Escuela de Ingeniería de Petróleos. Generando nuevos recursos económicos.
	Nuevo campo académico para los estudiantes, puesto podrán realizar análisis fisicoquímico del agua y ensayos de laboratorios allí.
	Centro de estudios de aguas de producción.

4.2. POSIBLES PRECIOS DE PRUEBAS

Al momento de ofrecer el servicio de análisis de aguas, se debe hacer un análisis de los precios de los competidores nacionales y locales; para que puedan ser competitivos y rentables. Para esto en la tabla 14, se dispusieron los posibles precios guías que se podrían cobrar por realizar el análisis del agua (muestra puntual). Para poder dar estos posibles precios se tomaron los siguientes criterios.

- Precios de parámetros acreditados de los competidores locales, se toma este criterio para que los precios ofrecidos, sean competitivos en el mercado.
- Número y/o tipo de pruebas realizadas por cada parámetro, En algunos casos, el análisis de un parámetro se realiza utilizando dos métodos o normas diferentes, esto hace que el resultado sea más preciso, pero también hace que el costo de cada prueba aumente.

Tabla 14. Posibles Precios de pruebas.

POSIBLES PRECIOS DE PRUEBAS CERTIFICADAS	
Parámetros	Posibles precios
Generales	
pH	\$ 5.000
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	\$ 44.860
Demanda Bioquímica de Oxígenos (DBO5)	\$ 45.850
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	\$ 21.553
Sólidos Sedimentables (SSED)	\$ 14.250
Grasas y Aceites	\$ 53.013
Fenoles	\$ 55.908
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	\$ 47.750
Hidrocarburos	
Hidrocarburos Totales (HTP)	\$ 80.000
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	\$ 250.000
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	\$ 200.000

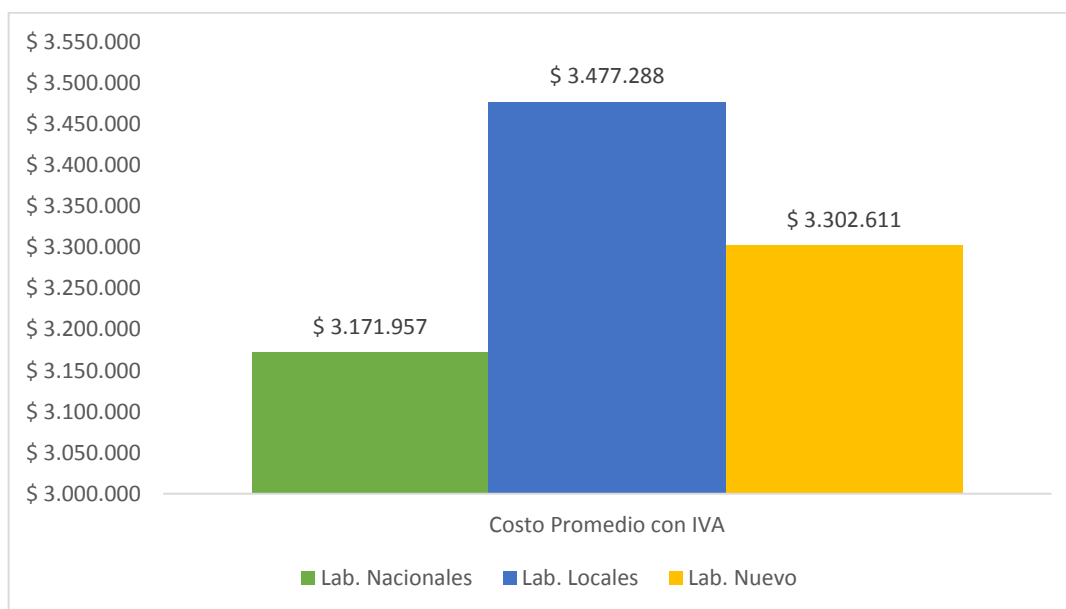
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	\$ 1.150.000
Compuestos de Fósforo	
Fósforo Total (P)	\$ 22.755
Ortofosfatos (P-PO43-)	\$ 20.055
Compuestos de Nitrógeno	
Nitratos (N-NO3-)	\$ 24.733
Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	\$ 18.860
Nitrógeno Total (N)	\$ 44.925
Iones	
Cianuro Total (CN-)	\$ 66.057
Cloruros (Cl-)	\$ 19.049
Fluoruros (F-)	\$ 23.400
Sulfatos (SO42-)	\$ 19.799
Sulfuros (s2-)	\$ 26.000
Metales y metaloides	
Arsénicos (As)	\$ 44.000
Bario (Ba)	\$ 33.795
Cadmio (Cd)	\$ 38.398
Cinc (Zn)	\$ 34.254
Cobre (Cu)	\$ 33.863
Cromo (Cr)	\$ 38.398
Hierro (Fe)	\$ 38.190
Mercurio (Hg)	\$ 48.560
Níquel (Ni)	\$ 34.380
Plata (Ag)	\$ 40.253
Plomo (Pb)	\$ 38.690
Selenio (Se)	\$ 45.000
Vanadio (V)	\$ 44.460
Otros Parámetros para Análisis y Reposte	

Acidez Total	\$ 9.000
Alcalinidad Total	\$ 14.525
Dureza Cálctica	\$ 11.713
Dureza Total	\$ 15.785
Color- Real	\$ 30.000
Total	\$ 2.847.078
Total + IVA	\$ 3.302.611

Estos precios pueden variar dependiendo del tiempo en el que se desee recuperar la inversión realizada, sostenimiento del laboratorio y costos de realizar las pruebas por parte del laboratorio. También si es una muestra compuesta los precios podrían disminuir, si es un cliente frecuente o una subcontratación de servicios de análisis. Los precios pueden variar dependiendo de lo mencionado anteriormente.

En la Figura 22 se puede observar la comparación del precio promedio con IVA de los laboratorios nacionales, locales y el nuevo laboratorio.

Figura 21. Comparación precios promedios pruebas laboratorios nacionales, locales y nuevo.



Los precios de toma de muestras, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Distancia desde las instalaciones del laboratorio, hasta lugar donde se van a tomar las muestras.
- Alquiler de vehículo.
- Pago de la gasolina, peajes y viáticos del personal desplazadas.
- Pago de chofer y técnico (persona capacitada para tomar las muestras y realizar las pruebas que se realizan en campo, pH).
- Toma de muestra puntual o compuesta.

Para todos los casos los cobros varia, por esta razón no se podrá dar un precio posible, pero en promedio los laboratorios locales cobran \$ 705.000 pesos por la toma de muestra puntal y un día de trabajo en campo.

5. CONCLUSIONES

- Se pudo establecer las normas a usar para cada parámetro, dependiendo de qué tipo de agua sea, la prueba puede llegar a cambiar.
- Se identificaron los equipos, instrumentación y reactivos necesarios para realizar los análisis.
- Se determinó un presupuesto aproximado de \$ 338.877.881 Pesos (IVA incluido) que costaría el montaje del laboratorio de aguas (Equipos, Instrumentación, Reactivos y Normas).
- Se estableció el precio promedio que cobran los laboratorios de aguas a nivel nacional y local, para tener una referencia de los posibles precios a cobrar.
- Se determinó la importancia de certificarse con la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005. También la debida capacitación del personal presente en el desarrollo de las actividades, como personal profesional y el personal técnico.
- Se pudo determinar que el laboratorio debería ubicarse en las instalaciones del Parque Tecnológico de Guatiguará-UIS, esta ubicación presenta un avance en infraestructura y en normas de seguridad de laboratorio, ahorrando un porcentaje en la inversión de adecuar las instalaciones.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis financiero del costo de las adecuaciones y mobiliario necesario para montar el laboratorio en un área definida.
- Al momento de realizar el proyecto actualizar las cotizaciones, puesto que con el tiempo estas pueden variar sus precios.

BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631. (17, marzo, 2015). Por el cual establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales. Bogotá D.C. 62.p.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 9 (24 enero 1979). Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Bogotá D.C.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma técnica NTC-ISO/IEC COLOMBIANA 17025. Bogotá D.C. 2005.49.p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Lista de laboratorio ambientales acreditados por el IDEAM. Bogotá D.C. 2016.

JAIMES, Diana. PICO, María. Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y de Producción Evaluando las Diferentes Alternativas Nacionales y Extranjeras- Aplicación Campo Colorado. UIS, 2009

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, Decreto 2811 (18 diciembre 1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá D.C.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, Decreto 1594 (26 junio 1984). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá D.C.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, Decreto 3930 (25 octubre 2010). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá D.C.

PRIETO CASTAÑEDA, Alejandra. GRAJALES GARCÍA, Natalia. Análisis de la normatividad de aplicada al vertimiento de aguas de producción en la explotación de recursos de hidrocarburos en Colombia. UIS. 2012.

RODRÍGUEZ MÉNDEZ, Manuel; CÁRCEL CARRASCO, Francisco. Consideraciones para el diseño de laboratorios en la industria química. Revista 3ciencias. 13.p.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM-5220 D Closed Reflux, Colorimetric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500 H+ B, Electrometric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 2540 D, Total Suspended Solids Dried at 103–105°C. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 5520 D, Soxhlet Extraction Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 5530 B, Cleanup Procedure. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 5530 D, Direct Photometric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 5540 C, Anionic Surfactants as MBAS. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-P E, Ascorbic Acid Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-P D, Stannous Chloride Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-NO₃- B, Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-NH₃ B, Preliminary Distillation Step. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-NH₃ C, Titrimetric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-Norg C, Semi-Micro-Kjeldahl Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-CN– B, Preliminary Treatment of Samples. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-CN– C, Total Cyanide after Distillation. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-CI– B, Iodometric Method I. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-F– C, Ion-Selective Electrode Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-SO4 2– E, Turbidimetric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 4500-S2– F, Iodometric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 3113 B, Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 3030 F, Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 3030 E, Nitric Acid Digestion. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 3112 B, Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 3500-Pb B, Dithizone Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 3114 C, Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 3111 D, Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 2310 B, Titration Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 2320 B, Titration Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 3500-Ca B, EDTA Titrimetric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 2340 C, EDTA Titrimetric Method. Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 2120 C, Spectrophotometric Method Edición 20. Washington, 1999.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. SM 5210 B, 5-Day BOD Test. Edición 20. Washington, 1999.

ANEXOS

ANEXO A. EQUIPOS, REACTIVOS E INSTRUMENTACION UTILIZADA POR PRUEBA.

Durante el desarrollo de esta tabla, se analizaron las normas de **Standard Methods**.

PARÁMETROS	NORMA	REACTIVOS	EQUIPOS	INSTRUMENTACIÓN
Generales				
pH	SM 4500 H+ B	Agua destilada	pH metro (Consta de)	Termómetro
		Patrón de conductividad o pH	Potenciómetro	Vasos de precipitado (Beakers) de 500, 1000 ml
			Electrodo de vidrio	Frasco lavador 1 Lt
			Electrodo de referencia	
			Agitador magnético	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM-5220 D	Agua destilada	Espectrofotómetro, para su uso a 600 nm y / o 420 nm con acceso adaptador de la apertura de la ampolla o 16-, 20-, 25 mm tubos.	Recipientes de digestión: preferentemente tubos de cultivo de borosilicato, de 16 x 100 mm, 20 x 150 mm, o 25 x 150 mm, con tapones de rosca TFE-alineados. Como alternativa, usar ampollas de borosilicato, de 10 ml de capacidad, de 19 a 20 mm de diámetro.
		Dicromato de potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇) 99.5 %	Termoreactor DQO para calentar a 150 °C	Termómetro
		Sulfato mercúrico (HgSO ₄) grado reactivo	Balanza analítica	Microbureta de 5 y 10 ml
		Solución de digestión, 0.0167M ó 0.1 N ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄) concentrado	Agitador magnético	Cronometro
		sulfato de plata (Ag ₂ SO ₄)		Espátula
		ácido sulfúrico Reactivo		Frasco lavador, 1 Lt
		Ácido sulfámico		Peras de succión
		Potasio hidrogenoftalato, estándar		Balón aforado de 100 ml
				Vaso de precipitado 100, 250, 1000 ml
				Celdas de cuarzo de 1 cm de diámetro vidrio de reloj
Demanda Bioquímica de Oxígenos (DBO ₅)	SM-5210 B	Solución tampón de fosfato	Incubadora de aire controlada termostáticamente	Botellas de incubación: botellas de vidrio de 60 ml o mayor capacidad (300 ml botellas con tapón de vidrio esmerilado y una boca acampanada son preferidos)
		Sulfato de magnesio heptahidratado MgSO ₄ ·7H ₂ O	Balanza analítica	Termómetro
		Cloruro de calcio, CaCl ₂		Microbureta de 5 y 10 ml
		Cloruro férrico, FeCl ₃ ·6H ₂ O		Espátula
		Hexahidrato de cloruro férrico, FeCl ₃ ·6H ₂ O		Frasco lavador, 1 Lt
		Hidróxido de sodio, NaOH		Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
		sulfito de sodio, Na ₂ SO ₃		Peras de succión
		Inhibidor de nitrificación, 2-cloro-6-(triclorometil) piridina		Balón aforado de 100 ml
Solución de glucosa-ácido glutámico		Vidrio de reloj, diámetro mínimo de 9 cm		

		Cloruro amónico, NH ₄ Cl		
		Agua destilada		
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	SM 2540 D	Agua destilada Tipo III, agua destilada y desmineralizada.	Desecador	Pipetas de punta ancha
			Estufa para secado hasta 550 °C	Erlenmeyer con tubuladura lateral, 250, 500, 1000 ml
			Balanza analítica, con barra agitadora de teflón	Aparato de filtración con recipiente y disco fritado grueso (40- a 60-µ m) como soporte del filtro.
			Bomba de Vacío	Crisol Gooch, de 25 a 40 mL de capacidad, con su respectivo adaptador.
				Frasco lavador
				Vidrio de reloj, diámetro mínimo de 9 cm
				Espátula
				Filtros circulares de fibra de vidrio
Sólidos Sedimentables (SSED)	SM 2540 F	-----	Cono de Imhoff	Vidrio de reloj, diámetro mínimo de 9 cm
			Estufa para secado 103 a 105 °C	Filtros circulares de fibra de vidrio sin aditivos orgánicos
			bomba de vacío	Pinzas metálicas.
			balanza analítica	Probetas de 25, 100, 500 mL
			Agitador magnético	Pipetas de punta ancha
			Manta de agitación	Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
				Frasco lavador, 1 Lt
Grasas y Aceites	SM 5520 D	Ácido clorhídrico, HCl concentrado	Aparatos de extracción, Sachet, con el frasco de extracción de 125 ml.	Cartucho de extracción, papel, extraídas con disolventes
		n-Hexano, C ₆ H ₁₂	manta de calefacción	Embudo Buchner
		Metil tert-butil éter (MTBE) C ₅ H ₁₂ O	Bomba de vacío	Papel de filtro, de 11 cm de diámetro
			Cabina extractora de vapores orgánicos	Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
			Balanza analítica	pipetas volumétricas de 5 mL
			Rotoevaporador	peras de succión.
			Desecador	Pinzas metálicas
				Discos de muselina
Fenoles	SM 5530 B	Ácido fosfórico, H ₃ PO ₄	Montaje para destilación con condensador Graham	Pinzas
		Indicador de naranja de metilo	pH metro	Soporte universal
		Ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ 1N	Balanza analítica	Ligas para el montaje
		Cloruro de sodio NaCl	Manta de calentamiento	Termómetro
		Cloroformo CHCl ₃	Motobomba para recircular el agua	Espátula
		Cloruro de metileno CH ₂ Cl ₂		Vidrio de reloj
		Hidróxido de sodio NaOH 2.5 N		Balón aforado, 500 y 1000 mL
		Agua destilada		Pipetas volumétricas de 5 mL
				Peras de succión
				Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
				Mangueras
		Frasco lavador, 1 Lt		

	SM 5530 D	Solución tampón de fenol	Espectrofotómetro equipado con células de absorción de proporcionar trayectorias de luz de 1 a 5 cm para su uso en 500 nm.	Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
		Agua destilada	pH metro	matraz Erlenmeyer, 250, 500, 1000 ml
		Solución de bromato-bromuro	Balanza analítica	Peras de succión
		Ácido clorhídrico, HCl concentrado		Pipetas
		Solución de tiosulfato de sodio, Na ₂ S ₂ O ₃ , 0.025 M		celdas de cuarzo de 1 cm de longitud.
		Solución de almidón		Espátula
		Solución de hidróxido de amonio, NH ₄ OH, 0.5N		Vidrio de reloj
		Solución tampón de fosfatos		Embudo Buchner
		solución de 4-aminoantipirina		
		ferrocianuro de potasio, K ₃ Fe(CN) ₆ en solución		
		Cloroformo CHCl ₃		
		Sulfato de sodio anhidro, Na ₂ SO ₄ , granular		
		Yoduro de potasio KI		
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	SM 5540 C	Solución Stock LAS	Espectrofotómetro, para su uso a 652 nm, proporcionando una trayectoria de luz de 1 cm o más de largo	Celdas de cuarzo de 1cm de longitud
		Solución indicadora de fenolftaleína, alcohólico		embudos de separación, de 500 mL
		Hidróxido de sodio, NaOH, 1N.		soporte universal
		Ácido sulfúrico, H ₂ SO ₄ , 1 N y 6 N		pinzas para soporte
		Cloroformo CHCl ₃		vidrio de reloj
		Reactivo de azul de metileno		espátula
		Fosfato de sodio monobásico, NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O		frasco lavador
		Solución de lavado		pipeta de 5 mL peras de succión balón aforado de 100mL
Hidrocarburos				
Hidrocarburos Totales (HTP)	SM 5520 D, F	Subcontratar		
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	EPA 3510C	Subcontratar		
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	EPA 5021 A	Subcontratar		
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	ISO 9562	Subcontratar		

Compuestos de Fósforo				
Fósforo Total (P)	SM 4500-P E	Ácido sulfúrico, H ₂ SO ₄ , 5N	Espectrofotómetro, con célula fotoeléctrica de infrarrojos para su uso a 880 nm, proporcionando una trayectoria de luz de 2,5 cm o más.	Espátula
		Tartrato potásico de antimonio, (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	Opcional. colorímetro LaMotte con lámpara de cuarzo halógeno como fuente de iluminación.	Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
		Ácido ascórbico, 0,1 M		Vidrio de reloj
		Molibdato de amonio tetrahidratado (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O		Pipetas volumétricas de 5 mL
		Agua destilada		Peras de succión
		Solución stock de fosfato		Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
		Solución standard de fosfato		Erlemeyer de 100 y 250 mL
				Frasco lavador
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	SM 4500-P D, "E"	Solución acuosa indicador de fenolftaleína	Espectrofotómetro, para su uso en 400 a 490 nm.	Espátula
		solución de ácido fuerte	Balanza analítica	papel filtro #75
		Amonio reactivo de molibdato I (<i>Ammonium molybdate reagent I</i>) ((NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O)	equipo de filtración	Soporte universal
		Solución standard de fosfato		Pinzas para buretas
		Disolvente de benceno-isobutanol		Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
		Agua destilada		Vidrio de reloj
				Peras de succión
				Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
				Buretas de 25 mL
				Erlemeyer de 100 y 250 mL
				Frasco lavado
		Pipetas volumétricas de 5, 25, 50, 100 mL		
Compuestos de Nitrógeno				
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	SM 4500- NO ₃ ⁻ B	Agua libre de nitrato	Espectrofotómetro, para su uso a 220 nm y 275 nm con células de sílice emparejados de trayectoria de 1 cm o más luz.	Frasco lavador
		Solución stock de nitrato		Pipetas volumétricas de 5, 25, 50, 100 mL
		Cloroformo, CHCl ₃		vidrio de reloj
		Ácido clorhídrico, HCl, 1N		espátula
				Peras de succión,
				Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
				Celdas de sílice de 1 cm de diámetro
		Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml		
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	SM 4500- NH ₃ B	Agua libre de amoniaco	Aparato de destilación: de 800 a 2000 ml de capacidad conectado a un condensador vertical de	Pinzas para montaje de destilación.

			modo que la punta de salida puede estar sumergida por debajo de la superficie de la solución de ácido de recepción.	
		Solución tampón de borato	pH metro	Soporte universal
		Hidróxido de sodio, 6N	Balanza analítica	Ligas para el montaje
		Tiosulfato de sodio (Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O)	Manta de calentamiento	Termómetro
		Hidróxido de sodio, NaOH, 1N	Motobomba para recircular el agua	Espátula
		Ácido sulfúrico, H ₂ SO ₄ , 1N,0.04N		Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
		Ácido bórico H ₃ BO ₃		Vidrio de reloj
		Indicador rojo de metilo		Pipetas volumétricas de 5, 25, 50, 100 mL
		Indicador mixto para amoniaco		Peras de succión
				Mangueras
				Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
				Condensador de borosilicato
				Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
	SM 4500-NH ₃ C	Agua libre de amoniaco	Aparato de destilación: de 800 a 2000 ml de capacidad conectado a un condensador vertical de modo que la punta de salida puede estar sumergida por debajo de la superficie de la solución de ácido de recepción.	Pinzas para montaje de destilación.
		Ácido bórico H ₃ BO ₃	pH metro	Soporte universal
		Indicador rojo de metilo	Balanza analítica	Ligas para el montaje
		Indicador mixto para amoniaco	Manta de calentamiento	Termómetro
		Carbonato de sodio Na ₂ CO ₃	Motobomba para recircular el agua	Espátula
		Ácido sulfúrico, H ₂ SO ₄		Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
				Vidrio de reloj
				Pipetas volumétricas de 5, 25, 50, 100 mL
				Peras de succión
				Mangueras
				Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
				Condensador de borosilicato
			Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml	
Nitrógeno Total (N)	SM 4500-Norg C	Libre de amoniaco	Equipo de digestión kjeldahl	Pinzas para montaje de destilación.
		SM 4500 NH ₃ B	Aparato de destilación	Soporte universal
		Sulfato de potasio K ₂ SO ₄	Electrómetro, Un medidor de pH con la escala de milivoltios ampliado capaz de una resolución de 0,1 mV entre -700 mV y 700 mV o un medidor de iones específicos.	Ligas para el montaje
		Sulfato de cobre CuSO ₄	Electrodo de amoniaco selectivo	Termómetro
		Ácido sulfúrico concentrado H ₂ SO ₄	Espectrofotómetro para su uso a 640 nm con una trayectoria de luz de 1 cm o más.	Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
			Balanza analítica	Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
			vidrio de reloj	

				tubos kjeldahl, 100ml	
				Peras de succión	
			pH metro	frasco lavador	
	SM 4500 NH3 B	Repetir	Repetir	Repetir	
	SM 4500 NH3 C	Repetir	Repetir	Repetir	
Iones					
Cianuro Total (CN-)	SM 4500- CN- B	Indicador MBTH, (3-methyl, 2-benzothiazolone hydrazone hydrochloride)	Montaje de destilación	Pinzas para bureta	
		Ácido sulfámico, H3NSO3	pH metro	Soporte universal	
		Cloruro férrico Hexahidrato, FeCl3·6H2O	Balanza analítica	Ligas para el montaje	
		Solución de etilendiamina, 3,5%	Manta de calentamiento	Termómetro	
		Ácido Sulfúrico, H2SO4	Motobomba para recircular el agua	Espátula	
		Glucosa C6H12O6		Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL	
		Nitrito solución estándar		Vidrio de reloj	
		Carbonato de plomo (II), PbCO3		Pipetas volumétricas de 5, 25, 50, 100 mL	
		EDTA		Peras de succión	
		Agua destilada		Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml	
				Mangueras	
			buretas de 25mL y 50 mL		
			Balón recolector de fondo redondo, 50, 100, 500, 1000 ml		
			Repetir SM 4500-CN- B		
		SM 4500- CN- C	Hidróxido de sodio, NaOH	Montaje de destilación	
			Reactivo de cloruro de magnesio, MgCl2·6H2O	Balanza analítica	
			Ácido Sulfúrico, H2SO4		
	Carbonato de plomo PbCO3, polvo				
	Ácido sulfámico, H3NSO3				
		Agua destilada			
Cloruros (Cl-)	SM 4500- Cl- B	Agua destilada	Balanza analítica	matraz Erlenmeyer 100, 250, 500 ml	
		Standard silver nitrate titrant, 0.0141M (0.0141N)		buretas de 25mL y 50 mL	
		Cloruro de sodio Standard, 0.0141M (0.0141N)		Pinzas para bureta	
		sulfato Aluminio y potasio dodecahidrato, AlK(SO4)2·12H2O		Soporte universal	
		Solución de Hidróxido de amonio, (NH4OH), concentrado		Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL	
		Indicador de fenolftaleína		Vidrio de reloj	
		Hidróxido de sodio, NaOH, 1N.		Pipetas volumétricas de 5, 25, 50, 100 mL	
		Ácido sulfúrico, H2SO4, 1N.		Peras de succión	
		Peróxido de hidrógeno, H2O2, 30%		Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml	

				buretas de 25 mL y 50 mL
				Frasco lavador
Fluoruros (F ⁻)	SM 4500-F-C	Agua destilada	balanza analítica	Electrodos de referencia
		Solución de fluoruro Standard y Stock	pH metro	Electrodo de fluor
		Buffer de fluoruro	Agitador magnético	Frasco lavador
			Manta de agitación	Espátula
				Vidrio de reloj
				Balón aforado de 100 mL
				Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	SM 4500-SO ₄ ²⁻ -E	Cloruro de magnesio, MgCl ₂ ·6H ₂ O	Espectrofotómetro, para su uso a 420 nm, proporcionando una trayectoria de luz de 2,5 a 10 cm	Cronometro
		Acetato de sodio, CH ₃ COONa·3H ₂ O	Opcional(Nephelometer)	Celdas de cuarzo de 1 cm de diámetro
		Nitrato de potasio, KNO ₃	Opcional (fotómetro de filtro, equipado con un filtro violeta que tiene transmitancia máxima alrededor de 420 nm y proporcionar una trayectoria de la luz de 2,5 a 10 cm.)	Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
		Ácido acético, CH ₃ COOH (99%)		Balón aforado de 100, 500 y 1000 mL
		Sulfato de sodio, Na ₂ SO ₄		Pipetas volumétricas de 5, 25, 50, 100 mL
		Agua destilada		Peras de succión
		Cloruro de bario, BaCl ₂ , cristales, del 20 al 30 de malla		Vidrio de reloj
		Solución de sulfato de Standard		
Sulfuros (S ²⁻)	SM 4500-S ₂ ⁻ -F	Ácido clorhídrico, HCl, 6N	Agitador magnético	Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
		Solución de yodo Standard, 0.0250N		matraz Erlenmeyer 100, 250, 500 ml
		Solución de tiosulfato de sodio Standard, 0.0250N		Pipeta de 200 ml
		Solución de almidón		Peras de succión
Metales y metaloides				
Arsénicos (As)	SM 3113 B	Agua libre de metales	Espectrómetro de absorción atómica: con horno de grafito, Sistema de corrección background, fuente, el horno usa Argón para minimizar su oxidación.	Micropipeta (5 a 100 µl)
		Ácido clorhídrico, HCl, 1 + 1 y concentrado	Refrigerador de agua	Balón aforado de 100 mL
		Ácido nítrico, HNO ₃ , 1 + 1 y concentrado		Frasco lavador
		Nitrato de magnesio, Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O		aparato de filtro de membrana
		Nitrato de níquel, Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O		
		Ácido fosfórico, H ₃ PO ₄ , concentrado		
		Nitrato de paladio monohidratado Pd(NO ₃) ₂ ·H ₂ O		
		Ácido cítrico, C ₆ H ₈ O ₇ , al 4%		
		Chelating resin: 100 to 200 mesh#		
		Patrón absorción atómica solución ARSENICO		

Bario (Ba)	SM 3030 F	Ácido nítrico, HNO ₃ , concentrado, grado analítico	Equipo de Baño de vapor	Erlenmeyer de 125 ml
		Ácido clorhídrico, HCl, 1 + 1	Agitador magnético con calentador	Balón aforado de 100 mL
		Ácido nítrico, HNO ₃ , 1 + 1.		Vidrios de reloj
				Embudo
Cadmio (Cd)	SM 3030 F	Repetir	Repetir	Repetir
	SM 3111 B	Aire limpio y seco	Espectrómetro de absorción atómica	Micropipetas de 1 µL
		Agua des ionizada	Cabina extractora de vapores	Balón aforado de 100 mL
		Agua destilada		Frasco lavador
		Acetileno, de grado comercial estándar		Espátula
		Solución de calcio		Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
		Ácido clorhídrico, HCl, 1%, 10%, 20% (todo v / v), 1 + 5, 1 + 1, Concentrado		Puntas para micropipetas
		Solución de lantano, o <i>lanthanum oxide</i> , La ₂ O ₃		Toallas de papel
		Peróxido de hidrógeno, 30%		
		Ácido nítrico, HNO ₃ , 2% (v / v), 1 + 1, y conc.		
		Agua regia		
Patrón absorción atómica solución Cadmio (Cd)				
Cinc (Zn)	SM 3030 F	Repetir	Repetir	Repetir
	SM 3111 B	Patrón absorción atómica solución Cinc (Zn)	Repetir	Repetir
Cobre (Cu)	SM 3030 F	Repetir	Repetir	Repetir
	SM 3111 B	Patrón absorción atómica solución Cobre (Cu)	Repetir	Repetir
Cromo (Cr)	SM 3030 F	Repetir	Repetir	Repetir
	SM 3111 B	Patrón absorción atómica solución Cromo (Cr)	Repetir	Repetir
Hierro (Fe)	SM 3030 E	Ácido nítrico, HNO ₃ conc, grado analítico	Manta de calentamiento	Erlenmeyer de 125 ml
			Centrifugadora	Balón aforado de 100 mL
				Vidrios de reloj
				Micropipetas de 1 µL
				Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
				Pipetas de 5 ml
				Peras de succión
		Tubos para centrifuga de polipropileno #68 de fondo redondo con tapa de 17 x 100 mm		

	SM 3111 B	Repetir Patrón absorción atómica solución Hierro (Fe)	Repetir	Repetir
Mercurio (Hg)	SM 3112 B	Agua desionizada	Espectrómetro de absorción atómica	Balones volumétricos de 250 mL
		Solución Stock de mercurio, o Standard	balanza analítica	Vidrio de reloj
		Ácido nítrico, HNO ₃ conc	cabina de extracción	Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
		Solución de permanganato de potasio, KMnO ₄	Bombas de aire	Tubos de secado 150 mmx1 18 mm de diámetro
		Solución de persulfato de potasio, K ₂ S ₂ O ₈	Amperímetro	Celdas de soporte
		<i>Sodium chloride-hydroxylamine sulfate solution</i>		Tubos plásticos de 2.5 cm de diámetro
		Solución de ion estaño (Sn ²⁺): cloruro de estaño SnCl ₂ , sulfato de estaño SnSO ₄ ácido sulfúrico, H ₂ SO ₄ , conc		Celdas de absorción de cuarzo
Níquel (Ni)	SM 3030 E	ácido nítrico, HNO ₃ conc, grado analítico	Repetir	Repetir
	SM 3111 B	Repetir Patrón absorción atómica solución Níquel (Ni)	Repetir	Repetir
Plata (Ag)	SM 3030 E	Ácido nítrico, HNO ₃ conc, grado analítico	Repetir	Repetir
	SM 3111 B	Repetir Patrón absorción atómica solución Plata (Ag)	Repetir	Repetir
Plomo (Pb)	SM 3500-Pb B	Solución Stock de plomo	Espectrofotómetro para su uso a 510 nm	Embudos de separación de 250 mL
		Ácido nítrico, HNO ₃ , concentrado	pH metro	Pipetas de 5 mL
		Hidróxido de amonio, NH ₄ OH, 1 + 9	Balanza analítica	Peras de succión
		Citrato de cianuro solución reductora		Pinzas para soporte
		solución stock de ditizona		Balón aforado de 100 mL
		Solución de sulfito de sodio, Na ₂ SO ₃		Espátula
		Cloroformo, CHCl ₃		Vidrio de reloj
Solución de yodo		Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml		
Selenio (Se)	SM 3114 C	Ácido clorhídrico, HCl, 5 + 1	Generador continuo de hidruros	Balón aforado de 100 ml
		Reactivo de borohidruro	Separador liquido-gas	Micropipetas de 1 µL
		Patrón Selenio (Se)	Espectrómetro de absorción atómica	Frasco lavador
		Sulfanilamida	Balanza analítica	Espátula
			Cabina de extracción	Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
			Bombas de aire	Puntas para micropipetas
Vanadio (V)	SM 3030 E	Ácido nítrico, HNO ₃ conc, grado analítico	Repetir	Repetir
	SM 3111 D	Aire limpio y seco	Espectrómetro de absorción atómica con lámpara de cátodo hueco, Sistema de corrección background,	Balón aforado de 100 ml

			quemador con llama implementada para atomizar la muestra (premix)	
		Agua des ionizada	Balanza analítica	Micropipetas de 1 µL
		Agua destilada	Cabina de extracción	Frasco lavador
		Acetileno, de grado comercial estándar		Espátula
		Ácido clorhídrico, HCl, 1 N, 1 + 1, y conc		Vasos de precipitado 100, 250, 500, 1000 ml
		Ácido nítrico, HNO3 conc		Puntas para micropipetas
		Ácido sulfúrico, H2SO4, 1% (v / v).		Toallas de papel
		Ácido fluorhídrico, HF, 1N		
		Óxido nítrico, KCl		
		Cloruro potásico, KCl		
		Nitrato de aluminio, Al(NO3)3·9H2O		
		Patrón absorción atómica solución Vanadio (V)		
Otros Parámetros para Análisis y Reporte				
		Agua libre de Dióxido de carbono	Manta de agitación	vasos
		Solución de ftalato ácido de potasio, de aproximadamente 0,05 N	Balanza analítica	Matraz Erlenmeyer 100, 250, 500 ml
		Hidrogenoftalato de potasio, KHC 8H4O4	Agitador magnético	Pipetas volumétricas de 5 y 10 mL
		Standard sodium hydroxide titrant, 0.1N, 0,02 N		Balones volumétricos de 100, 250 mL
		Peróxido de hidrógeno, H2O2, 30%.		Botella poliolefina 1 lt
		Azul de bromofenol indicador, indicador de pH 3,7		Soporte universal
		Solución indicadora de color púrpura metacresol, pH 8,3 indicador		Pinzas para soporte
		Solución indicadora de fenolftaleína, alcohólico, pH 8,3 indicador		
		Tiosulfato de sodio, 0,1 M		
		Solución de carbonato de sodio, aproximadamente 0,05 N	Manta de agitación	Matraz Erlenmeyer 100, 250, 500 ml
		Ácido sulfúrico Standard, 0.1 N, 0.2 N	Balanza analítica	Pipetas volumétricas de 5 y 10 mL
		Indicador verde de bromocresol	Agitador magnético	Balones volumétricos de 100, 250 mL
		Solución mixta de indicador rojo de metil y verde de bromocresol		Botella poliolefina 1 lt
		Metacresol indicador púrpura, pH 8,3 indicador		Soporte universal
		Fenolftaleína, alcohólico, pH 8,3 indicador		Pinzas para soporte
		Tiosulfato de sodio, 0,1 N		

Dureza Cálcica	SM 3500-Ca B	Hidróxido de sodio NaOH, 1N	Manta de agitación	Matraz Erlenmeyer 100, 250, 500 ml
		Indicador Murexida o purpurato de amonio	Balanza analítica	Pipetas volumétricas de 5 y 10 mL
		Cloruro de sodio NaCl		Balones volumétricos de 100, 250 mL
		Indicador azul negro de eriocromo		Botella poliolefina 1 lt
		EDTA 0.01M		Soporte universal
		Agua destilada		Pinzas para soporte
Dureza Total	SM 2340 C	Agua destilada	Manta de agitación	Matraz Erlenmeyer 100, 250, 500 ml
		Cloruro de amonio (NH ₄ Cl)	Balanza analítica	Pipetas volumétricas de 5 y 10 mL
		Hidróxido de amonio (NH ₄ OH)		Balones volumétricos de 100, 250 mL
		EDTA		Botella poliolefina 1 lt
		Sulfato de magnesio heptahidratado (MgSO ₄ ·7H ₂ O)		Soporte universal
		Cloruro de magnesio MgCl ₂ ·6H ₂ O		Pinzas para soporte
		Sulfuro de sodio nonahidratado Na ₂ S·9H ₂ O		
		Indicador negro de Eriocromo T		
		Indicador Calmagita C ₁₇ H ₁₄ N ₂ O ₅ S		
		Carbonato de calcio CaCO ₃		
Ácido clorhídrico HCl 1+1				
Color- Real (Medidas de absorbencia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	SM 2120 C	Ácido sulfúrico concentrado H ₂ SO ₄	Espectrofotómetro Uv-Vis para una longitud de onda de absorción de 400 a 700 nm	Crisol filtrante de disco poroso de vidrio de Gooch
		Hidróxido de sodio NaOH	Bomba de vacío	Soporte de filtro calcinado #8
		Agua destilada	Balanza analítica	Espátula
				Frasco lavador
				Balón aforado de 100 mL
		Celdas de cuarzo de 1cm de diámetro		

ANEXO B. COTIZACIONES DE EQUIPOS DE DIFERENTES PROVEEDORES

Las cotizaciones se realizaron con las características que describen las normas SM. El orden de los proveedores consultados en esta tabla, **NO** es el mismo que el de la **Tabla 10. Posibles Proveedores**.

EQUIPOS	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Proveedor 5	Proveedor 6	Proveedor 7	Proveedor 8	Proveedor 9	Proveedor 10	Proveedor 11	Proveedor 12	Proveedor 13	Promedio
	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio	
pH metro portátil	\$ 2.223.000	\$ 2.964.000				\$ 1.219.500		\$ 1.200.000	\$ 4.537.000		\$ 1.475.600	\$ 2.903.000		\$ 2.360.300
pH metro de mesa		\$ 4.986.000	\$ 1.380.000				\$ 1.800.000				\$ 2.869.600	\$ 3.481.000	\$ 2.016.438	\$ 2.755.506
Agitador magnético, con barra agitadora de teflón y Calentador	\$ 1.230.000	\$ 711.260	\$ 870.000				\$ 1.100.000		\$ 1.737.450				\$ 1.747.945	\$ 1.232.776
Amperímetro				\$ 27.900									\$ 74.657	\$ 51.279
Aparato de destilación: de 800 a 2000 ml de capacidad conectado a un condensador Graham vertical de modo que la punta de salida puede estar sumergida por debajo de la superficie de la solución de ácido de recepción.	\$ 20.580.000		\$ 16.890.000				\$ 13.793.280							\$ 17.087.760
Aparatos de extracción, Soxhlet, con el frasco de extracción de 125 ml.	\$ 23.320.000		\$ 24.366.000											\$ 23.843.000
Balanza analítica	\$ 6.300.000	\$ 5.998.000	\$ 5.028.000	\$ 3.870.000	\$ 5.922.000	\$ 3.307.000	\$ 4.320.000	\$ 3.712.000	\$ 0		\$ 5.776.200	\$ 7.785.000	\$ 3.178.082	\$ 5.017.844
Bomba de Vacío	\$ 2.430.000	\$ 4.500.000	\$ 2.448.000	\$ 1.396.000		\$ 1.161.000	\$ 1.100.000	\$ 3.291.300	\$ 3.200.000		\$ 1.695.750	\$ 2.458.000	\$ 2.410.958	\$ 2.371.910
Bombas de aire							\$ 844.800							\$ 844.800
Cabina extractora de vapores orgánicos	\$ 35.800.000	\$ 21.000.000		\$ 26.500.000				\$ 18.900.000	\$ 0	\$ 15.809.907	\$ 20.477.700	\$ 20.412.000	\$ 27.397.260	\$ 23.287.108
Centrifugadora	\$ 13.735.000		\$ 12.963.000						\$ 20.934.225					\$ 15.877.408
Cono de Imhoff			\$ 104.650	\$ 295.000	\$ 115.000			\$ 102.689	\$ 120.000		\$ 239.190			\$ 162.755
Desecador. 300mm de diámetro		\$ 972.862				\$ 624.000		\$ 750.000			\$ 609.960	\$ 679.000	\$ 641.095	\$ 712.820
Placa para desecador		\$ 177.861	\$ 92.000									\$ 124.000		\$ 131.287
Equipo de digestión kjeldahl	\$ 20.580.000		\$ 16.890.000				\$ 19.087.360							\$ 18.852.453
Equipo de filtración		\$ 1.380.000		\$ 696.000	\$ 877.000	\$ 696.000	\$ 416.000				\$ 493.000	\$ 752.000	\$ 762.739	\$ 759.092
Espectrofotómetro Uv-Vis, uso a 880 nm y / o 220 nm con acceso adaptador de la apertura de la ampolla o 16-, 20-, 25 mm tubos. con	\$ 22.500.000	\$ 14.382.000	\$ 15.200.000			\$ 48.000.000		\$ 26.910.000	\$ 41.750.000	\$ 11.933.000	\$ 23.074.100	\$ 18.490.000	\$ 18.690.410	\$ 24.092.951

células de absorción de proporcionar trayectorias de luz de 1 a 10 cm														
Espectrómetro de absorción atómica: con horno de grafito, Sistema de corrección background, fuente, el horno usa Argón para minimizar su oxidación.							\$ 60.375.040							\$ 60.375.040
Estufa u Horno de secado, diferentes vol. 100-120 Lt	\$ 7.017.000	\$ 5.027.000				\$ 7.877.000	\$ 4.760.000	\$ 5.510.527		\$ 8.103.579		\$ 4.920.000	\$ 8.213.698	\$ 6.428.601
Incubadora de aire controlada termostáticamente, 90 a 173 Lt, -10° a 60°C	\$ 13.300.000		\$ 4.767.000	\$ 5.777.000			\$ 4.942.400	\$ 7.686.900	\$ 17.462.250	\$ 6.847.575	\$ 4.568.750	\$ 13.660.000	\$ 12.558.904	\$ 9.157.078
Manta de calentamiento			\$ 1.320.000		\$ 1.045.000	\$ 580.000	\$ 1.553.600	\$ 2.276.000				\$ 2.466.000		\$ 1.540.100
Motobomba para recircular el agua											\$ 3.145.000		\$ 2.136.986	\$ 2.640.993
Rotoevaporador		\$ 14.658.000	\$ 12.100.000	\$ 9.800.000		\$ 9.800.000		\$ 16.249.000	\$ 11.518.650		\$ 15.891.600	\$ 10.611.000	\$ 10.739.726	\$ 12.374.220
Termoreactor DQO para calentar a 150 °C	\$ 2.770.000	\$ 3.450.000	\$ 1.911.000	\$ 4.000.000		\$ 7.340.000	\$ 3.550.838	\$ 6.206.850	\$ 4.106.700		\$ 2.391.050	\$ 3.727.000	\$ 2.569.863	\$ 3.820.300
Termómetro Digital									\$ 110.100					\$ 110.100
Color verde: Equipos cotizados en dólares y convertidos a Cop con la tasa de cambio promedio de septiembre 2016.													TOTAL	\$235.887.480
													TOTAL + IVA	\$273.629.477

ANEXO C. COTIZACIONES DE INSTRUMENTACIÓN DE DIFERENTES PROVEEDORES

Las cotizaciones se realizaron con las características que describen las normas SM. El orden de los proveedores consultados en esta tabla, **NO** es el mismo que el de la **Tabla 10. Posibles Proveedores**.

INSTRUMENTACIÓN	Proveedor 1, (c/u)	Proveedor 2, (c/u)	Proveedor 3, (c/u)	Proveedor 4, (c/u)	Proveedor 5, (c/u)	Proveedor 6, (c/u)	Proveedor 7, (c/u)	Promedio unidad	Cantidad	Costo promedio Total
Micropipeta (1 a 100 µl)	\$ 375.445	\$ 800.768		\$ 816.000	\$ 983.000	\$ 395.000		\$ 674.043	1	\$ 674.043
Varilla agitadora de vidrio 7*250 mm	\$ 1.615	\$ 4.500	\$ 1.600	\$ 1.600	\$ 2.700	\$ 2.500		\$ 2.419	2	\$ 4.838
Aparato de filtración con recipiente y disco fritado grueso (40- a 60-µ m) como soporte del filtro.			\$ 1.012.400	\$ 856.650				\$ 934.525	1	\$ 934.525
Aparato de filtro de membrana				\$ 296.400				\$ 296.400	2	\$ 592.800
Argolla Metálica de Laboratorio 80 mm			\$ 18.900		\$ 19.450		\$ 26.000	\$ 21.450	4	\$ 85.800
Balón aforado clase A de 100 ml	\$ 49.300		\$ 46.700		\$ 44.100	\$ 41.500	\$ 29.000	\$ 42.120	6	\$ 252.720
Balón aforado clase A de 250 ml	\$ 58.650		\$ 66.100		\$ 56.700	\$ 44.500	\$ 33.000	\$ 51.790	6	\$ 310.740
Balón aforado clase A de 500 ml	\$ 68.850		\$ 75.100		\$ 75.950	\$ 56.000	\$ 41.000	\$ 63.380	6	\$ 380.280
Balón aforado clase A de 1000 ml	\$ 113.050	\$ 118.700	\$ 154.300		\$ 108.300	\$ 81.000	\$ 57.000	\$ 105.392	6	\$ 632.350
Balón recolector de fondo redondo 100 ml					\$ 21.050			\$ 21.050	2	\$ 42.100
Balón recolector de fondo redondo, 500 ml				\$ 18.240	\$ 38.400			\$ 28.320	2	\$ 56.640
Barra magnética 20 X 6 mm teflón	\$ 6.545	\$ 5.160					\$ 6.000	\$ 5.902	2	\$ 11.803
Barra magnética 25 X 6 mm teflón	\$ 7.225			\$ 7.754		\$ 6.300		\$ 7.093	2	\$ 14.186
Barra magnética 30 X 7 mm teflón	\$ 8.330	\$ 6.650	\$ 11.900				\$ 7.800	\$ 8.670	2	\$ 17.340
Barra magnética 40 X 8 mm teflón	\$ 9.265							\$ 9.265	2	\$ 18.530
Botellas de incubación: botellas de vidrio de 60 ml o mayor capacidad (300 ml botellas con tapón de vidrio esmerilado y una boca acampanada son preferidos)	\$ 60.350							\$ 60.350	6	\$ 362.100
Bureta Clase A, llave Teflón 25 ml	\$ 195.500		\$ 145.750		\$ 129.800	\$ 170.000	\$ 201.000	\$ 168.410	4	\$ 673.640
Bureta Clase A, llave Teflón 50 ml	\$ 195.500		\$ 118.950		\$ 129.800	\$ 170.000	\$ 201.000	\$ 163.050	4	\$ 652.200
Cartucho de extracción SOXHLET 33 X 80 mm	\$ 337.875			\$ 307.700		\$ 257.000		\$ 300.858	1	\$ 300.858
Celdas de cuarzo de 1 cm de diámetro	\$ 316.880	\$ 321.000	\$ 254.500	\$ 336.000	\$ 220.400	\$ 175.000	\$ 140.000	\$ 251.969	3	\$ 755.906
Condensador de borosilicato				\$ 72.650	\$ 74.600			\$ 73.625	1	\$ 73.625
Crisol filtrante 24 ml	\$ 24.650		\$ 32.000					\$ 28.325	2	\$ 56.650
Crisol filtrante 50 ml	\$ 35.615					\$ 17.000		\$ 26.308	2	\$ 52.615
Crisol Gooch, de 25 ml	\$ 35.700		\$ 34.900		\$ 70.500	\$ 56.000		\$ 49.275	2	\$ 98.550
Crisol Gooch, 35 ml	\$ 53.550							\$ 53.550	2	\$ 107.100
Crisol Gooch, 40 ml			\$ 75.100		\$ 76.800	\$ 61.000		\$ 70.967	1	\$ 70.967
Doble Nuez en aluminio	\$ 22.610	\$ 12.600	\$ 29.100	\$ 24.000				\$ 22.078	6	\$ 132.465
Embudo Buchner porcelana 90 ml	83.300					\$ 15.400		\$ 49.350	2	\$ 98.700
Embudo Buchner porcelana 110 ml	96.900	\$ 140.000	\$ 90.200		\$ 78.200	\$ 98.000		\$ 100.660	1	\$ 100.660

Embudo de decantación llave 500 ml	\$ 203.150		\$ 261.800				\$ 207.000	\$ 223.983	2	\$ 447.967
Embudo de decantación llave 2000 ml	\$ 272.935		\$ 429.100	\$ 363.100	\$ 372.000	\$ 295.000	\$ 457.000	\$ 364.856	3	\$ 1.094.568
Embudo de vidrio, vástago largo de 70 mm diámetro	\$ 18.700	\$ 16.650		\$ 11.520	\$ 17.600			\$ 16.118	2	\$ 32.235
Embudo de vidrio, vástago largo de 100 mm diámetro	\$ 25.500				\$ 32.300		\$ 40.700	\$ 32.833	2	\$ 65.667
Embudo de vidrio, vástago largo de 120 mm diámetro	\$ 0		\$ 33.300					\$ 33.300	1	\$ 33.300
Erlenmeyer con tubuladura lateral, 250 ml	\$ 62.050			\$ 17.700	\$ 62.100			\$ 47.283	2	\$ 94.567
Erlenmeyer con tubuladura lateral, 500ml	\$ 70.550	\$ 66.490	\$ 92.900		\$ 80.500			\$ 77.610	2	\$ 155.220
Erlenmeyer con tubuladura lateral 1000 ml	\$ 91.800	\$ 77.700			\$ 102.000			\$ 90.500	2	\$ 181.000
Erlenmeyer con tubuladura lateral 2000 ml	\$ 108.800							\$ 108.800	1	\$ 108.800
Escobillones (varios para diferentes tipos)	\$ 33.150		\$ 81.500		\$ 70.500	\$ 32.000		\$ 54.288	1	\$ 54.288
Espátula	\$ 38.250	\$ 37.000	\$ 16.000	\$ 11.520	\$ 9.800	\$ 12.000	\$ 8.000	\$ 18.939	4	\$ 75.754
Filtros circulares de fibra de vidrio de 90 mm, x 100	\$ 435.200	\$ 0	\$ 328.900	\$ 338.500			\$ 283.900	\$ 346.625	1	\$ 346.625
Frasco lavador 1 lt	\$ 21.250	\$ 12.770			\$ 18.600	\$ 14.300	\$ 13.300	\$ 16.044	3	\$ 48.132
Mangueras de laboratorio 15 m	\$ 178.500							\$ 178.500	1	\$ 178.500
matraz Erlenmeyer, 100 ml	\$ 8.500	\$ 6.090	\$ 11.500	\$ 4.160		\$ 9.500	\$ 10.250	\$ 8.333	4	\$ 33.333
matraz Erlenmeyer,250 ml	\$ 9.350	\$ 6.840	\$ 11.100	\$ 10.831		\$ 10.000	\$ 10.750	\$ 9.812	4	\$ 39.247
matraz Erlenmeyer, 500 ml	\$ 11.900	\$ 8.130	\$ 16.000	\$ 14.277		\$ 12.500	\$ 13.400	\$ 12.701	4	\$ 50.805
matraz Erlenmeyer 1000 ml	\$ 17.000	\$ 13.180	\$ 21.800	\$ 14.880		\$ 19.000	\$ 20.750	\$ 17.768	4	\$ 71.073
Mechero Bunsen con regulador	\$ 64.175	\$ 42.000	\$ 58.200	\$ 60.240	\$ 53.700	\$ 40.000		\$ 53.053	3	\$ 159.158
Mortero en porcelana 50 ml	\$ 51.000							\$ 51.000	2	\$ 102.000
Mortero en porcelana 160 ml	\$ 55.250		\$ 71.300					\$ 63.275	2	\$ 126.550
Mortero en porcelana 325 ml	\$ 101.150							\$ 101.150	1	\$ 101.150
Papel de filtro, de 11 cm de diámetro, x 100	\$ 78.200	\$ 22.000		\$ 114.500		\$ 19.500	\$ 25.240	\$ 51.888	1	\$ 51.888
Papel indicador de pH 1-13, x 100	\$ 44.000	\$ 48.000	\$ 109.700	\$ 50.500			\$ 36.400	\$ 57.720	1	\$ 57.720
Peras de succión	\$ 22.950	\$ 21.140	\$ 21.500	\$ 22.200	\$ 23.700	\$ 19.000	\$ 19.900	\$ 21.484	4	\$ 85.937
Pinzas para bureta	\$ 125.460	\$ 33.000	\$ 125.100	\$ 28.800	\$ 23.700	\$ 21.500	\$ 43.200	\$ 57.251	1	\$ 57.251
Pinzas para crisoles	\$ 38.250	\$ 16.000			\$ 50.400			\$ 34.883	1	\$ 34.883
Pinzas Erlenmeyer	\$ 92.650			\$ 29.040				\$ 60.845	1	\$ 60.845
Pinzas para vaso	\$ 60.350							\$ 60.350	1	\$ 60.350
pinzas para soporte	\$ 0		\$ 65.500			\$ 21.500		\$ 43.500	3	\$ 130.500
Pipeta graduada A de 5 mL	\$ 10.115				\$ 10.850			\$ 10.483	3	\$ 31.448
Pipeta graduada A de 10 mL	\$ 11.815				\$ 11.200			\$ 11.508	3	\$ 34.523
Pipeta graduada A de 20 mL	\$ 14.620				\$ 20.412			\$ 17.516	3	\$ 52.548
Probeta graduada, forma alta vidrio,25 mL	\$ 28.050	\$ 24.476	\$ 27.100		\$ 30.250	\$ 22.500	\$ 21.900	\$ 25.713	2	\$ 51.425
Probeta graduada, forma alta, vidrio, 50 mL	\$ 28.900	\$ 27.666	\$ 36.400		\$ 31.500	\$ 23.500	\$ 23.050	\$ 28.503	2	\$ 57.005
Probeta graduada, forma alta, vidrio, 100 mL	\$ 30.600	\$ 29.000	\$ 37.700		\$ 32.600	\$ 24.500	\$ 24.000	\$ 29.733	2	\$ 59.467
Probeta graduada, forma alta, vidrio, 500 mL	\$ 96.050	\$ 95.700	\$ 56.300		\$ 83.800	\$ 50.000	\$ 46.100	\$ 71.325	2	\$ 142.650
Probeta graduada, forma alta, vidrio, 1000 mL	\$ 131.750	\$ 133.980			\$ 199.700	\$ 75.500	\$ 98.000	\$ 127.786	2	\$ 255.572
Puntas para micropipetas	\$ 26.775				\$ 32.760	\$ 26.000		\$ 28.512	1	\$ 28.512

Recipientes de digestión: preferentemente tubos de cultivo de borosilicato, de 16 x 100 mm, 20 x 150 mm, o 25 x 150 mm, con tapones de rosca TFE-alineados. Como alternativa, usar ampollas de borosilicato, de 10 ml de capacidad, de 19 a 20 mm de diámetro.			\$ 46.500					\$ 46.500	1	\$ 46.500
Soporte universal de 70 cm	\$ 33.150	\$ 40.000		\$ 29.280	\$ 29.200	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 37.272	5	\$ 186.358
Termómetro, -10°C a 100°C	\$ 38.250	\$ 41.950		\$ 9.800	\$ 19.500	\$ 12.500	\$ 25.200	\$ 24.533	2	\$ 49.067
Termómetro, -10° C a 200°C	\$ 44.200	\$ 51.100	\$ 18.500					\$ 37.933	2	\$ 75.867
Toallas de papel X 150				\$ 28.350				\$ 28.350	1	\$ 28.350
KJELDAHL: Colector de vapores ácidos, de 6 huecos, vidriería de 6 puestos, balón de 100 ml: condensador recto. Alargadera, trampa con puente, conexión múltiple y embudo de goteo	\$ 2.082.500							\$ 2.082.500	1	\$ 2.082.500
Tubos de secado 150 mmx118 mm de diámetro	\$ 1.870		\$ 2.800					\$ 2.335	12	\$ 28.020
Gradilla de 2 cm diámetro	\$ 0	\$ 28.890	\$ 45.100	\$ 18.480	\$ 40.200	\$ 29.900		\$ 32.514	3	\$ 97.542
Tubos para centrifuga de polipropileno #68 de fondo redondo con tapa de 17 x 100 mm	\$ 170.000							\$ 170.000	6	\$ 1.020.000
Tubos plásticos de 2.5 cm de diámetro 100 unid	\$ 76.925							\$ 76.925	1	\$ 76.925
Vasos de precipitado, forma baja, 100ml	\$ 7.905	\$ 6.100	\$ 12.300	\$ 2.280	\$ 8.900	\$ 8.500	\$ 8.270	\$ 7.751	5	\$ 38.754
Vasos de precipitado, forma baja, de 250 ml	\$ 8.160	\$ 7.492	\$ 13.600	\$ 8.400	\$ 9.200	\$ 8.500	\$ 9.200	\$ 9.222	5	\$ 46.109
Vasos de precipitado, forma baja, 600 ml	\$ 10.795	\$ 10.545	\$ 20.700	\$ 11.100	\$ 11.500	\$ 11.500	\$ 18.650	\$ 13.541	5	\$ 67.707
Vasos de precipitado, forma baja, 1000 ml	\$ 16.150	\$ 16.370	\$ 34.900	\$ 24.400	\$ 17.600	\$ 17.500	\$ 19.350	\$ 20.896	3	\$ 62.687
Vidrio de reloj, diámetro mínimo de 10 cm	\$ 3.910	\$ 4.100	\$ 9.800	\$ 1.840	\$ 4.900	\$ 3.900	\$ 7.000	\$ 5.064	6	\$ 30.386
									TOTAL	\$ 16.353.963
									TOTAL + IVA	\$ 18.970.597

ANEXO D. COTIZACIONES DE REACTIVOS DE DIFERENTES PROVEEDORES

Las cotizaciones se realizaron con las características que describen las normas SM. El orden de los proveedores consultados en esta tabla, **NO** es el mismo que el de la **Tabla 10. Posibles Proveedores**.

QUIMICOS	cantidad	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Proveedor 5	Promedio
Acetato de sodio, CH ₃ COONa·3H ₂ O	1 kg	\$ 100.000	\$ 92.000	\$ 133.000	106.400	\$ 168.000	\$ 119.880
Ácido acético, CH ₃ COOH (99%)	2.5 Lt	\$ 86.400		175.000	140.000	\$ 221.000	\$ 155.600
Ácido ascórbico, C ₆ H ₈ O ₆	500 g	\$ 305.400				\$ 439.000	\$ 372.200
Ácido bórico H ₃ BO ₃	1 kg	\$ 135.300		209.000	167.200	\$ 279.000	\$ 197.625
Ácido cítrico, C ₆ H ₈ O ₇	500 g			259.000	126.400	\$ 212.000	\$ 199.133
Ácido clorhídrico, HCl, 1N	1 Lt				61.600	\$ 98.000	\$ 79.800
Ácido clorhídrico, HCl, concentrado, 30%	1 Lt					\$ 462.000	\$ 462.000
Ácido fluorhídrico, HF, 1N	1lt 40 %				157.600	\$ 321.000	\$ 239.300
Ácido fosfórico, H ₃ PO ₄ , concentrado, 85%	1 Lt	\$ 89.300		289.000	231.200	\$ 394.000	\$ 250.875
Ácido glutámico	500 g		\$ 292.050		398.400	\$ 0	\$ 345.225
Ácido nítrico, HNO ₃ , 64.5-66.5%	1 Lt	\$ 97.100		154.000	123.200	\$ 251.000	\$ 156.325
Ácido sulfámico, H ₃ NSO ₃ , 99%	100 g					\$ 193.000	\$ 193.000
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄) concentrado, 98%	1 Lt	\$ 70.500			74.400	\$ 165.000	\$ 103.300
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄),0.1N	1 Lt				55.200	\$ 90.000	\$ 72.600
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄),1N	1 Lt				60.800	\$ 100.000	\$ 80.400
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄),5N	1 Lt					\$ 140.000	\$ 140.000
Agua desionizada	10 Lt	\$ 50.000					\$ 50.000
Agua destilada	20 Lt	\$ 85.600					\$ 85.600
Azul de bromofenol indicador, indicador de pH 3,7	5 g			180.000	144.000	\$ 259.000	\$ 194.333
Azul de metileno	25 g	\$ 278.800	\$ 86.400	230.000	184.000	\$ 298.000	\$ 215.440
Benceno	1 Lt			166400	\$ 208.000	\$ 346.000	\$ 240.133
Buffer de fluoruro	500 ml					\$ 193.000	\$ 193.000
Carbonato de calcio, CaCO ₃	500g	\$ 163.300		245.000	196.000	\$ 800.000	\$ 351.075
Carbonato de plomo (II), PbCO ₃	250 g					\$ 434.000	\$ 434.000
Carbonato de sodio Na ₂ CO ₃	1 kg	\$ 192.800			122.400	\$ 196.000	\$ 170.400
Cloroformo CHCl ₃ , 99.8%	1 Lt	\$ 104.200			90.400	\$ 196.000	\$ 130.200
Cloruro de amonio, NH ₄ Cl	1 kg	\$ 103.000		192.000	153.600	\$ 267.000	\$ 178.900
Cloruro de bario, BaCl ₂ , cristales, del 20 al 30 de malla	1 kg	\$ 305.100		257.000	205.600	\$ 338.000	\$ 276.425
Cloruro de calcio, CaCl ₂	1 kg		\$ 136.800		280.000	\$ 609.000	\$ 341.933
Cloruro de metileno CH ₂ Cl ₂	1 Lt	\$ 103.000		107.000	85.600	\$ 122.000	\$ 104.400
Cloruro de sodio NaCl	1 kg	\$ 42.300		69.000	55.200		\$ 55.500
Cloruro de sodio Standard,0.0141M (0.0141N)	100 g				248.000		\$ 248.000
cloruro potásico, KCl, 99%	1 kg	\$ 174.900	\$ 60.140	108.000	86.400	\$ 141.000	\$ 114.088
Dicromato de potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇) 99.5 %	500 g	\$ 676.800	\$ 75.750	325.000	384.000	\$ 446.000	\$ 381.510
EDTA, concentrado	500 ml	\$ 369.300				\$ 249.126	\$ 309.213
EDTA, concentrado	4 Lt	\$ 1.382.100					\$ 1.382.100
EDTA, concentrado, 0.1 M	1 Lt				57.600		\$ 57.600
fenolftaleína, alcohólico, pH 8,3 indicador	500 g			487.000	389.600	\$ 630.000	\$ 502.200

ferrocianuro de potasio, $K_3Fe(CN)_6$	500 g	\$ 203.400	\$ 234.500	458.000	366.400		\$ 315.575
Glucosa, $C_6H_{12}O_6$	500 g	\$ 84.300	\$ 57.000	99.000	79.200		\$ 79.875
Hexahidrato de cloruro férrico, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$	1 kg			491.000	392.800	\$ 671.000	\$ 518.267
Hidróxido de sodio, NaOH, 1N	1 Lt				48.000	\$ 71.000	\$ 59.500
Hidróxido de sodio, NaOH, 2.5N	1 Lt	\$ 76.300					\$ 76.300
Hidróxido de sodio, NaOH, 6N	1 Lt	\$ 71.500					\$ 71.500
Hidróxido de sodio, NaOH, Concentrado	1 kg	\$ 64.600	\$ 45.080		64.800	\$ 102.000	\$ 69.120
Indicador azul negro de eriocromo	100 g	\$ 585.300		446.000			\$ 515.650
Indicador Calmagita $C_{17}H_{14}N_2O_5S$	5 g				237.600		\$ 237.600
Indicador de naranja de metilo	25 g		\$ 81.000	297.000	237.600	\$ 404.000	\$ 254.900
Indicador MBTH, (3-methyl, 2-benzothiazolone hydrazone hydrochloride)	4 lt	\$ 782.700					\$ 782.700
Indicador mixto para amoniaco	250 ml					\$ 454.000	\$ 454.000
Indicador Murexida o purpurato de amonio	5 gr		\$ 174.900			\$ 481.000	\$ 327.950
Indicador negro de Eriocromo T	100 g			446.000	356.800	\$ 634.000	\$ 478.933
Indicador rojo de metilo	100 g			819.000	655.200	\$ 1.230.000	\$ 901.400
Indicador verde de bromocresol	5 g	\$ 485.200	\$ 726.000	498.000	398.400	\$ 825.000	\$ 586.520
Isobutano	1 Lt			164800	\$ 206.000	\$ 259.000	\$ 209.933
Metacresol indicador púrpura, pH 8,3 indicador	5 g					\$ 531.000	\$ 531.000
Metil tert-butil éter (MTBE) $C_5H_{12}O$	1 Lt					\$ 691.000	\$ 691.000
Molibdato de amonio tetrahidratado $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	500 g	\$ 558.800	\$ 522.600	897.000	717.600	\$ 0	\$ 674.000
n-Hexano, C_6H_{12} , 95%	2,5 Lt				237.600	\$ 293.000	\$ 265.300
Nitrato de aluminio nanohidratado, $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	500 g			379.000	303.200	\$ 482.000	\$ 388.067
Nitrato de magnesio, $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	500 g			235.000	188.000	\$ 294.000	\$ 239.000
Nitrato de níquel Hexahidratado, $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	500 g			570.000	456.000	\$ 0	\$ 513.000
Nitrato de plata Standard <i>titrant</i> , (0,05 N)	1 Lt					\$ 695.000	\$ 695.000
Nitrato de potasio, KNO_3	500 g			197.000	157.600	\$ 247.000	\$ 200.533
Nitrito solución estándar	500 ml			298.000	238.400	\$ 0	\$ 268.200
Patrón absorción atómica solución ARSENICO	250 ml			130.000	104.000		\$ 117.000
Patrón absorción atómica solución Cadmio (Cd)	500 ml			170.000	136.000		\$ 153.000
Patrón absorción atómica solución Cinc (Zn)	500 ml			170.000	136.000		\$ 153.000
Patrón absorción atómica solución Cobre (Cu)	500 ml			170.000	136.000		\$ 153.000
Patrón absorción atómica solución Cromo (Cr)	500 ml			170.000	136.000		\$ 153.000
Patrón absorción atómica solución Hierro (Fe)	500 ml			170.000	136.000		\$ 153.000
Patrón absorción atómica solución Níquel (Ni)	500 ml			170.000	136.000		\$ 153.000
Patrón absorción atómica solución Plata (Ag)	100 ml			75.000	60.000		\$ 67.500
Patrón absorción atómica solución Vanadio (V)	100 ml			177.000	141.600		\$ 159.300
Patrón de conductividad o pH	250 ml			\$ 300.000	\$ 300.000,00		\$ 300.000
Patrón de Selenio (Se)	100 ml			580.000	464.000	\$ 786.000	\$ 610.000
Permanganato de potasio, $KMnO_5$, 99%	500 g	\$ 320.700			316.000	\$ 0	\$ 318.350
Peróxido de hidrógeno, H_2O_2 , 30%	500 ml	\$ 270.000				\$ 279.000	\$ 274.500
Persulfato de potasio, $K_2S_2O_8$, 99%	500 g	\$ 123.200		249.000	199.200	\$ 271.000	\$ 210.600
Potasio hidrogenoftalato, estándar	100 g			198.000	158.400	\$ 0	\$ 178.200
Reactivo de borohidruro, 98%	100 g			755.000	604.000		\$ 679.500
Reactivo de cloruro de magnesio, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	1 kg	\$ 107.900	\$ 139.200	270.000	216.000	\$ 375.000	\$ 221.620
Solución de 4-aminoantipirina	100 g			405.000	324.000		\$ 364.500
Solución de ácido fuerte	500 ml					\$ 264.000	\$ 264.000

Solución de almidón	500 g			295.000	236.000		\$ 265.500
Solución de bromato-bromuro (0.1N)	1000 ml					\$ 268.000	\$ 268.000
Solución de calcio	100 ml			580.000	464.000		\$ 522.000
Solución de etilendiamina, 3,5%	1 Lt, 99%			260.000	208.000	\$ 327.000	\$ 265.000
Solución de fluoruro Standard y Stock	500 ml					\$ 295.000	\$ 295.000
solución de ftalato ácido de potasio, de aprox. 0,05 N	100 g			198.000	158.400	\$ 0	\$ 178.200
Solución de ion estaño (Sn2+): cloruro de estaño SnCl ₂ , sulfato de estaño SnSO ₄	100 ml			580.000	464.000	\$ 142.000	\$ 395.333
Solución de lantano, o <i>lanthanum oxide</i> , La ₂ O ₃	100 g			515.000	412.000	\$ 610.000	\$ 512.333
Solución de sulfato de Standard, (800mg/l)	100 ml					\$ 190.000	\$ 190.000
Solución de yodo, 0,1 N	1 Lt			148.000	118.400	\$ 192.000	\$ 152.800
Solución indicadora de color púrpura metacresol, pH 8,3 indicador	5 gr			188.000		\$ 531.000	\$ 359.500
Solución stock de ditizona	5 g			365.000	292.000	\$ 461.000	\$ 372.667
Solución stock de fosfato, standard, (patrón)	500 ml					\$ 295.000	\$ 295.000
Solución Stock de mercurio, o Standard	500 ml					\$ 295.000	\$ 295.000
Solución stock de nitrato, (1000mg/l)	500 ml					\$ 278.000	\$ 278.000
Solución Stock de plomo (1000mg/l)	500 ml					\$ 248.000	\$ 248.000
Solución tampón de borato	1 Lt					\$ 102.000	\$ 102.000
Solución tampón de fosfato	1 Lt					\$ 98.000	\$ 98.000
Sulfanilamida	1 Lt				268.000		\$ 268.000
sulfato Aluminio y potasio dodecahidrato, AlK(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	1 kg			328.000		\$ 431.000	\$ 379.500
Sulfato de cobre CuSO ₄	1 Lt					\$ 231.000	\$ 231.000
Sulfato de magnesio heptahidratado MgSO ₄ ·7H ₂ O	250 g			278.000	222.400	\$ 362.000	\$ 287.467
Sulfato de plata (Ag ₂ SO ₄), 99.5 %	500 g	\$ 387.100		175.000	140.000	\$ 229.000	\$ 232.775
Sulfato de potasio K ₂ SO ₄	100 g	\$ 1.659.600		1.870.000	1.496.000	\$ 2.587.000	\$ 1.903.150
Sulfato de sodio, Na ₂ SO ₄ , <i>granular</i>	1 kg		\$ 109.200	258.000	206.400	\$ 334.000	\$ 226.900
Sulfato mercúrico (HgSO ₄) grado reactivo	1 kg		\$ 54.600	140.000	112.000	\$ 0	\$ 102.200
Sulfito de sodio, Na ₂ SO ₃	100 g			718.000	574.400	\$ 1.056.000	\$ 782.800
Sulfuro de sodio nonahidratado Na ₂ S·9H ₂ O	1 kg	\$ 131.300	\$ 58.200	122.000	97.600	\$ 140.000	\$ 109.820
Tiosulfato de sodio 99.5%	1 kg	\$ 173.800					\$ 173.800
Tiosulfato de sodio, 0.1 N	1 Lt			79.000	63.200	\$ 100.000	\$ 80.733
Yoduro de potasio KI	500 g			497.000	110.400		\$ 303.700

El color naranja fueron químicos que no se encontraron.

Total	\$ 34.445.386
Total + IVA	\$ 39.956.648

Existen equipos que el agua la purifica y están en el mercado por un valor aproximado de \$ 10.000.000 pesos

A continuación, se mostrarán los reactivos que no se cotizaron:

- Acetileno, de grado comercial estándar
- Agua libre de amoníaco, nitrato, dióxido de carbono
- Aire limpio y seco
- Citrato de cianuro solución reductora
- Inhibidor de nitrificación, 2-cloro-6-(triclorometil) piridina
- Nitrato de paladio monohidratado, Pd(NO₃)₂·H₂O
- Óxido nitroso
- Solución de hidróxido de amonio, NH₄OH, 0.5N, Concentrado
- Solución Stock LAS
- Sulfato de sodio-cloruro de hidroxilamina

ANEXO E. COSTOS DE NORMAS

Las normas para realizar estas pruebas son de *Standard Methods* para el análisis de aguas. Y los precios fueron consultados en la página oficial.

A continuación, se darán los precios de las normas.

PARÁMETROS	NORMA	COSTOS(USD)
Generales		
pH	SM 4500 H+ B	\$ 69,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM-5220 D	\$ 69,00
Demanda Bioquímica de Oxígenos (DBO5)	SM-5210 B	\$ 69,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	SM 2540 D	\$ 69,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	SM 2540 F	
Grasas y Aceites	SM 5520 D	\$ 69,00
Fenoles	SM 5530 B	\$ 69,00
	SM 5530 D	
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	SM 5540 C	\$ 69,00
Hidrocarburos		
Hidrocarburos Totales (HTP)	SUBCONTRATAR	\$ 0,00
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	SUBCONTRATAR	\$ 0,00
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	SUBCONTRATAR	\$ 0,00
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	SUBCONTRATAR	\$ 0,00
Compuestos de Fósforo		
Fósforo Total (P)	SM 4500-P E	\$ 69,00
Ortofosfatos (P-PO43-)	SM 4500-P D, "E"	
Compuestos de Nitrógeno		
Nitratos (N-NO3-)	SM 4500-NO3- B	\$ 69,00
Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	SM 4500-NH3 B	\$ 69,00
	SM 4500-NH3 C	
Nitrógeno Total (N)	SM 4500-NH3 C	
	SM 4500 NH3 B	\$ 69,00
	SM 4500-Norg C	
Iones		
Cianuro Total (CN-)	SM 4500-CN- B	\$ 69,00

	SM 4500-CN- C	
Cloruros (Cl-)	SM 4500-CI- B	\$ 69,00
Fluoruros (F-)	SM 4500-F- C	\$ 69,00
Sulfatos (SO42-)	SM 4500-SO42- E	\$ 69,00
Sulfuros (s2-)	SM 4500-S2- F	\$ 69,00
Metales y metaloides		
Arsénicos (As)	SM 3113 B	\$ 69,00
Bario (Ba)	SM 3030 F	\$ 69,00
Cadmio (Cd)	SM 3030 F	
		SM 3111 B
Cinc (Zn)	SM 3030 F	\$ 0,00
		SM 3111 B
Cobre (Cu)	SM 3030 F	\$ 0,00
		SM 3111 B
Cromo (Cr)	SM 3030 F	\$ 0,00
		SM 3111 B
Hierro (Fe)	SM 3030 E	\$ 0,00
		SM 3111 B
Mercurio (Hg)	SM 3112 B	\$ 69,00
Níquel (Ni)	SM 3030 E	\$ 0,00
		SM 3111 B
Plata (Ag)	SM 3030 E	\$ 0,00
		SM 3111 B
Plomo (Pb)	SM 3500-Pb B	\$ 69,00
Selenio (Se)	SM 3114 C	\$ 69,00
Vanadio (V)	SM 3030 E	\$ 0,00
		SM 3111 D
Otros Parámetros para Análisis y Reporte		
Acidez Total	SM 2310 B	\$ 69,00
Alcalinidad Total	SM 2320 B	\$ 69,00
Dureza Cálcica	SM 3500-Ca B	\$ 69,00
Dureza Total	SM 2340 C	\$ 69,00
Color- Real (Medidas de absorbencia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	SM 2120 C	\$ 69,00
	PRECIO EN DOLARES (USD)	\$ 1.863,00
	PRECIO EN PESOS (COP)	\$ 5.430.645,00

Tomadas de Standard Methods en dólares

ANEXO F. COSTOS DE PRUEBAS EN LABORATORIOS NACIONALES

Los laboratorios consultados se mantienen en reserva.

COSTOS DE PRUEBAS EN LABORATORIOS NACIONALES CERTIFICADOS														
Parámetros	Laboratorio 1		Laboratorio 2		Laboratorio 3		Laboratorio 4		Laboratorio 5		Laboratorio 6		Laboratorio 7	
Generales	Norma	Precio \$ (Cop)	Norma	Precio (Cop)	Norma	Precio (Cop)	Norma	Precio (Cop)	Norma	Precio (Cop)	Norma	Precio (Cop)	Norma	Precio (Cop)
pH		\$ 0	SM 4500 H+ B	\$ 2.500	SM 4500 H+ B	\$ 3.000	SM 4500-H+ B	\$ 3.500	SM – 4500 H+ -B	\$ 12.500	SM – 4500 H+ -B	\$ 2.720	SM – 4500 H+ -B	\$ 3.000
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM 5220 C	\$ 51.000	SM 5220 D	\$ 29.500	SM 5220C	\$ 48.000	SM 5220 D	\$ 45.000	SM-5220 D	\$ 62.500	S.M. 5220 D	\$ 27.196	S.M. 5220 D	\$ 32.000
Demanda Bioquímica de Oxígenos (DBO5)	SM 5210 B	\$ 50.000	SM 5210 B, ASTM D 888-09 METODO C	\$ 29.000	SM 5210 B, 4500 O-C	\$ 35.000	SM 5210 B	\$ 55.000	SM-5210 B SM – 4500 O G	\$ 62.500	S.M. 5210-B / ASTM 888 Método C	\$ 31.903	SM 5210 B	\$ 32.000
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	SM 2540 D	\$ 20.000	SM 2540 D	\$ 10.000	SM 2540 D	\$ 10.000	SM 2540 D	\$ 18.000	SM – 2540 D	\$ 20.000	S.M. 2540-D	\$ 12.552	SM 2540 D	\$ 10.000
Sólidos Sedimentables (SSED)		\$ 0	SM 2540 F	\$ 5.000	SM 2540 F	\$ 5.000	SM 2540 F	\$ 15.000	SM – 2540 F	\$ 20.000	S.M. 2540-F	\$ 3.243	SM 2540 F	\$ 8.000
Grasas y Aceites	SM 5520 D	\$ 62.000	NTC 3362:2005-06-29	\$ 60.000	SM 5520 D	\$ 40.000	SM 550-D	\$ 45.000	SM-5520 D	\$ 57.000	NTC 3362 Método C	\$ 51.254	SM 5520 C	\$ 45.000
Fenoles	SM 5530 B, D	\$ 50.000	SM 5530 B, D	\$ 32.000	SM 5530 B, C	\$ 35.000	SM 5530 B, D	\$ 68.000	SM-5530 B, D	\$ 63.000	S.M. 5530-B, D	\$ 43.932	SM 5530 B	\$ 40.000
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	SM 5540 C	\$ 53.000	SM 5540 C	\$ 30.000	SM 5540 C	\$ 35.000	SM 5540 C	\$ 120.000	SM-5540 C	\$ 57.000	S.M. 5540-C	\$ 38.493	SM 5540 C	\$ 34.000
Hidrocarburos														
Hidrocarburos Totales (HTP)	SM 5520 D, F	\$ 94.000	NTC 3362:2005	\$ 60.000	SM 5520 D, SM 5520 F	\$ 50.000	SM 5520 C y F	\$ 80.000		\$ 0	NTC 3362	\$ 61.714	SM 5520 F	\$ 53.000
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	EPA 3510/ EPA 8041A	\$ 275.000	EPA 3510C/EPA 8100	\$ 200.000	EPA 3510C B	\$ 300.000	Cromatografía de Gases	\$ 380.000		\$ 0	EPA 3510C - EPA 610 - GC/FID	\$ 236.396	EPA 8100	\$ 370.000

BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	EPA 5021 A/ EAP 8015 D	\$ 275.000	EPA 5021A/EPA 8015D	\$ 180.000	SM 6440 B, EPA 8100	\$ 300.000	Cromatografía de Gases	\$ 300.000		\$ 0	SUBCONTRATADO	\$ 290.000	SM 6040 D / EPA 8015 C	\$ 300.000
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	ISO 9562	\$ 690.000	ISO 9562	\$ 900.000	SUB	\$ 950.000		\$ 0		\$ 0	SUBCONTRATADO	\$ 700.000	ISO 9562	\$ 1.200.000
Compuestos de Fósforo														
Fósforo Total (P)	SM 4500 P D	\$ 27.000	SM4500-P B, E	\$ 26.000	SM 4500-P B, D	\$ 16.000	SM 4500-P B D	\$ 30.000	SM-4500 P, B, E	\$ 36.000	S.M. 4500-P B, E	\$ 20.397	SM 4500 P B-D	\$ 21.000
Ortofosfatos (P-PO43-)	SM 4500 P, D	\$ 32.000	SM4500-P E	\$ 13.000	SM 4500-P D.	\$ 15.000	SM 4500-P D	\$ 25.000	SM-4500-P, E	\$ 36.000	EPA 300	\$ 28.242	SM 4500 P D	\$ 16.000
Compuestos de Nitrógeno														
Nitratos (N-NO3-)	Salicilato de sodio J. Robier	\$ 15.000	SM 4500 NO3 D	\$ 11.000	Jean Rodier	\$ 15.000	SM 4500-NO3 B	\$ 25.000	SM-4500 NO3--B	\$ 35.500	EPA 300	\$ 28.242	SM 4500 NO3 E	\$ 17.000
Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	SM 4500 B C	\$ 25.000	SM 4500-NH3 B	\$ 14.000	SM 4500-NH3 B, C	\$ 15.000	SM 4500-NH3 F	\$ 30.000	SM-4500 NH3-B, C	\$ 39.000	S.M. 4500-NH3 B, C	\$ 16.736	SM 4500 NH3 B	\$ 17.000
Nitrógeno Total (N)	SM 4500 B	\$ 53.000	SM 4500-Norg C, SM 4500 NH3 B, C	\$ 35.000	SM 4500-Norg C, 4500-NH3 B, C	\$ 30.000	SM 4500-NORG C, 4500 NH3 BC	\$ 55.000	SM-4500-Norg B SM-4500 NH3-B, C	\$ 39.000	S.M. 4500-Norg-B S.M.4500--NH3 B, C	\$ 36.610	SM 4500 Norg B	\$ 37.000
Iones														
Cianuro Total (CN-)	SM 4500 B	\$ 104.000	ASTM D7511-09	\$ 38.000	SM 4500-CN- B, C, F	\$ 39.000	SM 4500-CN B C E	\$ 80.000	SM-4500CN- B, C, E	\$ 103.000	ASTM D7511 - Flujo segmentado	\$ 34.100	SM 4500 CN B, C	\$ 60.000
Cloruros (Cl-)	SM 4500 Cl B	\$ 17.000	SM 4500 Cl- B	\$ 110.000	SM 4500-Cl--B	\$ 10.000	SM 4500-Cl B	\$ 12.000	SM-4500Cl- -B	\$ 18.000	EPA 300 - Cromatografía Iónica	\$ 28.242	SM 4500 Cl B	\$ 12.000
Fluoruros (F-)	SM 4500 B, C	\$ 39.000	SM 4500 F- B, C	\$ 20.000	SM 4500-F C	\$ 20.000	SM 4500-F- C	\$ 55.000	SM-4500F-C	\$ 70.000	EPA 300	\$ 28.242	SM 4500 F C	\$ 22.000
Sulfatos (SO42-)	SM 4500 SO4 D	\$ 16.000	SM 4500 SO4 E	\$ 10.000	SM 4500-SO4-2 E	\$ 35.000	SM 4500-SO4-2 E	\$ 25.000	SM-4500-SO42- -E	\$ 35.500	EPA 300	\$ 28.242	SM 4500 SO4= E	\$ 14.000

Sulfuros (s2-)	SM 4500 S2 F	\$ 22.000	SM 4500 S2 F	\$ 20.000	SM 4500 S-2 F	\$ 20.000	SM 4500-S= F	\$ 35.000	SM-4500 S2--F	\$ 27.000	S.M. 4500-S-2-F	\$ 20.711	S.M. 4500-S-2-F	\$ 24.000
Metales y metaloides														
Arsénicos (As)	SM 3030 E/ SM 3114 C	\$ 55.000	EPA 7062, SM 3114 C	\$ 33.000	SM 3030H, 3114 B	\$ 45.600	SM 3114 C	\$ 75.000	SM-3113 B	\$ 63.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3114 C	\$ 51.000
Bario (Ba)	SM 3030 E/ SM 3111D	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3111 D	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 D	\$ 45.600	SM 3111 D	\$ 75.000	SM-3030 F SM-3111 D	\$ 63.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3111 D - A.A. / Llama	\$ 23.000
Cadmio (Cd)	SM 3030 E/ 3111 B	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3111 B	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 B	\$ 20.000	SM 3111 B	\$ 60.000	SM-3030 F SM-3111 B	\$ 58.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3113 B - A.A. / Horno de Grafito	\$ 45.000
Cinc (Zn)	SM 3030 E/ SM 3111 B	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3111 B	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 B	\$ 20.000	SM 3111 B	\$ 60.000	SM-3030 F SM-3111 B	\$ 58.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3111 B - A.A. / Llama	\$ 23.000
Cobre (Cu)	SM 3030 E / 3111 B	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3111 B	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 B	\$ 20.000	SM 3111 B	\$ 60.000	SM-3030 F SM-3111 B	\$ 58.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3111 B - A.A. / Llama	\$ 23.000
Cromo (Cr)	SM 3030 E/ 3111 B	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3111 B	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 B	\$ 20.000	SM 3111 B	\$ 60.000	SM-3030 F SM-3111 D	\$ 63.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3111 B - A.A. / Llama	\$ 23.000
Hierro (Fe)	SM 3500 Fe B	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3111 B	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 B	\$ 20.000	SM 3111 B	\$ 60.000	SM-3030 F SM-3111 B	\$ 58.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3111 B - A.A. / Llama	\$ 23.000
Mercurio (Hg)	SM 3112 B	\$ 60.000	EPA 7471 B SM 3112 B	\$ 33.000	SM 3112 B	\$ 35.000	3112B	\$ 75.000	SM-3112 B	\$ 97.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3112 B - A.A. / Vapor Frío	\$ 51.000
Níquel (Ni)	SM 3111 B	\$ 38.000	SM 3030 E, SM 3111 B	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 B	\$ 20.000	SM 3111 B	\$ 60.000	SM-3030 F SM-3111 B	\$ 58.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3111 B - A.A. / Llama	\$ 23.000
Plata (Ag)	SM 3030 E/ SM 3111 B	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3111 B	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 B	\$ 20.000	SM 3111 B	\$ 60.000	SM-3030 F SM-3111 B	\$ 58.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3111 B - A.A. / Llama	\$ 23.000
Plomo (Pb)	SM 3030 E/ 3111 B	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3111 B	\$ 23.000	SM 3030H, 3111 B	\$ 20.000	SM 3111 B	\$ 60.000	SM-3500 Pb A SM-3110 SM-3030 F SM-3111 B	\$ 58.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3113 B - A.A. / Horno de Grafito	\$ 45.000
Selenio (Se)	SM 3114 C	\$ 60.000	EPA 7742, SM 3114 C	\$ 33.000	SM 3030H, 3114 B	\$ 45.600	SM 3114 C	\$ 80.000	SM-3030 F SM-3111 D	\$ 63.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3114 C	\$ 51.000

Vanadio (V)	SM 3030 E/ 3111 D	\$ 30.000	SM 3030 E, SM 3113 B	\$ 35.000	SM 3030H, 3111 D	\$ 45.600	SM 3111 D	\$ 80.000	SM-3030 F SM-3111 B	\$ 63.000	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 39.748	SM 3030 E, 3113 B	\$ 45.000
Otros Parámetros para Análisis y Reporte														
Acidez Total	SM 2310 B	\$ 13.000	SM 2310 B	\$ 5.000	SM 2310 B	\$ 12.000	SM 2310 B	\$ 18.000	SM – 2310-B	\$ 18.000	S.M. 2310-B	\$ 6.276	SM 2310	\$ 9.000
Alcalinidad Total	SM 2320 B	\$ 7.500	SM 2320 B	\$ 5.000	SM 2320 B	\$ 6.000	SM 2320 B	\$ 20.000	SM – 2320-B	\$ 18.000	S.M. 2320-B	\$ 9.205	SM 2320 B	\$ 9.000
Dureza Cálcida	SM 3500 Ca B	\$ 10.000	SM 3500 Ca B	\$ 5.000	SM 2340 C	\$ 22.000	SM22 3500-Ca B	\$ 18.000	SM-3030-F SM-3111-D	\$ 63.000	S.M. 3500-Ca-B	\$ 9.832	S.M. 3500-Ca-B	\$ 9.000
Dureza Total	SM 2340 C	\$ 7.500	SM 3500 Ca B	\$ 5.000	SM 2340 C	\$ 35.000	SM22 2340 C	\$ 18.000	SM-2340-B	\$ 63.000	S.M. 2340 C	\$ 9.832	S.M. 2340 C	\$ 9.000
Color- Real	SM 2120 C	\$ 20.000	ISO 7887-2011, B	\$ 15.000	Colorimetría (436 nm, 525 nm, 620 nm)	\$ 22.000	SM 2120	\$ 3.500	ISO 7887:1994	\$ 60.000	ISO 7887:2011	\$ 28.000	ISO 7887-3	\$ 30.000

Verde: Prueba acreditada. Rojo: Prueba no acreditada. Blanco: Prueba subcontratada.

*S.M.: Standard Methods.

** EPA: Agencia de Protección del Medio Ambiente.

*** ISO: Organización Internacional de Normalización.

**** NTC: Norma Técnica Colombiana.

ANEXO G. COSTOS DE PRUEBAS EN LABORATORIOS LOCALES

COSTOS DE PRUEBAS EN LABORATORIOS LOCALES CERTIFICADOS								
Parámetros	Laboratorio 1		Laboratorio 2		Laboratorio 3		Laboratorio 4	
Generales	Norma	Precio	Norma	Precio	Norma	Precio	Norma	Precio
pH	S.M. 4500 H+B	\$ 0	S.M. 4500- H+B	\$ 7.000		\$ 0	S.M 4500-H+	\$ 3.000
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	S.M. 5220 C	\$ 38.000	S.M. 5220 C	\$ 62.000	S.M 5220 C	\$ 34.580	S.M 5220 C	\$ 40.000
Demanda Bioquímica de Oxígenos (DBO5)	S.M. 5210 B	\$ 40.000	S.M. 5210 B	\$ 62.000	S.M 5210 B	\$ 36.400	S.M 5210 B 4500-O G	\$ 45.000
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	S.M. 2540 D	\$ 24.000	S.M. 2540 D	\$ 32.000	S.M. 2540 D	\$ 15.210	S.M. 2540 D	\$ 15.000
Sólidos Sedimentables (SSED)	S.M. 2540 F	\$ 14.000	S.M. 2540 F	\$ 22.000	S.M. 2540 F	\$ 13.000	S.M. 2540 F	\$ 8.000
Grasas y Aceites	S.M. 5220 D	\$ 55.000	S.M. 5520-B	\$ 62.000	S.M. 5520 D	\$ 50.050	S.M. 5520 B	\$ 45.000
Fenoles	S.M 5530 B, C	\$ 66.000	S.M. 5530 B, D	\$ 67.000	S.M. 5530 B	\$ 45.630	S.M. 5530 B, D	\$ 45.000
Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM)	SM 5540 C	\$ 50.000	S.M. 5540 C	\$ 67.000	S.M. 5540 C	\$ 31.850	S.M. 5540 C	\$ 51.000

Hidrocarburos								
Hidrocarburos Totales (HTP)	NTC 3362:200 5-6	\$ 79.000	S.M. 5520 B; D; F	\$ 67.000	NTC 3362 Metodo C - S.M. 5520-F	\$ 70.200	S.M. 5520-F	\$ 50.000
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)	EPA 3510C/E PA 8100	\$ 315.000	SM 6440 B	\$ 200.000	EPA e-CFR Titulo 40 Parte 136, Apéndice A, Método 601	\$ 257.400	Cromatografía de Gases EPA 8015 C	\$ 320.000
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	EPA 5021 A/ EPA 8015 D	\$ 315.000	EPA SW 846 M5021A/ M8015D	\$ 300.000	SM 6040 D	\$ 257.400	Cromatografía de Gases EPA 8015 C	\$ 220.000
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	NF EN ISO 9562	\$ 1.400.000		\$ 950.000	Análisis	\$ 1.053.000	Microcolumna LOQ inf=0,15 mg/L	\$ 1.100.000
Compuestos de Fósforo								
Fósforo Total (P)	SM 4500 P B, E	\$ 30.000	S.M. 4500-P B, E	\$ 37.000	SM 4500 P B, E	\$ 19.266	S.M 4500-P B,	\$ 19.000
Ortofosfatos (P-PO43-)	SM 4500 P E	\$ 21.000	S.M. 4500-P E/	\$ 37.000	S.M. 4500.P D	\$ 19.110	S.M 4500 P-E	\$ 16.000
Compuestos de Nitrógeno								

Nitratos (N-NO ₃ -)	Salicilato de Sodio/ J. Rodie	\$ 23.000	Análisis de Aguas, J. Rodier,	\$ 42.000	Colorimetrico/ J. Rodier	\$ 20.930	J. Rodier, 1998	\$ 13.000
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	SM 4500 NH ₃ BC	\$ 23.000	S.M. 4500-NH ₃ B;C	\$ 42.000	S.M. 4500-NH ₃ B,C	\$ 21.579	SM 4500-NH ₃	\$ 12.000
Nitrógeno Total (N)	CALCULO	\$ 58.000	S.M. 4500-NC	\$ 100.000	S.M. 4500-N	\$ 31.850	SM 4500-NORG C, 4500 NH ₃	\$ 43.000
Iones								
Cianuro Total (CN ⁻)	SM 4500 CN C, F	\$ 90.000		\$ 70.000	SM 4500 CN-F	\$ 42.114	SM 4500-CN B C	\$ 58.000
Cloruros (Cl ⁻)	SM 4500 Cl B	\$ 16.000	S.M. 4500 Cl-B	\$ 32.000	SM 4500 Cl-B	\$ 14.196	S.M. 4500-Cl- B.	\$ 14.000
Fluoruros (F ⁻)	SM 4500 F-B,C	\$ 30.000	S.M. 4500-F-C	\$ 52.000	SM 4500 F- C	\$ 23.400	SM 4500-FC	\$ 35.000
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	SM 4500 SO ₄ E	\$ 19.000	S.M. 4500-SO ₄ -2 E	\$ 32.000	EPA 300 - Cromatografía Iónica	\$ 14.196	S.M. 4500-SO ₄ E	\$ 14.000
Sulfuros (S ²⁻)	SM 4500 S ₂ F	\$ 32.000	SUB	\$ 60.000	SM 4500 S ₂ F	\$ 25.578	S.M. 4500 S-2-F	\$ 23.000
Metales y metaloides								
Arsénicos (As)	SM 3111 B	\$ 55.000	S.M. 3114 B	\$ 52.000	EPA 7062, SM 3114 C	\$ 42.120	SM 3030 F, SM 3114 B	\$ 50.000

Bario (Ba)	SM 3030 F 3111 D	\$ 36.000	S.M. 3111 D	\$ 52.000	S.M. 3030 K	\$ 31.590	SM 3030 E,SM 3111 D	\$ 35.000
Cadmio (Cd)	SM 3030 F, SM 3111 B	\$ 36.000	S.M. 3030 E; S.M. 3111 B	\$ 52.000	S.M. 3030 K	\$ 31.590	S. M 3030 E, 3111B	\$ 34.000
Cinc (Zn)	SM 3030 F, SM 3111 B	\$ 36.000	S.M.311 1 B/ Ed.	\$ 52.000	SM 3030 F, SM 3111 B	\$ 32.761	S. M 3030 E, 3111B	\$ 34.000
Cobre (Cu)	SM 3030F, SM 3111B	\$ 36.000	S.M. 3030 E; S.M. 3111 B/	\$ 52.000	S.M. 3030 K EPA 200.8	\$ 31.590	S. M 3030 E, 3111B	\$ 34.000
Cromo (Cr)	SM 3030 F, SM 3111 B	\$ 36.000	S.M. 3030 E; S.M. 3111 B/	\$ 52.000	S.M. 3030 K EPA 200.8	\$ 31.591	S. M 3030 E, 3111B	\$ 34.000
Hierro (Fe)	SM 3030F, SM 3111B	\$ 36.000	S.M. 3030 E; S.M. 3111 B/	\$ 50.000	S.M. 3030 E S.M. 3111 B	\$ 32.760	S. M 3030 E, 3111B	\$ 34.000
Mercurio (Hg)	SM 3112 B	\$ 55.000	EPA 245.1 Revisión 3.0	\$ 72.000	S.M. 3030 K EPA 200.8	\$ 42.120	/SM 3112 B	\$ 45.000
Níquel (Ni)	SM 3030 F, SM 3111B	\$ 36.000	S.M. 3111 B/	\$ 52.000	S.M. 3030 K EPA 200.8	\$ 32.760	SM 3111 B	\$ 33.000

Plata (Ag)	SM 3030 F, SM 3111 B	\$ 36.000	S.M. 3030 F; S.M. 3111 B	\$ 52.000	S.M. 3030 K EPA 200.8	\$ 32.760	S.M 3030 E, 3111 B	\$ 35.000
Plomo (Pb)	SM 3030 F, SM 3111 B	\$ 36.000	S.M. 3030 E; S.M. 3111 B/	\$ 52.000	S.M. 3030 E S.M. 3111 B	\$ 32.760	S.M 3030 E, 3111 B	\$ 34.000
Selenio (Se)	EPA 7742, SM 3114 C	\$ 52.000	S.M. 3114 B/	\$ 52.000	EPA 200.8	\$ 42.120	SM 3114 C	\$ 53.000
Vanadio (V)	SM 3030 K, EPA 200.8	\$ 57.000	S.M. 3111 D /	\$ 50.000	S.M. 3030 K EPA 200.8	\$ 44.460	S.M. 3030K - EPA 200.8	\$ 51.000
Otros Parámetros para Análisis y Reposte								
Acidez Total	SM 2310 B	\$ 15.000	S.M. 2310 B/	\$ 27.000	S.M. 2310-B	\$ 7.800	S.M 2310B	\$ 6.000
Alcalinidad Total	SM 2320 B	\$ 17.000	S.M. 2320 B/	\$ 27.000	SM 2320 B	\$ 7.098	S.M 2320B	\$ 7.000
Dureza Cálcica	SM 3500 Ca B	\$ 15.000	S.M. 3500-Ca B	\$ 27.000	SM 3500 Ca B	\$ 10.140	S.M 3500-Ca B	\$ 10.000
Dureza Total	SM 2340 C	\$ 16.000	S.M. 2340 C	\$ 27.000	SM 2340 C	\$ 10.140	S.M 2340 C.	\$ 10.000

Color- Real	ISO 7887- 2011	\$ 30.000	ISO 7887 / 2011	\$ 36.000	S.M. 2120 C	\$ 17.550	ISO7887	\$ 30.000
-------------	----------------------	-----------	-----------------------	-----------	-------------	-----------	---------	-----------

Verde: Prueba acreditada. Rojo: Prueba no acreditada. Blanco: Prueba subcontratada.

*S.M.: Standard Methods.

** EPA: Agencia de Protección del Medio Ambiente.

*** ISO: Organización Internacional de Normalización.

**** NTC: *Norma Técnica Colombiana*.