

PLANTAS DE POTABILIZACIÓN



ROBERTO SALAZARCANO
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
2021

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 EL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR

Las evaluaciones realizadas en la década del agua, coinciden en la necesidad de buscar nuevos enfoques que permitan lograr la sostenibilidad de los proyectos, de manera que las inversiones e intervenciones realizadas puedan cumplir su objetivo.

Un sistema de tratamiento es sostenible cuando este suministra un nivel de servicio eficiente y confiable a lo largo del tiempo, el cual puede ser financiado o cofinanciado por los usuarios y mantenido con un mínimo de apoyo externo. Así mismo, este concepto implica que la solución de saneamiento es usada en forma eficiente sin afectar negativamente el ambiente.

La Figura 1.1 ilustra el modelo conceptual de la sostenibilidad el cual guía la búsqueda de soluciones sostenibles (Galvis, 1993). Una simplificación de la realidad deja ver tres dimensiones fundamentales dentro del contexto político, legal e institucional en consideración. La comunidad y el gobierno local constituyen un grupo de personas con intereses e ideas comunes, pero también con relaciones conflictivas, estas personas generalmente provienen de diferentes contextos socioeconómicos y algunas veces culturales. De esta manera, la problemática del saneamiento en un caso específico pueden ser un interés común pero también una fuente importante de conflicto.

La otra dimensión fundamental es el Ambiente, que constituye la condición natural de frontera y moldea el desarrollo de la comunidad a la vez que define los riesgos naturales a los cuales ella esta expuesta. El Ambiente es también la fuente de recursos locales que le permite a una comunidad específica satisfacer sus necesidades.

La tercera dimensión comprende La Ciencia y la Tecnología, las cuales son la combinación del componente técnico con la generación de conocimiento que permiten sostener las soluciones encontradas. Esta dimensión, representa igualmente las posibilidades para reducir el riesgo ambiental que las comunidades enfrentan como consecuencia de una situación de saneamiento inadecuada.

La intersección Ambiente-Comunidad representa el riesgo que los usuarios deben controlar en relación con las situaciones indeseables de saneamiento como modificar patrones sanitarios o de comportamiento en las viviendas o en las cuencas. Entre tanto, la intersección Ambiente-Tecnología representa el nivel de conocimiento y las opciones prácticas que existen para reducir el riesgo de contaminación de la fuente de agua, bien sea a través de acciones técnicas o de cambios de comportamiento en el individuo. Finalmente, en la intersección Tecnología-Comunidad, se puede identificar el tipo de solución que la comunidad espera, lo que implica el tipo de solución que la comunidad está dispuesta a operar, administrar, mantener y además que sean coherentes con sus capacidades, condiciones técnicas, socio-económicas y ambientales.

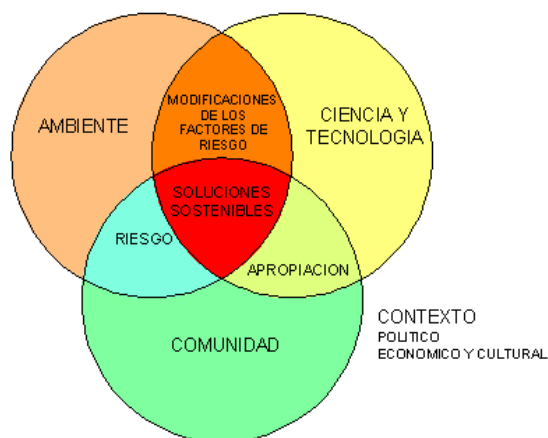
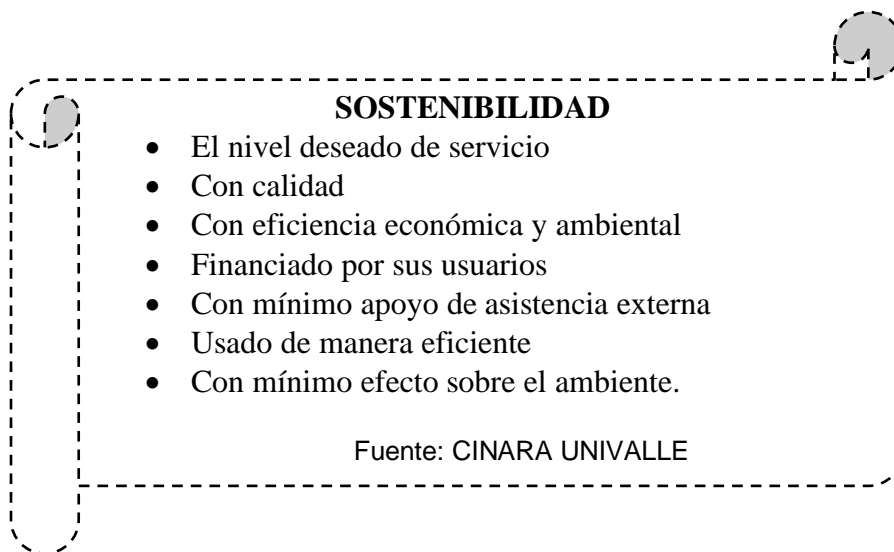


Figura 1.1 En búsqueda de soluciones sostenibles
Fuente: CINARA UNIVALLE

Con base en lo anterior, la búsqueda de la sostenibilidad implica que las soluciones de saneamiento deben estar incluidas en la intersección de las tres dimensiones discutidas y debe responder al contexto político, legal e institucional. De lo anterior se deduce que debe existir una estrecha colaboración entre los diferentes actores del desarrollo como condición sin equa non para alcanzar la sostenibilidad de los proyectos e inversiones de saneamiento.



La sostenibilidad depende no solo de la capacidad de la tecnología para tratar el agua cruda y remover de manera eficiente sus contaminantes. También depende de aspectos como el grado de conocimiento local de la tecnología y de las características socioeconómicas y culturales de la localidad. Ninguna tecnología puede ser considerada como sostenible sin haberse definido previamente el contexto en el cual va a ser aplicada

La conservación de la cuenca hidrográfica con la consiguiente protección de los manantiales suelen ser el mejor método para asegurar la calidad del agua destinada a consumo humano. Para

impedir los riesgos de polución y contaminación por el ser humano y los animales deben ser evitados los lanzamientos de residuos líquidos que contengan organismos patógenos o disminuir el desarrollo de actividades agrícolas que exijan el empleo de agroquímicos que contengan elementos tóxicos, o de fertilizantes que contengan nutrientes, los cuales son llevados a los cursos de agua por escurrimiento superficial o sub-superficial, causando florecimientos de algas y otros inconvenientes para la operación del sistema de tratamiento. Como consecuencia, son exigidas técnicas de tratamiento sofisticadas para los países en desarrollo, como el uso de agentes oxidantes, como permanganato de potasio, ozono, peróxido de hidrógeno, de carbón activado para la adsorción de compuestos orgánicos específicos, etc. que encarecen los costos de tratamiento.

NORMA A UTILIZAR

Se utilizará para criterios de diseño la resolución 0330 de 2017 RAS en su capítulo 3 sistemas de potabilización del agua. la Resolución 2115 de 2007. **Resolución 0631 de 2015**

UBICACIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA (RAS 2017)

Los aspectos que deben considerarse en la ubicación de la PTAP son los siguientes:

1. Disponibilidad de predios para todas las fases de construcción del proyecto, verificada de acuerdo con los usos según corresponda, del Plan de Ordenamiento Territorial, o del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, o del Esquema de Ordenamiento Territorial.
2. En la identificación del sitio que se va a seleccionar debe priorizarse la llegada del agua cruda por gravedad y de ser posible, su distribución de la misma forma; lo anterior, teniendo en cuenta las condiciones geomorfológicas, geográficas y orográficas. En caso contrario, de acuerdo con el análisis multicriterio de alternativas, se debe buscar el sitio más conveniente para realizar bombeo.
3. El sitio seleccionado debe tener fácil acceso a conexión de energía eléctrica; en todo caso, deben evaluarse fuentes alternas o energías alternativas.
4. El terreno seleccionado debe tener buen drenaje y, adicionalmente, garantizar la evacuación de agua de lavado de las unidades de tratamiento, para lo cual deberá realizarse un análisis técnico de riesgo por inundación y estabilidad geotécnica del lote elegido.
5. El terreno deberá seleccionarse para que se cuente con el área suficiente que facilite el manejo y tratamiento de los lodos.
6. La vía de ingreso debe permitir el acceso y circulación de automóviles, camiones de carga, equipos de construcción y de mantenimiento.

En todos los casos, deberá contemplarse una franja circundante a las estructuras, que asegure un aislamiento mínimo respecto a las zonas residenciales o áreas destinadas a algún tipo de actividad económica. Lo anterior deberá reflejarse en que la PTAP deberá tener una zona de protección ambiental y social de, por lo menos, un 50% adicional a la sumatoria de las áreas definidas para procesos y operaciones unitarias, manejo de lodos e instalaciones complementarias.

1.2 REQUISITOS PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS Y PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO. (RAS 2017)

Para la selección de la alternativa de tratamiento óptima, deben considerarse, entre otros, los factores técnicos, económicos y financieros, institucionales, sociales, ambientales, riesgo sanitario y costos de inversión, operación y mantenimiento, estos últimos, desglosados en -al menos- insumos químicos, personal, energía e impacto sobre la tarifa. La alternativa más favorable deberá seleccionarse mediante el empleo de matrices de selección multicriterio.

El estudio técnico de selección debe contener la siguiente información:

1. Estudio de caracterización de agua cruda.
2. Inspección sanitaria en campo y determinación del nivel de riesgo de la microcuenca, de acuerdo a los lineamientos definidos en el POMCA respectivo.
3. De acuerdo con la calidad del agua a la entrada y salida de la PTAP requerida según los límites exigidos en la **Resolución 0631 de 2015** y la Resolución 2115 de 2007, expedidos por los entonces Ministerios de Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o aquella que la adicione, modifique o sustituya; el nivel tecnológico debe ser el más conveniente, teniendo en cuenta el nivel de desarrollo y la capacidad técnico- administrativa de la persona prestadora del servicio.
4. Análisis de los criterios y parámetros de diseño adoptados para establecer alternativas técnicas de procesos de tratamiento y su eficiencia.
5. Análisis económico de la tecnología que se va a seleccionar, el cual deberá considerar la sumatoria del costo de inversión del proyecto, más la operación y sostenibilidad del mismo al horizonte de diseño de éste.
6. Disponibilidad de recursos y materiales en la región, en términos de cantidad, calidad y oportunidad.
7. En la medida de lo posible, adaptarse a las condiciones locales, para garantizar soluciones que utilicen el mínimo uso de energía eléctrica y/o combustibles y, así mismo, que no presenten complejidad en su operación y mantenimiento.
8. Esquemas y modulación de las unidades del sistema de tratamiento. Cuando se disponga de múltiples unidades de un proceso se deberá verificar en el diseño, la operación del sistema con una unidad fuera de servicio.
9. Presupuesto por etapas, que debe contemplar costos de obra civil, suministros, costos ambientales, inversión, operación y mantenimiento, así como la evaluación financiera y económica del proyecto.
10. Análisis de vulnerabilidad del sistema de tratamiento de la PTAP en casos de variaciones extremas de calidad del agua cruda, caudal que se va a tratar, interrupciones en el suministro de energía, salida de servicio de alguna de las unidades de tratamiento, falla en los sistemas de comunicaciones, automatización y control, así como las posibles modificaciones en las características de la fuente abastecedora que, de una u otra forma, pueden incrementar el nivel de riesgo sanitario en la misma.

Deberá analizarse y justificarse para escenarios de compleja construcción, configuraciones de trenes de tratamiento y procesos unitarios que pueden ser distintos a los comúnmente utilizados,

de manera que sea posible el transporte y suministro de materiales, y la construcción de las unidades proyectadas en los siguientes escenarios:

1. En el caso en que las dimensiones internas de las estructuras de los procesos unitarios no permitan el uso de métodos constructivos convencionales tradicionales.
2. En el caso en que las dimensiones internas de las estructuras de los procesos unitarios no aseguren su adecuado mantenimiento.
3. Cuando el predio destinado a la implantación sea de difícil acceso, ya sea por condiciones topográficas, climáticas o de seguridad.
4. Si se tienen estructuras existentes dentro del área disponible, que no deben ser demolidas, para su aprovechamiento en el proyecto y posterior uso en el sistema.

FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA PTAP. (RAS 2017)

Debe definirse el perfil hidráulico general de la PTAP, respecto a la pérdida de carga necesaria para un funcionamiento correcto de cada uno de los procesos que la componen, para lo cual es necesario considerar la topografía del sitio, las pérdidas de carga requeridas en los distintos procesos y operaciones unitarias, así como las conexiones entre unidades.

Hidráulicamente, la PTAP debe estar en capacidad de transportar el caudal de diseño a través de todos sus procesos bajo los distintos escenarios operativos (como mínimo actual y al horizonte de diseño), a partir de un análisis de sensibilidad y vulnerabilidad de los módulos o unidades de procesos.

Previo al diseño de plantas potabilizadoras, se debe incluir el diseño de proceso respectivo, para lo cual deben determinarse las unidades unitarias requeridas de los trenes de tratamientos, listando la caracterización de entrada y salida para cada unidad de tratamiento.

El diseño hidráulico deberá ser analizado en los rangos operativos extremos del sistema, mínimos nocturnos presentes y máximos diurno futuros.

CABEZA HIDRÁULICA AL INGRESO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN. (RAS 2017)

Para sistemas en los cuales la presión de ingreso sea superior a 3 m.c.a, será necesario implementar mecanismos de disipación de energía y/o evaluar la posibilidad del aprovechamiento de la cabeza hidráulica disponible, proveniente del sistema de captación y aducción para la generación de energía eléctrica aprovechable en las instalaciones propias de la PTAP.

En el caso de uso de sistemas de tratamiento que trabajen a presión, se tendrá que garantizar que la presión total al ingreso no supere la sumatoria de las pérdidas generadas por las operaciones y procesos unitarios que conforman el tren de tratamiento de la fase actual y futura más 3 m.c.a.

CARACTERIZACIÓN Y TRATABILIDAD DEL AGUA CRUDA (RAS 2017)

PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN Y TRATABILIDAD.

Para la fase de selección del tratamiento de todo proyecto de sistemas de potabilización de aguas, ya sea nuevo, de expansión, rehabilitación u optimización, deberá implementarse, seguirse e

informarse un protocolo de caracterización de agua cruda de la fuente de abastecimiento escogida, de acuerdo con los artículos de la presente sección.

LÍNEA BASE DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA CRUDA.

Previo al inicio del desarrollo de todo proyecto nuevo, de expansión, optimización, renovación o rehabilitación de un sistema de potabilización, la persona prestadora deberá tener datos de muestreos y caracterización de agua cruda sobre el cuerpo de agua seleccionado, como mínimo del período de lluvias y período seco inmediatamente anteriores al comienzo del proyecto. Será obligación de la municipalidad o autoridad local entregar esta información al desarrollador del proyecto, como insumo fundamental de sus análisis y toma de decisiones. La información contenida en los planes de calidad de las personas prestadoras de servicio servirá de soporte para la definición de la línea base.

DEFINICIÓN DEL NIVEL DE RIESGO SANITARIO.

Para el desarrollo del proyecto, las personas prestadoras deberán definir los riesgos sanitarios presentes y potenciales hacia el futuro en la microcuenca de la fuente de abastecimiento, de acuerdo con la siguiente información:

1. Mapas de riesgo existentes asociados a la fuente de abastecimiento.
2. Visitas de inspección sanitaria de acuerdo con la Resolución 82 de 2009 del entonces Ministerio de Protección Social o aquella que la adicione, modifique o sustituya y concepto sanitario según el Decreto 1575 de 2007 del entonces Ministerio de la Protección Social, o aquella que la reglamente, adicione, modifique o sustituya y la Resolución conjunta 2115 de 2007 de los entonces Ministerios de Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en su Artículo 28, o aquella que la adicione, modifique o sustituya.
3. Clasificación de riesgo en salud por índice de Riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) según Artículos 13, 14 y 15
4. Clasificación de riesgo en salud por índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano (IRABAm) según Artículos 17, 18 y 19 de la Resolución conjunta 2115 de 2007 de los entonces Ministerios de Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o aquella que la adicione, modifique o sustituya.
5. Recopilación de información para elaboración de los Mapas de Riesgo, según el Artículo 4 de la Resolución conjunta 4716 de 2010 de los entonces Ministerios de Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Lo anterior deberá ser complementado con una visita de inspección sanitaria a la microcuenca abastecedora, realizada por el responsable del proyecto y de acuerdo con la Resolución 82 de 2009 del entonces Ministerio de Protección Social o aquella que la adicione, modifique o sustituya, antes del inicio de las actividades de análisis de alternativas para la selección de tecnologías y procesos unitarios de tratamiento. Dichos trabajos de campo deberán estar enfocados a recopilar información de la comunidad e identificar prácticas inadecuadas que generen algún tipo de contaminación en la fuente de agua.

CARACTERIZACIÓN DE AGUA CRUDA. (RAS 2017)

Deberán desarrollarse las siguientes actividades para la caracterización del agua cruda del cuerpo de agua abastecedor:

Paso 1. Definición de parámetros de calidad mínimos que se estudiarán: se deberán, como mínimo, determinar in situ: temperatura, pH y conductividad; y en el laboratorio: turbiedad, color, pH, alcalinidad, hierro, manganeso, cloruros, sulfatos, nitratos, dureza, nitrógeno y fósforo (estos dos últimos en el caso de presencia de actividades agrícolas). Como parámetro microbiológico se tendrá que determinar E. Coli, y en el caso de confirmarse su presencia, deberá verificarse si existen otros patógenos en el cuerpo de agua abastecedor, a partir de las inspecciones sanitarias y el Mapa de Riesgo de calidad de agua.

Paso 2. Búsqueda de información de referencia: deberá recopilarse y analizarse toda la información a nivel primario y secundario, tomando como fuentes de datos principales los Mapas de Riesgo de la calidad de agua, inspecciones sanitarias realizadas en campo y plantas de tratamiento existentes en el cuerpo de agua de estudio. También deberá verificarse la información disponible en bases de datos de las autoridades ambientales locales, regionales, de la persona prestadora de servicios públicos municipal, de instituciones educativas de nivel

Paso 3. Muestras mínimas para la representatividad del estudio y períodos climáticos de muestreo: deberán tomarse como mínimo tres muestras puntuales en una semana, cada una en un intervalo mayor a 24 horas, en un período no menor a tres semanas, en el sitio de captación durante un período seco y de igual manera para un período de lluvias, como valoraciones primarias.

En el caso en que se utilice una fuente de agua subterránea, como parte del Paso 1 del presente Artículo, deberá completarse con la medición de los siguientes parámetros: sodio, CO₂, magnesio, manganeso, arsénico, selenio y boro. Los procedimientos y estudios de calidad del agua subterránea se incluyen en los trabajos hidrogeológicos indicados en el Artículo 50 de la presente Resolución. Así mismo, como complemento del Paso 2, se tendrán que obtener los mapas hidrogeológicos de la zona de localización de los pozos.

En el caso en que se utilice como fuente de agua un cuerpo de agua léntico, como parte del paso 1 del presente artículo deberá complementarse la medición con estudio algal. Dependiendo de las características del uso del suelo en la cuenca, se deberán incluir otros contaminantes, entre ellos los denominados emergentes.

ESTUDIOS DE TRATABILIDAD Y/O TOXICIDAD DEL AGUA CRUDA. (RAS 2017)

Deberán desarrollarse las siguientes actividades, con el fin de establecer la definición de criterios y parámetros de diseño de los tratamientos para el agua cruda del cuerpo de agua abastecedor:

Paso 1. Idoneidad del personal para toma de muestras, calidad de insumos y pruebas de laboratorio: los responsables del proyecto deberán corroborar la competencia del personal y la acreditación del laboratorio donde se realizarán las pruebas y ensayos de caracterización del agua cruda.

Paso 2. Alcance de los análisis y ensayos de laboratorio: se ejecutarán los análisis para caracterizar el agua cruda con los parámetros de calidad indicados en el Paso 1 del protocolo. Para la definición de los criterios de diseño de los procesos unitarios convencionales se deberán realizar ensayos de dosificación de coagulantes, gradientes de velocidad, tiempos de mezcla,

sedimentación, filtración y desinfección, acompañados de bioensayos acuáticos, con el fin de determinar la presencia de contaminantes tóxicos y la necesidad de realizar ensayos adicionales.

Paso 3. Evaluación de la eficiencia de los procesos a nivel de laboratorio: de acuerdo con los resultados de las pruebas de laboratorio para las distintas muestras tomadas in situ, corresponderá al responsable del proyecto evaluar la eficiencia del uso de los procesos convencionales, y la posible necesidad de incluir otras tecnologías que refuercen el tren de tratamiento.

Paso 4. Comparación y análisis estadístico de resultados: con la totalidad de la información recopilada, primaria y secundaria, deberá hacerse un trabajo estadístico que permita visualizar de manera clara los valores medios, máximos, mínimos y si es posible, ajustes a una distribución de probabilidad, con el fin de generar curvas representativas para la selección de alternativas, y que posteriormente sean complementadas en la operación de la PTAP. En el caso de utilizar información secundaria que no se considere adecuada o coherente respecto a la información primaria, deberá descartarse su empleo en el estudio de caracterización.

Paso 5. Conclusiones y definición del tren de procesos: el producto final de la caracterización de agua cruda, y las pruebas y ensayos de tratabilidad ya aceptados sus resultados, serán la definición del tren de procesos unitarios que se van a implementar para la potabilización del recurso hídrico captado del cuerpo de agua seleccionado, teniendo en cuenta el riesgo sanitario identificado, y la eliminación de los factores externos contaminantes. Las conclusiones y recomendaciones serán consignadas en un Informe que contemple todas las actividades realizadas, así como el resultado de los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados.

Si la capacidad de producción de la planta es igual o mayor a 1 m³/s, deberá implementarse una planta piloto a escala técnica, y realizar el monitoreo continuo de sus operaciones.

En caso de que, por motivos de fuerza mayor, previa justificación de los responsables del proyecto y habiendo agotado todos los procedimientos anteriores, no se logren resultados confiables y representativos para escenarios con turbiedades altas, a la luz de las condiciones típicas de la fuente de abastecimiento en estudio, será obligatorio preparar una muestra sintética, cuyo propósito es simular las condiciones propias de la fuente a partir de la inspección sanitaria en campo realizada en la microcuenca hidrográfica. Con dicha muestra se tendrán que repetir los Pasos 2 y 3.

1.3 PROCEDIMIENTO PARTICULAR PARA EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN (RAS 2017)

Entre los aspectos previos que deben tenerse en cuenta para el desarrollo del proyecto, se encuentran los siguientes:

Dotación y caudal de diseño

Caudal de diseño de sistemas de potabilización. La capacidad de producción de la planta de tratamiento de agua potable (en adelante PTAP) debe satisfacer el caudal máximo diario (QMD) para la localidad en estudio, al año del período de diseño

Diseño conceptual

El diseño debe contener la siguiente información:

- Estudio de Tratabilidad.
- Los criterios y parámetros adoptados.
- Planos de las unidades del sistema a nivel pre diseño.
- Presupuesto estimativo por etapas y componentes, costos ambientales, de inversión, de operación y de mantenimiento.
- Selección del tratamiento de acuerdo a la calidad del agua.
- Alternativas técnicas, dentro del tratamiento seleccionado, con los correspondientes estudios de costos, eficiencia, simplicidad, etc.
- Para la selección de las alternativas de tratamiento en sistemas de potabilización de poblaciones menores de 30.000 hab, debe usarse el programa para la Selección de Tecnología y Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización del Ministerio de Desarrollo Económico y Cinara.

Para la selección de la alternativa óptima, deben considerarse los factores técnicos, económicos, financieros, institucionales y ambientales. Además, deben evaluarse los siguientes criterios:

Nivel tecnológico apropiado

Debe ser el más conveniente de acuerdo con las características de la comunidad, el nivel de desarrollo y la capacidad técnico - administrativa de la entidad responsable de la operación y mantenimiento de los sistemas; además, debe tenerse en cuenta que sea de simple construcción, fácil manejo y bajo costo de operación.

Capacidad de operación y mantenimiento por parte de la comunidad

Debe escogerse la tecnología más adecuada, acorde con los conocimientos de las personas seleccionadas dentro de la comunidad para el manejo y mantenimiento de las unidades de la planta de tratamiento; así mismo, debe considerarse la capacitación del personal en el control y manejo del proceso seleccionado. Lo anterior tiene como objetivo evitar la implantación de tecnologías que excedan la capacidad técnica local para su operación.

Simplificación del sistema y nivel de financiación

La alternativa seleccionada debe ofrecer soluciones óptimas que reduzcan el uso de energía eléctrica, combustible, mecanismos complejos o sofisticados, tecnología importada, periodos cortos de construcción con el fin de buscar un tratamiento que ofrezca la mayor eficiencia con los menores costos de construcción, operación y mantenimiento.

Estudio de recursos locales

Este estudio consta de dos partes:

Recursos materiales y equipos: Se deben identificar los materiales y equipos disponibles localmente para emplearlos durante la construcción; esto permite obtener un diseño más económico.

Recursos humanos y administrativos: Debe evaluarse la capacidad local y de organización que permita la supervisión, construcción, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de acuerdo con la tecnología seleccionada. Este estudio debe ir acompañado de un análisis de la capacidad económica para determinar si se cuenta con los recursos financieros necesarios.

Adecuación hidráulica del sistema

Debe adecuarse la hidráulica general del sistema, respecto a la pérdida de carga necesaria para un funcionamiento correcto de cada uno de los elementos del sistema. Deben considerarse la topografía del sitio, las pérdidas de cabeza producidas por los filtros y las conexiones entre unidades, entre otros aspectos. Hidráulicamente la planta debe estar en capacidad de transportar el caudal de diseño a través de todas sus unidades.

CAPITULO II

2. CALIDAD DEL AGUA

2.1. CALIDAD DE LA FUENTE Y GRADO DE TRATAMIENTO

AGUAS NATURALES.

La fuente de agua determina su calidad inherente. El agua lluvia absorbe los gases y vapores que normalmente presentes en la atmósfera: oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono y gases raros, y barre las partículas del aire cuando se forman gotas a su alrededor. Los núcleos de sal (en particular los cianuros) llegan a la atmósfera procedente del rocío marino y de las cascadas de agua dulce. La precipitación radiactiva contribuye con residuos de esta naturaleza. Sin embargo cuando la lluvia humedece la superficie de la tierra, el agua empieza a adquirir las propiedades del escurrimiento superficial, con excepción del agua de pozos, la nieve de las alturas y el hielo glacial que tiene características especiales.

Con el tiempo el agua superficial, en la misma forma que el escurrimiento de la lluvia, penetra en los estanques, lagos, ríos y mares. Sin embargo, en tiempos de sequía, gran parte del agua que fluye por los canales, emana, sobre todo, de yacimientos subterráneos que provienen del agua lluvia que se ha infiltrado a través del suelo.

Durante las fuertes tormentas y crecientes, las tierras que normalmente están a salvo de la erosión por el escurrimiento y las planicies de inundación carentes de fuentes superficiales, pueden aportar cantidades considerables de limos a las corrientes de las crecientes. En épocas normales, la composición de los abastecimientos superficiales varía con la topografía y vegetación del área de captación, así como el uso y métodos de exploración de las tierras.

Las partículas tanto minerales como orgánicas pueden ser arrastradas por la erosión, junto con las bacterias del suelo y otros organismos, al mismo tiempo que se solubilizan las sales y otras sustancias. Los fertilizantes naturales y sintéticos llegan al agua junto con los residuos de bioácidos, aun cuando la fuerza aglomerante de los suelos es sumamente poderosa.

Las algas y otros organismos con sus olores y sabores le dan una característica particular a las aguas de lagos y estanques. La vegetación en descomposición intensifica el color, olor y sabor de las aguas de pantanos.

Las aguas subterráneas absorben gases de la materia orgánica en descomposición en el interior de los poros del manto del suelo, a través del cual filtran. En las tierras vivas que son ricas en materia orgánica, el agua desprende oxígeno y absorbe bióxido de carbono. Se disminuye el pH se disuelven algunos de los minerales del suelo. Los carbonatos, sulfatos y cloruros se disuelven en el agua aumentando su dureza. Pueden solubilizarse también el hierro y el manganeso. Entre los gases en descomposición que pueden encontrarse en las aguas subterráneas están el ácido sulfhídrico y el metano.

La filtración natural elimina la materia orgánica y microorganismos, mientras que las sales permanecen en solución. Las aguas de manantiales son muy similares a las aguas subterráneas.

Todos los elementos anteriormente citados, indican que la calidad del agua natural, depende de las características de la fuente y que la misma puede variar en el espacio y en el tiempo. El tipo de

proceso de tratamiento a implementar deberá tener en cuenta las características del agua, de acuerdo al análisis de la fuente y de su comportamiento en el tiempo.

La calidad de la fuente debe caracterizarse de la manera más completa posible para poder identificar el tipo de tratamiento que necesita y los parámetros principales de interés en periodo seco y de lluvia. Además, la fuente debe cumplir con lo exigido en la **Resolución 2115 /2007** o en su ausencia el que lo reemplace. En la tabla 2.1 se presenta la clasificación de los niveles de calidad de las fuentes de abastecimiento en función de unos parámetros mínimos de análisis físico-químico y microbiológico, y el grado de tratamiento asociado.

TABLA 2.1
CALIDAD DE LA FUENTE (RAS 2000)

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO 5 días	3630					
Promedio mensual mg/L			≤ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1 – 3	3 - 4	4 - 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 – 50	50 - 500	500 - 5000	> 5000
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	≥ 4	≥ 4	≥ 4	< 4
PH promedio	3651	D 1293	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	< 2	2 - 40	40 - 150	≥ 150
Color verdadero (UPC)			< 10	10 -20	20 - 40	≥ 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	< 1.2	< 1.2	< 1.2	> 1.7
GRADO DE TRATAMIENTO						
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO	Sí, hay veces (ver requisitos para uso FLDE : literal C.7.4.3.3)	SI
- Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
- Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) = Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación+ Filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos

Fuente RAS 2000

TABLA 2.2
PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

LA CALIDAD DEL AGUA		
		Parámetros comunes, índices
Parámetros físicos	Sólidos suspendidos, turbidez, color, temperatura, sabor y olor.	SST, NTU (unidad nefrolométrica de turbidez)
Parámetros químicos	Orgánicos: grasas y aceites, detergentes, caucho, compuestos fenólicos, pesticidas. Inorgánicos: sales disueltas, alcalinidad, ácidos, cianuro, metales pesados.	CE, PH, SOT, dureza, DQO, DO
Parámetros biológicos	Bacterias, virus, algas, pequeños organismos.	DBO, MO

TABLA 2.3
PROBABILIDAD DE CONTENIDO DE SÓLIDOS

PROBABILIDAD			
CONTENIDO	AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRÁNEAS	AGUAS RESIDUALES
SÓLIDOS DISUELTOS	BAJA	ALTA	MUY ALTA
SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y COLOIDES (TURBIDEZ)	ALTA	BAJA	MUY ALTA
BACTERIAS, VIRUS, OTROS CONTENIDOS BIOLÓGICOS	ALTA	BAJA	MUY ALTA

TABLA 2.4
PROCESO DE TRATAMIENTO SEGÚN IMPUREZA

TIPO DE IMPUREZAS	EJEMPLO DE TRATAMIENTOS POSIBLES
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	<ul style="list-style-type: none"> coagulación – floculación sedimentación filtración filtración por membranas
SABOR Y OLOR	<ul style="list-style-type: none"> oxidación – con cloro, permanganato de potasio, cloración aeración (remoción de sulfuro de hidrógeno) carbón activado
	<ul style="list-style-type: none"> osmosis inversa

MINERALES, DUREZA	<ul style="list-style-type: none">• ablandamiento químico• intercambio iónico
hierro y manganeso	<ul style="list-style-type: none">• intercambio catiónico• permanganato de potasio• carbón activado
microorganismos	<ul style="list-style-type: none">• cloración• dióxido de cloro• ozono• UV• filtración lenta en arena• tratamiento biológico• filtración por membranas

FUENTE:

[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=YK7ZBVS6CP0&T=4244S&AB_CHANNEL=CROPAIA-LEADINYOURFIELD](https://www.youtube.com/watch?v=YK7ZBVS6CP0&t=4244s&ab_channel=CROPAIA-LEADINYOURFIELD)

2.2 CALIDAD DEL AGUA TRATADA

El agua potable debe ser pura y de buen sabor. El agua para consumo humano no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud. Por tanto, el agua para consumo debe cumplir los requisitos de calidad microbiológicos y fisicoquímicos exigidos en el Decreto 2115 del 2007, expedido por el Ministerio del Medio Ambiente o en su defecto, el que lo reemplace. La calidad del agua no debe deteriorarse ni caer por debajo de los límites establecidos durante el periodo de tiempo para el cual se diseñó el sistema de abastecimiento.

La Tabla 2.5 muestra algunos valores máximos admisibles de las normas microbiológicas, organolépticas, físicas y químicas de la calidad del agua potable que, de acuerdo al Decreto 2115/2007, expedido por el Ministerio del medio Ambiente, se deben cumplir en todo el territorio nacional en la red de distribución de los sistemas de acueducto independiente de su nivel de complejidad. La misma tabla contiene los parámetros de comparación mínimos recomendados para caracterizar el agua de la fuente superficial o subterránea, según su nivel de calidad.

Es responsabilidad de la entidad prestadora del servicio público de acueducto, controlar la calidad de agua en la red de distribución ya sea en puntos previamente escogidos como, por ejemplo, hidrantes o pilas diseñadas para recoger muestras, o en acometidas escogidas aleatoriamente. En dicho sitio debe darse cumplimiento como mínimo a los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos establecidos la resolución 2115 del Decreto 1575 del 2007 y el número mínimo de muestras será la que establecen los artículos del citado Decreto.

El control de la calidad del agua es responsabilidad de las Empresas de Servicios Públicos de Acueducto y la vigilancia de la misma está a cargo del Ministerio de Salud a través de las autoridades de salud de los Departamentos, Distritos o Municipios, tal como está estipulado en el Decreto 2115 de 2007 y en la resolución.

TABLA 2.5
NORMAS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE SEGUN RESOLUCION 2115/2007

Características	Valor máximo Admisible	Procedimientos analíticos recomendados		Parámetros de comparación de la calidad de la fuente recomendados según el nivel calidad de la fuente			
		Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Aceptable	2. Regular	3. Deficiente	4. Muy deficiente
MICROBIOLÓGICAS							
Coliformes totales UFC/100 cc	0			X	X	X	X
Escherichia coli UFC/100 cc	0		D 5392			X	X
ORGANOLÉPTICAS Y FÍSICAS							
PH	6.5 – 9.0		D 1293	X	X	X	X
Turbiedad UNT	2	4707	D 1889	X	X	X	X
Color Aparente – UC	15			X	X	X	X
Conductividad US/cm	1.000		D 1125	X	X	X	X
Sustancias flotantes	Ausentes			X	X	X	X
Olor y sabor	Ninguno		D 1292	X	X	X	X
QUÍMICAS CON EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD HUMANA							
Fenoles totales – mg/L	0.001	4582	D 1783				X
Grasas y aceites– mg/L	Ausentes	3362	D 4281				X
Aluminio – mg/L	0.20		D 857				X
Nitratos – mg/L	10		D 3867				X
Nitritos – mg/L	0.1		D 3867	X	X	X	X
Antimonio – mg/L	0.02		D 3697				X
Arsénico – mg/L	0.01		D 2972				X
Bario – mg/L	0.07		D4382				
Carbono organico total mg/L	5						X
Cadmio – mg/L	0.05		D 3557				X
Cianuros libre y disociable– mg/L	0.05	1312	D 2036				X
Cobre – mg/L	1.0		D 1688				X
Cromo total – mg/L	0.05		D 1687				X
Mercurio – mg/L	0.001		D 3223				X
Níquel – mg/L	0.02		D 1886				X
Plomo – mg/L	0.01		D3559				X
Selenio – mg/L	0.01	1460	D 3859				X
PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS							
Tóxicos tipo I– mg/L	0.001						X
Tóxico tipo II y III– mg/L	0.01						X
Baja toxicidad– mg/L	0.1						X
Trihalometanos totales– mg/L	0.2						X
Hidrocarb/ aromáticos policíclicos	0.01						
QUÍMICAS CON EFECTO INDIRECTO SOBRE LA SALUD HUMANA							
Alcalinidad total – mg/L	200		D 1067	X	X	X	X
Acidez – mg/L	50		D 1067	X	X	X	X
Dureza total– mg/L	300	4706	D 1126	X	X	X	X
Calcio– mg/L	60		D 511	X	X	X	X
Magnesio– mg/L	36		D 858	X	X	X	X
Cloruros– mg/L	250		D 512	X	X	X	X
Sulfatos – mg/L	250	4708	D 516	X	X	X	X
Hierro total– mg/L	0.3		D 1068	X	X	X	X
Manganeso	0.1		D 858			X	X
Fosfatos	0.5		D 515			X	X
Zinc	3		D 1691				X
Fluoruros (mg/L)	1.0		D 1179				X

El valor aceptable de cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución de agua potable para consumo humano deberá estar comprendido entre 0.3 y 2 mg/L

2.3 ESTUDIOS DE TRATABILIDAD

Para la selección de los procesos de tratamientos previos o paralelos al diseño de una planta, **deben** realizarse ensayos en el laboratorio siendo obligatorio entre estos, el Ensayo de Jarras; y posteriormente, si se justifica, realizar ensayos en planta piloto para determinar el tratamiento al que **debe** ser sometida el agua.

2.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

2.4.1 PRUEBA DE JARRAS

Estas pruebas consisten en simular en vasos de precipitado o jarras, el proceso de coagulación-floculación que se producirá en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento.

Este procedimiento debe realizarse de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 3903, su objetivo básico es la determinación de los coagulantes y auxiliares de coagulación (metálicos o prepolimerizados), sus dosis óptimas, secuencia de adición de los mismos para una turbiedad, un color, un pH, una temperatura, una alcalinidad y una dureza dados. Estas pruebas deben repetirse no menos de 10 veces para distintas condiciones del agua cruda.

FIGURA 2.1 PRUEBA DE JARRAS



Fuente Propia

Las pruebas de jarras se pueden usar para la determinación de:

- Dosis óptima de coagulantes, alcalinizantes y desinfectante.

- Evaluaciones cualitativas:
 - Tamaño del flóculo producido
 - Tiempo inicial de formación del flóculo.
- Evaluaciones cuantitativas:
 - Determinaciones físicas: turbiedad y color residuales, así como tiempos y gradientes óptimos de velocidad. Cuando sea pertinente pueden también determinarse: la velocidad de sedimentación de los flóculos formados, y el número de partículas presentes por tamaños.
 - Determinaciones químicas: pH y alcalinidad antes y después de la coagulación. Adicionalmente la concentración del aluminio residual, hierro y/o manganeso si procede.

2.4.2 OTROS ENSAYOS

Adicionalmente en los ensayos de tratabilidad en pruebas de laboratorio debe determinarse:

- Dosis de alcalinizante para obtener el pH de saturación o el pH óptimo de coagulación
- Porcentaje de lodos producidos en la sedimentación
- Demanda de cloro y determinación del punto de quiebre
- isoterma de adsorción sobre carbón activado.

FIGURA 2.2 TRATAMIENTO CONVENCIONAL – CICLO COMPLETO

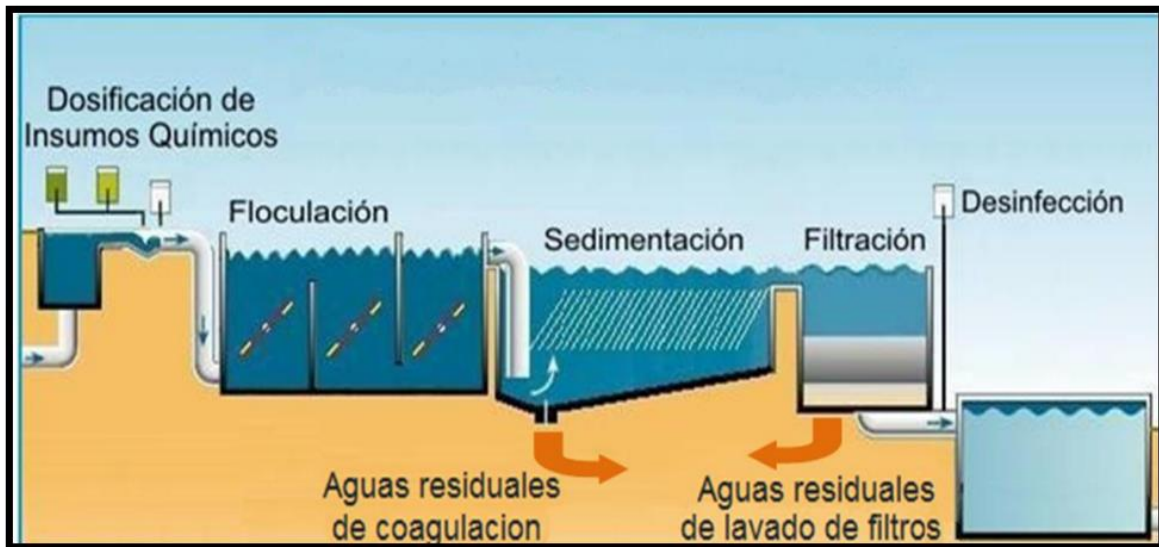
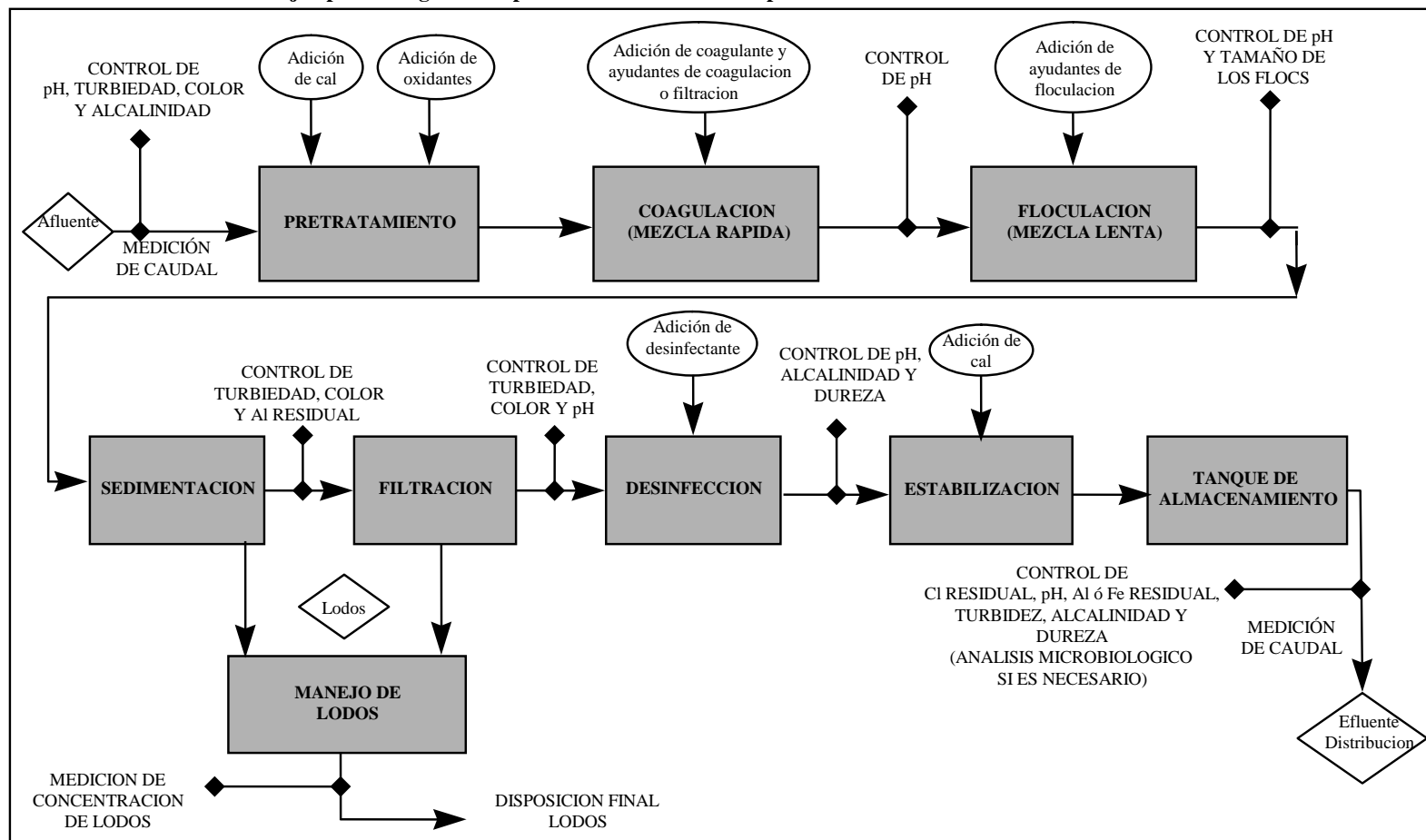


DIAGRAMA 1
Ejemplo de diagrama de proceso e instrumentación para el tratamiento convencional



Fuente RAS 2000

