



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

**ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**"SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SUS
CONSECUENCIAS EN LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA
SUBTERRÁNEA EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA
DE LA UANCV EN EL 2015"**

TESIS

**PRESENTADO POR
MAXGABRIEL ALEXIS CALLA HUAYAPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**JULIACA – PERÚ
2015**



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERÍA INDUSTRIAL

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SUS
CONSECUENCIAS EN LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA
SUBTERRÁNEA EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA
DE LA UANCV EN EL 2015

TESIS

PRESENTADO POR

MAXGABRIEL ALEXIS CALLA HUAYAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

TESIS APROBADO POR:

PRESIDENTE : _____
Mg. Ing. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

PRIMER MIEMBRO : _____
Dr. Ing. CARLOS MANUEL RODRIGUEZ SAN ROMAN

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Ing. JUAN DE DIOS HERMOGENES TICONA QUISPE

ASESOR : _____
Dr. MARCOS ALBERTO VALENCIA PAREDES



El presente trabajo de investigación esta dedicado a todas las personas que tienen las ganas y la voluntad de aprender, que este trabajo les sirva de guía o ayuda en su búsqueda de conocimiento.



Le agradezco a Dios por mantener a mis familiares con vida, para verme seguir mi camino y a mi Madre Elia Nancy, que se esfuerza día a día para ayudarme a ser mejor persona.



ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	x

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática.	11
1.2. Formulación del planteamiento del problema.	13
1.2.1. Problema general.	13
1.2.2. Problemas específicos.	13
1.3. Justificación de la investigación.	14
1.4. Objetivos.	15
1.4.1. Objetivo general.	15
1.4.2. Objetivo específico.	15



CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación.	17
2.2. Marco teórico.	45
2.3. Marco conceptual.	139
2.4. Hipótesis.	156
2.4.1. Hipótesis general.	156
2.4.2. Hipótesis específicas.	156
2.5. Variables.	157
2.5.1. Variable independiente.	157
2.5.2. Variable dependiente.	157
2.6. Operacionalización de variables.	158

CAPÍTULO III PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Método de la investigación.	159
3.2. Diseño de la investigación.	159
3.3. Técnicas, fuentes e instrumentos de investigación.	160
3.5. Diseño de contrastación de hipótesis.	164



CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis e interpretación muestras físico químicas	167
4.2. Análisis e interpretación muestras microbiológicas	185
4.3. Análisis e interpretación muestras fisicoquímicas	191
4.4. Análisis e interpretación muestras microbiológicas	197
CONCLUSIONES	200
SUGERENCIAS	206
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	210
APORTE TECNOLÓGICO	
ANEXOS	
CERTIFICADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO – MUESTRA 1	
CERTIFICADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO – MUESTRA 2	
CERTIFICADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO – MUESTRA 3	
RESULTADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO – MUESTRA 1	
RESULTADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO – MUESTRA 2	
RESULTADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO MUESTRA 3	
PLANO UNIVERSIDAD ANDINA – TANQUES SÉPTICOS	
D.S. 002 – 2008 –MINAM “ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA”	
D.S. 003-2010 – MINAM “LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES DE PTAR ”	
FOTOGRAFÍAS REFERENCIALES	



RESUMEN

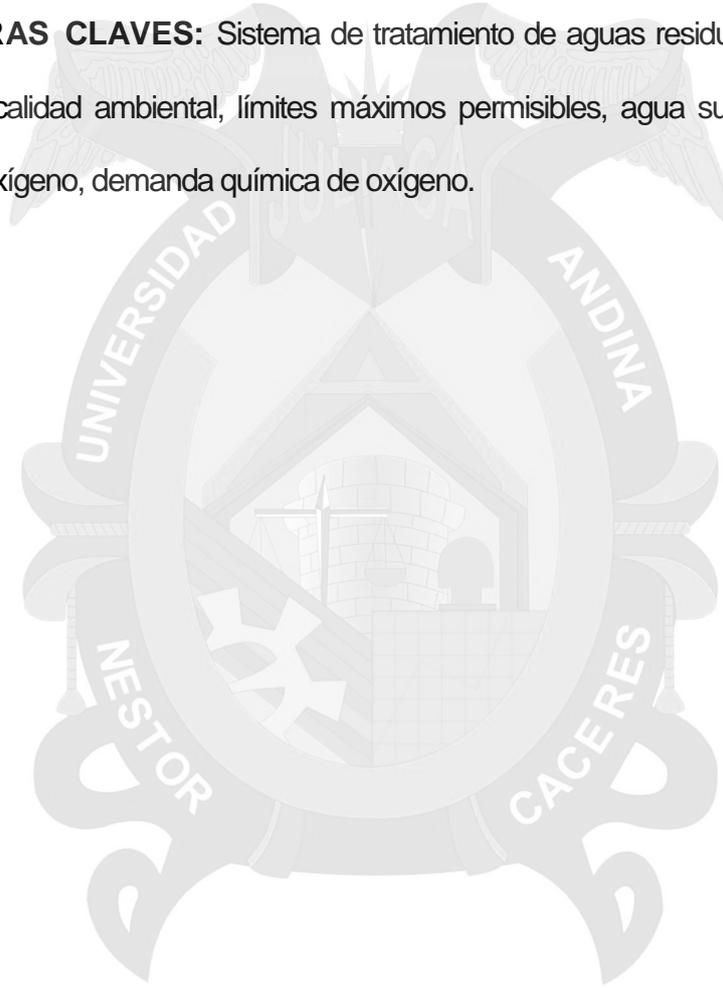
El presente trabajo de investigación tiene por objetivo, determinar las consecuencias del sistema de tratamiento de aguas residuales en la contaminación del agua subterránea en la ciudad universitaria de la UANCV en el 2015, la investigación se realizó guiada por el paradigma cuantitativo, diseño explicativo compuesto, cuasi experimental, para lo cual se realizó el recojo de información y los resultados de la investigación se trabajaron en el Laboratorio de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química y Facultad de Salud de la Universidad del Altiplano, posteriormente a ello se ingresaron los resultados para ser comparados con la norma peruana D.S. N° 002-2008 MINAM – ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AGUA, y D.S. N° 003-2010 MINAM – LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EFLUENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES , después se presentan los resultados obtenidos en cuadros e imágenes estadísticas con su respectiva interpretación de acuerdo a los objetivos e hipótesis de investigación planteados.

Con los resultados que se presentan claramente según los cuadros N° 02 y N° 03, de parámetros físico químicos y parámetros microbiológicos,, podemos afirmar que la contaminación de aguas subterráneas del campus universitario se encuentra contaminado por influencia directa del sistema de tratamiento de aguas residuales , y con los cuadros N° 04 y N° 05, características físico químico microbiológicas, podemos conocer las carga contaminante de los efluentes de este sistema actual el cual carece de operación y mantenimiento, mismo el cual que viene contaminando el agua subterránea, suelo , aire, paisaje, entre otros parámetros.



Finalmente, cabe señalar que se debe implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales más efectivo, y rentable a fin de poder obtener mejores resultados que mitiguen los efectos causados y que además nos brinden aportes a la institución.

LAS PALABRAS CLAVES: Sistema de tratamiento de aguas residuales, contaminación, estándares de calidad ambiental, límites máximos permisibles, agua subterránea, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno.





INTRODUCCIÓN

Debido a que las aguas residuales son de composición variada provenientes de descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier uso, así como la mezcla de ellas, contienen diferentes tipos de microorganismos contaminantes y las diferentes concentraciones, dependiendo de su fuente. La variada población de microorganismos en esta agua, proviene del suelo y de origen intestinal, incluyen aerobios y anaerobios estrictos y facultativos así como también numerosos virus.

Asimismo, existe en nuestro país el grave problema de contaminación de ríos, lagos acuíferos y costas debido a que estos son utilizados como depósito de todos los desechos generados por las actividades humanas. Estos microorganismos pueden sobrevivir al tratamiento, por lo que su reúso por ejemplo en riego agrícola, actividades recreativas: Aguas de piscinas, baños de hidromasaje, aguas potables naturales, actividades piscícolas y aguas marinas superficiales (playas), representan un riesgo potencial a la salud pública.

La presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando organismos patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano.



CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Desde hace mucho tiempo la disposición y tratamiento de las aguas servidas industriales, comerciales y domésticas, ha sido un problema que ha generado preocupación en los entes públicos y privados encargados de preservar el medio ambiente. Las entidades receptoras como el mar, ríos, suelo, acuíferos y lagos en muchas ocasiones no han sido capaces por si solas de absorber y neutralizar la carga polucional que tales residuos imponen. Por lo tanto estos volúmenes de agua han venido perdiendo sus condiciones neutrales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática o terrestre adecuada, que responda al equilibrio ecológico.

La disposición de aguas residuales sin tratamiento alguno y las aguas residuales tratadas inadecuadamente contaminan los cuerpos de agua natural. A su vez, por infiltración en el subsuelo contaminan las



aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de las poblaciones, así como para la flora y fauna del lugar¹.

Es de gran importancia, desde el punto de vista del saneamiento ambiental, la necesidad de darle un tratamiento adecuado a las aguas residuales generadas por las distintas actividades de una población, institución o ciudad, ya que a partir de las mismas, se realizará la recarga de los acuíferos. Además el vertimiento de estas aguas residuales, dependiendo del grado de descarga, ocasiona problemas de contaminación en el suelo, en las aguas subterráneas y en el aire, lo que puede generar problemas graves de salud pública.

La evacuación inmediata y sin molestias del agua servida de sus fuentes de generación seguida de su tratamiento y eliminación, es no solo deseable, sino también necesaria en toda localidad.

Esta necesidad de saber la eficiencia del tratamiento de aguas, surge debido a que el vertido directo de las aguas servidas al ambiente plantea una serie de problemas en cuanto a las repercusiones sanitarias que dicha práctica puede tener, y que afecta directamente al agua subterránea que es consumida por esa zona.

El propósito de esta investigación por tanto es poder ser pioneros en la impulsión de tratamientos de aguas residuales efectivos, económicos y rentables en el transcurso del tiempo sirviendo así de

¹ OEFA, Abril 2015



ejemplo para otros entes académicos, públicos y privados, y también servir de antecedente para futuros estudios relacionados a mejorar la imagen técnica, y social de nuestra casa de estudios.

1.2. FORMULACIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las consecuencias del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en la Contaminación del Agua Subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV en el año 2015?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- E1 ¿Cuál es la influencia del sistema de tratamiento de aguas residuales y los parámetros fisicoquímicos de la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV?
- E2 ¿Qué influencia existe entre el Sistema de tratamiento de aguas residuales y los parámetros microbiológicos de la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV?
- E3 ¿Cuáles son las consecuencias de las características Fisicoquímicas del Sistema de tratamiento de aguas



residuales en la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV?

E4 ¿Qué consecuencias tiene las características microbiológicas del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en estructura acuífera de la Ciudad Universitaria de la UANCV?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo tiene gran importancia porque, las aguas servidas originadas en las instalaciones de la ciudad universitaria de la UANCV son vertidas al ambiente, frente a esto la investigación desea demostrar objetivamente su responsabilidad con el ambiente y el agua subterránea existente en dicha zona.

La preocupación por los efectos de la contaminación al ambiente desempeña un papel cada vez más importante en la elección y diseño de los sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Con la falta de control de disposición de efluentes, se ha puesto manifiesto conocer los efectos de los medios mitigadores actuales, para poder proponer medios para mejorar o cambiar las técnicas usadas actualmente. En la actualidad se hace hincapié en mejorar los medios de eliminación de residuos sólidos y líquidos, y la UANCV como ente participe en el desarrollo de la ciudad de Juliaca no puede ser ajeno a este tema menos convirtiéndose en un agente contaminante, ya que existen



tratamientos avanzados para las aguas servidas que mejoran la calidad de los efluentes vertidos y destruyen los contaminantes.

Con la implementación de este proyecto se beneficiará directamente a la misma Universidad con el cumplimiento de sus obligaciones ambientales y sanitarias, también aportará como antecedente de investigación, y servirá para proponer cambios de mejora del tratamiento de aguas residuales y mitigar la contaminación del agua subterránea de la ciudad universitaria de la UANCV, y como es un proyecto nuevo a nivel de escuelas superiores nos beneficia en búsqueda continua de información y conocimiento del investigador, siendo un antecedente fiable para estudios próximos que se realicen.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las consecuencias del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales en la Contaminación del Agua Subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV en el año 2015.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- O1 Conocer la influencia entre el sistema de tratamiento de aguas residuales y los parámetros fisicoquímicos de la estructura acuífera del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.



- O2 Explicar la influencia entre el sistema de tratamiento de aguas residuales y los parámetros microbiológicos de la estructura acuífera del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.
- O3 Identificar las consecuencias de las características fisicoquímicas de las aguas residuales en la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.
- O4 Analizar las consecuencias de las características microbiológicas de las aguas residuales en la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.



CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

PAÍS: CHILE

TÍTULO: CONTAMINACIÓN DIFUSA EN ACUÍFEROS: ESTUDIO DE CASO EN LA COMUNA DE COLINA, REGIÓN METROPOLITANA

AUTOR: Andrea Morlans López **AÑO:** 2010

CONCLUSIONES:

- La comuna de Colina se encuentra ubicada en la zona norte de la Región Metropolitana. Históricamente, esta comuna ha tenido un fuerte desarrollo agrícola debido a que los suelos del sector presentan una muy buena aptitud para los cultivos. Además,



esta comuna ha tenido un aumento importante en su población en los últimos años. Frente a esto nace la preocupación de la contaminación difusa que puede haber en el sector.

- Se decidió evaluar la vulnerabilidad del acuífero mediante la metodología propuesta en el manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad, realizado por la DGA, asociado al D.S. 46/02, la cual realiza una evaluación utilizando características del suelo, de las recargas y de la litología, profundidad y grado de confinamiento del acuífero. De la realización de los mapas de vulnerabilidad, se concluye que la metodología utilizada es muy importante, ya que los resultados varían bastante entre una y otra metodología.
- Al realizar una comparación de la metodología elegida con la metodología GOD, se puede concluir que la forma de calcular el puntaje final es primordial. La forma de ponderación que utiliza la metodología GOD no es muy sensible a la profundidad del acuífero y depende mayoritariamente del tipo de acuífero y de la litología de la zona no saturada. La metodología BGR también es sensible a la litología de la zona no saturada y al tipo de confinamiento pero es mucho más sensible a la profundidad a la cual se encuentra el acuífero.
- El mapa de vulnerabilidad obtenido, según el manual de la DGA, muestra que toda la comuna presenta un grado de vulnerabilidad



bajo. Esto se produce porque los sectores donde el acuífero es libre, presentan sus acuíferos demasiado profundos, lo que produce que el tiempo de viaje de los contaminantes sea alto y que además estén más tiempo expuestos a las reacciones naturales que sufren en el suelo. Por otro lado, los sectores que presentan acuíferos más someros, se encuentran confinados, lo cual le da una protección extra al acuífero.

- Con respecto a las fuentes contaminantes difusas del sector, se concluye que las más importantes son las fuentes agrícolas y las domésticas con sistemas de eliminación de aguas residuales in situ. De los mapas de carga contaminante se concluye que la mayor parte de la comuna presenta una carga moderada.
- La agricultura presenta una carga moderada debido a que aún existen sistemas de riego ineficientes en el sector y por una presencia importante de cultivos anuales, los cuales desgastan los suelos y poseen una demanda menos constante de nutrientes. Por otro lado, la ausencia de alcantarillado genera una carga contaminante moderada en todo el sector. El único sector que presenta una carga contaminante distinta es el sector de Colina urbano, debido a la presencia de alcantarillado en casi un 100%, lo cual genera una carga contaminante baja.
- Debido a la posible ausencia de alcantarillado en los parques industriales de la comuna, se decidió agregar estos sectores en



los análisis, pese a que no son fuentes difusas. Estas zonas presentan una carga contaminante alta, debido a la posibilidad de que Riles contaminantes sean infiltrados hacia el acuífero.

- De la superposición de los mapas de vulnerabilidad y de carga contaminante, se concluye que el riesgo de contaminación de la comuna es moderado. Esto se produce porque la baja vulnerabilidad que presentan los acuíferos del sector atenúa las cargas contaminantes.
- Además de los mapas de vulnerabilidad se realizó una comparación de ellos frente a la calidad de agua del sector. Para realizar esto, se busca la presencia de contaminantes asociados a fuentes difusas en el agua subterránea. Los principales contaminantes asociados a estas fuentes son los compuestos nitrogenados, compuestos fosfatados y los patógenos. De estos, el mejor indicador de contaminación en acuíferos, dada su persistencia y movilidad, son los nitratos.
- Del análisis de los nitratos se concluye que existe cierta correlación entre los mapas de vulnerabilidad y de nitratos, pero los mapas de vulnerabilidad no son capaces de replicar la realidad. Al realizar un análisis del área de estudio mediante el método de los polígonos de Thiessen, se concluye que el mapa de vulnerabilidad presenta diferencias con lo mostrado en el mapa de nitratos en un 50% del área de la comuna.



- Esto significa que la mitad de área comunal presenta una cantidad de nitratos moderada o alta, niveles que no se encuentran presentes en los mapas de vulnerabilidad. Esto podría ser muy relevante en las futuras medidas contra la contaminación o de zonificación que el municipio ejecute.
- Finalmente, en forma general, se concluye que la comuna presenta una vulnerabilidad baja según el método BGR, pero el riesgo finalmente es moderado debido a las cargas contaminantes considerables del sector. Además, los mapas de vulnerabilidad presentan limitaciones que deben ser consideradas al utilizarlos, como son la correlación inexacta con calidad del agua real del sector y las diferencias de grados de vulnerabilidad que se producen entre distintas metodologías de evaluación.

PAÍS: VENEZUELA

TÍTULO: DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

AUTOR: Freddy Aníbal Martínez; Tibisay D. Ysase Cova

AÑO: 2007



CONCLUSIONES:

- Las plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas son un elemento esencial para la eliminación de desechos contaminantes producidos por el hombre.
- Las plantas de tratamientos de aguas residuales son muy importantes para controlar los elementos nocivos vertidos en los cuerpos de agua, preservando así estos ecosistemas acuáticos, y a la vez también controlando los elementos patógenos, dañinos para la salud pública.
- Las plantas de tratamientos de aguas residuales anaerobias tipo UASB, en la actualidad están siendo muy empleadas en países tropicales como el nuestro, debido a la gran eficiencia en la remoción de agentes contaminantes y por sus bajos costos de funcionamiento.
- Las plantas de tratamiento de aguas residuales con equipos avanzados para la reutilización del agua son de mucha utilidad en aquellos lugares donde la escasez de agua representa problemas de gran envergadura.



- Los tratamientos de aguas residuales empleados por los países en vías de desarrollo incluyen generalmente, el pre tratamiento, el tratamiento primario y secundario, no incluyendo el tratamiento terciarios o avanzado por los altos costo que ellos implican.
- La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ciudad de Guanta, al igual que todas las plantas con sistema de tratamiento anaerobio, presenta la desventaja de suministrar malos olores al ambiente.

PAÍS: ECUADOR

TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LA DESCARGA DE AGUAS GRISES Y NEGRAS EN EL TERMINAL DE GLP OYAMBARO.

AUTOR: Katherine Elizabeth Contreras Barros **AÑO:** 2009

CONCLUSIONES:

- De las observaciones realizadas en el levantamiento de datos se puede manifestar que se da un mal manejo al pozo séptico, no se realiza limpieza y mantenimiento. Este tipo de sistemas requiere de inspecciones periódicas por lo menos una vez al año para asegurar que el nivel del lodo no exceda los 80cm y la limpieza debe ser cada 3 años. Se puede justificar una limpieza



antes de cumplir con el periodo de 3 años, en caso de que las inspecciones periódicas determinen que el nivel de lodos supera los 80 cm.

- En el terminal las aguas de lluvias son evacuadas mediante canales perimetrales que bordean todas las instalaciones, pero el agua lluvia que se recoge de la losa superior de los dormitorios del personal (servicio de alimentación y limpieza) se unen a las aguas residuales mediante tuberías, que en épocas invernales donde hay fuertes precipitaciones puede presentar un problema para el sistema de tratamiento, influyendo en el aumento de caudal y en la dilución de las aguas residuales.
- El tratamiento primario no genera un efluente que satisfaga las condiciones para el vertido directo a un cuerpo receptor pese a que mantiene buena remoción de contaminantes esto hace indispensable la implementación de un tratamiento secundario que mejore las condiciones del agua para la descarga.
- La implementación del tratamiento secundario garantizara un efluente apto para el vertido directo, evitando la contaminación de la quebrada cumpliendo con la normativa actual y protegiendo la salud de quienes utilizan la quebrada como abrevadero de sus animales.



- Con el análisis realizado la alternativa seleccionada conlleva a procesos biológicos de cultivo fijo para el tratamiento secundario mediante un filtro biológico que utilizara PVC como medio de contacto que asegura la remoción de contaminantes.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

TÍTULO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SAN JUAN DE MIRAFLORES.

AUTOR: Ramón Enrique Espinoza Paz **AÑO:** 2010

CONCLUSIONES:

- Tal como se ha podido observar en los diferentes resultados presentados en los informes correspondientes, no existe un comportamiento completamente definido de las características de las aguas residuales (caudal, concentraciones).
- Se recomienda tener mucho cuidado en el proceso de tratamiento si se opta por la alternativa de operar la planta por niveles de oxígeno en las diferentes lagunas, dado a que si se produce cualquier problema en el sensor de medición de OD, esto ocasionará un perjuicio al proceso de tratamiento ó el encendido de mayor número de aereadores, lo cual demandará un mayor egreso de recursos para la empresa operadora.



- Efectuar un mantenimiento, limpieza y lubricación de los aereadores de forma continua y programada. La adopción de esta medida permitirá efectuar el tratamiento de las aguas residuales, conservar los equipos y por ende garantizar la inversión realizada en la adquisición de los mismos.
- Se recomienda colocar los sensores de oxígeno disuelto y pH de las diferentes lagunas, dado a que actualmente los valores registrados por los instrumentos no son valores correctos, por lo cual no es posible optimizar completamente el encendido-apagado de aereadores. Se recomienda que personal de SEDAPAL que dispone de equipos para medición en campo efectúe la contrastación de los valores registrados por los diferentes sensores instalados al interior de la PTAR San Juan.
- Otra de las actividades de fundamental importancia para garantizar el eficiente funcionamiento de la planta, lo constituye la implementación de un programa de muestreo y análisis de laboratorio, por lo cual se recomienda efectuar un control de la eficiencia de los procesos de tratamiento, tal como el señalado en los manuales de operación y mantenimiento de las PTARs. La adopción de un programa de muestreo tal como el señalado, permitirá a SEDAPAL una vez que cuente con suficientes resultados correctamente interpretados, la disminución tanto de puntos de muestreo, así como la reducción de parámetros a ser



analizados. Adicionalmente cabe señalar que durante la fase de llenado inicial de las baterías 1 y 2 se han presentado variaciones significativas en la calidad del afluente, lo cual ha sido evidenciado en el transcurso de los días en algunas de las lagunas por el cambio de coloración de las mismas, por lo cual la implementación de un programa de muestreo y análisis nos permitirá tomar las medidas correctivas que el caso amerite.

- Una vez que los sensores de OD se encuentren en perfecto estado y funcionando normalmente, se recomienda efectuar una limpieza y lavado de los mismos por lo menos tres veces por semana, para de esta forma garantizar el estado de la medición del mismo.
- Es necesaria la supervisión continua tanto del proceso de tratamiento como del funcionamiento de los diferentes equipos instalados en la planta de tratamiento de aguas residuales, por lo cual se recomienda contratar el personal mínimo necesario como el señalado en los manuales de arranque, operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales elaborados por el diseñador.
- Una planta de las características y de la magnitud de las instalaciones de San Juan, requiere un profesional en la ingeniería sanitaria de forma permanente y continua.



- Se recomienda dar continuidad y permanencia al personal eficiente que labora en la operación y mantenimiento de las PTARs, dado a que esto nos garantizará una eficiencia en el tratamiento al interior de la estación depuradora. Debe darse prioridad al personal que asistió de forma permanente y que demostró su interés por las labores a efectuarse, caso contrario se estará perdiendo personal calificado y entrenado por los diferentes especialistas en la materia.
- Uno de los puntos críticos de una estación de tratamiento lo constituyen las estructuras de pretratamiento, por lo cual se recomienda destinar personal que labore exclusivamente en esta área, debido a que es una zona que requiere de supervisión, operación y limpieza continua. La adopción de esta medida permitirá mitigar el problema de olores y moscas en la planta de tratamiento.
- Se recomienda conformar un equipo común para mantenimiento de todas las instalaciones del proyecto MESIAS, dado a que no se considera necesario un equipo para mantenimiento por PTAR, sino sólo un técnico eléctrico o mecánico el mismo que puede ser parte de este equipo tal como se señala en los manuales de operación y mantenimiento elaborados.
- Para la ejecución de requerimientos y reportes adicionales en el sistema de monitoreo, transmisión y control, se recomienda que



las mismas sean efectuadas bajo la modalidad de contrato temporal, dado a que son labores eventuales que no necesitan personal de forma permanente, en virtud a que todo el sistema ya fue diseñado y se encuentra operando satisfactoriamente.

- Al interior de los manuales de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales está indicado un listado mínimo de equipos, herramientas y accesorios para el normal desarrollo de las labores al interior de la planta, por lo cual y mientras se realiza la adquisición de los mencionados materiales.
- Es indispensable la adquisición de un equipo portátil para medición de oxígeno disuelto y pH, los mismos que deberá cumplir con los siguientes requisitos como mínimo:
 - ✓ Indicar estado de lectura de medición (Buena, regular, mala).
 - ✓ Un stock adecuado de membranas y soluciones electrolíticas.
 - ✓ Un stock adecuado de buffers.
 - ✓ Sonda independiente del display de medición con cable para medición hasta 5 metros.
 - ✓ Sonda de repuesto con cable para medición hasta 5 metros.
 - ✓ Opción para programación de mediciones y almacenamiento de datos.



- Software para captura de datos.

- La adquisición de este implemento indispensable para el desarrollo de las labores de operación, permitirá optimizar el funcionamiento de equipos de aereación, con el consiguiente ahorro de recursos para la Institución encargada de la planta.

- Bombas para limpieza de desarenadores.

- Combustible para el equipo automotor con que se dispone, dado a que la falta de continuidad en la operación del mismo puede ocasionar su daño definitivo, lo cual demandará el egreso de recursos y la pérdida de capacidad operativa.

- Debe efectuarse la adquisición de los implementos necesarios para el mantenimiento de aereadores (accesorios para montaje y desmontaje de aereadores, bote, remos, salvavidas, etc), de forma de garantizar la integridad de los mismos.

- Utilizar la misma nomenclatura en las diferentes pantallas de presentación del Sistema SCADA (por siglas en ingles de Supervisory Control And Data Acquisition) y de las pantallas de presentación de resultados (solo en español). Por ejemplo: en algunos lugares a los medidores de caudal se les nombra como FM y en otros MC.



- Utilizar la nomenclatura comúnmente utilizada en las pantallas de presentación y en los reportes, en lo relacionado con oxígeno disuelto y pH. Por ejm, actualmente se presenta el oxígeno disuelto como DO y en otras presentaciones como OD, y en lo relacionado a pH, se presenta como Ph o PH.
- Verificar el almacenamiento de los diferentes registros históricos, dado a que se ha podido verificar que no hay un registro continuo de las corrientes de la bomba de arena 1-2.
- Los valores de caudal horario presentados en el reporte diario, corresponden al valor puntual tomado en esa hora, por lo cual se recomienda que el valor a presentarse en el cuadro en mención sea el promedio aritmético de los seis valores puntuales tomados en esa hora.
- Los valores de oxígeno disuelto horario presentados en el reporte diario, corresponden al valor puntual tomado en esa hora, por lo cual se recomienda que el valor a presentarse en el cuadro en mención sea el promedio ponderado con el caudal de los seis valores puntuales tomados en esa hora.
- De igual manera que para el valor de oxígeno disuelto se recomienda para el valor de pH, es decir presentar el promedio ponderado con el caudal. Se recomienda analizar los valores de



pH puntuales obtenidos y de ser el caso de que no exista una variación significativa, se puede optar por la presentación del valor puntual medido por el instrumento.

- Si bien el sistema dispone de registros históricos de todos los parámetros de control y de los parámetros de funcionamiento de los equipos, en la actualidad solo es posible visualizarlos a través de los respectivos códigos, por lo cual se recomienda implementar al software existente la opción de visualización de por lo menos los parámetros más importantes.
- De los resultados obtenidos en las cuatro campañas de muestreo y análisis efectuadas en la PTAR San Juan y de la toma de dos muestras puntuales en los efluentes de las diferentes lagunas, se desprende que la planta se encuentra funcionando eficientemente y que se está cumpliendo con los requisitos proyectados para la calidad del efluente.
- Debe efectuarse un análisis minucioso de la calidad del afluente, dado a que de los valores obtenidos se desprende que las características de las aguas residuales son significativamente superiores a los valores establecidos para los diseños de la misma. Una vez que se tenga pleno conocimiento de estas características y cuando se disponga de todos los sensores de oxígeno disuelto funcionando correctamente, se podrá optimizar de mejor manera el funcionamiento de la PTAR San Juan.



- La mayoría de las empresas de servicio de agua, que son las responsables del manejo de las aguas residuales no tienen capacidad para asumir las inversiones y costos operativos del tratamiento.
- El costo del tratamiento de aguas residuales no ha sido incorporado en las tarifas de agua y saneamiento. Las autoridades se resisten a agregar estos costos de tratamiento al costo de vida en la ciudad y asumen solo los de abastecimiento de agua y alcantarillado. En el caso de alcantarillado lo manejan como un porcentaje del costo del abastecimiento de agua.
- No existen mecanismos ni espacios de coordinación y concertación entre los responsables de la regulación, quienes manejan las aguas residuales domésticas, ni entre los grupos de usuarios o afectados por los vertimientos.
- La mayoría de decisiones respecto a los parámetros de control de calidad del agua, distribución de los costos asociados al tratamiento, disposición de las aguas residuales y su uso para riego, se toman de forma unilateral y sin mayor participación de los otros grupos de interés.
- Existe la necesidad de una evaluación más amplia de las actuales tecnologías de bajo costo para el tratamiento de las



aguas residuales a la luz de las prioridades específicas de la eliminación de patógenos.

- Si bien las lagunas de estabilización han sido estudiadas ampliamente y se sabe que son efectivas para remoción de helmintos y bacterias, existe una urgente necesidad de evaluar la eficiencia de los sistemas que permitan una utilización más eficiente del terreno, tales como las lagunas facultativas de maduración profundas (> 3 m), así como lagunas aireadas de varios diseños, las cuales puedan ser utilizadas en caso que no puedan construirse sistemas convencionales de lagunas (debido, por ejemplo, a altos costos de terreno, topografía adversa, o insuficiencia de tierras de cultivo). Hasta la fecha, no se ha realizado un estudio acerca de la eficiencia de estos sistemas en la remoción de helmintos.
- Asumiéndose que las lagunas aireadas de alta energía sólo logren una remoción limitada de helmintos, existe la necesidad de desarrollar y evaluar tecnologías adicionales específicas de tratamiento de las aguas residuales para la remoción de helmintos, las cuales podrían ser utilizadas como una segunda fase para las lagunas aireadas. Entre los ejemplos de las posibles tecnologías que deberían evaluarse están incluidas:
 - ✓ la filtración;
 - ✓ la microtamización (microtamices y membranas);



- ✓ la coagulación química;
 - ✓ la desinfección ovicida.
- Es necesario desarrollar y evaluar tecnologías intermedias que puedan ser empleadas como medidas provisionales o paliativas para mejorar las condiciones existentes de reutilización descontrolada de las aguas residuales que presentan graves riesgos para la salud. Se debe poner un énfasis especial en la determinación de configuraciones de diseño óptimas y en los períodos de retención mínimos que se requieren para una remoción efectiva de helmintos en las lagunas anaeróbicas utilizadas para el tratamiento primario o en sistemas similares con períodos de retención relativamente cortos.
 - Desarrollo de sistemas mecánicos simples para evacuar el lodo de las lagunas anaeróbicas con el fin de eliminar la necesidad de interrumpir la operación (por ejemplo, bombas portátiles para lodo, dragas).
 - Estudio de los criterios de diseño y de la eficiencia en la remoción de patógenos de los sistemas de lagunas diseñados principalmente para el tratamiento de efluentes de tanques sépticos y excretas humanas.
 - El sistema de tratamiento de lagunas de estabilización existente en San Juan presentaba una distribución inadecuada de gastos a las baterías alta y baja, ya que la estructura derivadora



ubicada al ingreso de la planta permite el paso incontrolado de caudal a la batería alta, adicionalmente un gran volumen es derivado hacia la parte alta de las lagunas donde se realiza irrigación con desagües sin tratar.

- Las características de las estructuras existentes para la alimentación a las lagunas no permiten controlar adecuadamente el gasto que alimenta a las mismas.
- La forma de alimentación a las lagunas primarias, hace que no exista una buena distribución de sólidos, provocando azolvamiento (formación de depósitos de lodos) en la zona contigua al ingreso del afluente, asimismo en algunas lagunas las salidas están cerca del ingreso provocando que existan cortocircuitos y amplias zonas muertas.
- Las lagunas de la batería alta trabaja sobrecargadas, debido a la reducción del área que efectuó el CEPIS (batería baja), para la crianza de peces, lo que representa una disminución considerable del área efectiva (20%) de tratamiento, siendo esta la causa principal de los olores existentes en la zona.
- Existiendo una reducción del área efectiva de tratamiento así como malos olores en la zona, se concluye que la calidad actual del efluente del sistema se encuentra fuera de norma para el uso que se destina que es el de riego agrícola.



- Debido a los problemas de calidad de efluente, que deriva en problema de olores, la población vecina viene manifestándose que deben reubicarse las actuales lagunas, por tal motivo se requiere una ampliación de la capacidad de tratamiento, con la finalidad de obtener un efluente que cumpla con las normas de descarga vigentes en el país, lo que generará una disminución o desaparición de malos olores y como consecuencia el fin de los reclamos de la población vecina.
- La alternativa de lagunas aireadas con lagunas facultativas de acabado es la más conveniente, debido a que es un sistema de tratamiento intermedio entre los sistemas lagunares y los sistemas avanzados.
- La DBO₅ lograda en el efluente es adecuada para alimentar las lagunas facultativas, produciéndose en el efluente de las lagunas facultativas una DBO₅ inferior a 30 mg/l.
- Permite tener más versatilidad en la selección de diversos tipos de aireación posibilitando reducir los costos de inversión y O&M hallados preliminarmente.
- Disminución drástica de los olores al suministrar oxígeno en la primera etapa del tratamiento, no dependiendo de factores naturales (luz solar, fotosíntesis, viento).



- Este tipo de tratamiento produce muy poco lodo, y el lodo producido es digerido en la misma laguna, por lo que requiere solamente de un área para disponerlos directamente.
- Debido a su alto periodo de retención (de 6 a 10 días), pueden asimilar sobrecargas hidráulicas y orgánicas sin afectar sustancialmente su eficiencia.
- Adicionalmente hay que considerar que de acuerdo al área existente destinada para la elaboración del proyecto, la alternativa de lagunas facultativas requerían de una mayor área que no estaba disponible para su obtención.
- Los problemas y las áreas críticas propensas a sufrir daños y pérdidas, en los sectores donde se encuentran las instalaciones de tratamiento y donde se han instalado las líneas de conducción, ya identificados requieren de acciones para la reducción de los impactos negativos, los cuales se mencionan a continuación y algunos de los cuales ya se están implementando.
- Fugas o salidas accidentales de desagües no tratados: Implementación de medidas estrictas de control, automatización de válvulas de control, sistema SCADA.
- Posibles emisiones de olores en el área de la planta de tratamiento: Implementación de cerco de árboles en especial en



la zona del pre-tratamiento, cinturón ecológico en todo el perímetro de la planta.

- Riesgos de derrames o inundación de la planta y/o colectores en casos de sismos: Incorporación de diseños antisísmicos y tuberías de gran resistencia de unión flexible.
- Posible infiltración en la napa freática durante la operación en la planta: El diseño consideró la impermeabilización de las estructuras de almacenamiento.
- Generación de residuos sólidos: Recolección de material con medidas de seguridad adecuadas y equipo propio.
- Posible alteración de los niveles de nutrientes en Playa Venecia por rebose de efluente de la planta: Coordinación con entes oficiales para maximizar reuso de efluentes y monitoreo de la calidad del efluente, construcción de emisor submarino en la descarga.
- Deforestación por construcción de planta: Reforestación de 14 hectáreas en planta San Juan para cinturón ecológico y áreas verdes.
- Posibles afecciones a la salud por moscas, zancudos y roedores, Franjas de protección de amplitud suficiente, manteniendo alejados asentamientos humanos y actividades económicas, previéndose desinfecciones periódicas.



TÍTULO: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RIEGO AGRÍCOLA EN EL SUB SECTOR SAN AGUSTÍN - CALLAO (PERÚ)

AUTOR: Ernesto Enrique Montoya Fuchs. **AÑO:** 2011

CONCLUSIONES:

- En la actualidad en el sub – sector de riego San Agustín (Callao) existe el reuso de aguas residuales sin tratar, para el riego de 534.75 has. de cultivos en su mayoría hortalizas, la calidad del agua no es apta para el riego de ningún tipo de cultivos, lo que constituye un riesgo sanitario potencial.
- Los agricultores de esta zona agrícola alcanzan altos rendimientos en sus cultivos, incluso por encima del promedio nacional, debido al poder fertilizante del agua cruda, por lo que en términos económicos representa una actividad rentable.
- Los agricultores de San Agustín se desempeñan eficientemente con el reuso de las aguas residuales; es por ello que se propone mantener su uso, pero dándole un tratamiento adecuado al agua.



- La opción tecnológica elegida para el tratamiento de las aguas residuales es el sistema combinado de lagunas anaerobias cubiertas con geotextil y humedales artificiales (verticales y horizontales), dado que garantiza una calidad de efluente adecuada para el riego agrícola, un bajo nivel de riesgo por presencia de aves y una mejora paisajística del entorno cercano entre otras bondades.
- Para reducir el área de terreno y el costo de inversión, se ha planteado que el sistema de tratamiento debe ir acompañado con una reconversión del sistema de riego actual a "Evaluación de las alternativas para la instalación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con fines de riego agrícola en el sub sector San Agustín – Callao (Perú)" riego tecnificado por goteo, lo cual reduce la demanda de agua para riego a 68.22 l/s y el área requerida para la planta de tratamiento a 4.96 has.
- El costo de construcción de la planta de tratamiento asciende a la suma de US\$ 543.164,07 y se sugiere sea financiado por el Gobierno Regional del Callao, como un préstamo a los agricultores, quienes podrían amortizar su deuda en cuotas mensuales de alrededor de US\$ 8.92 por c/u, en el transcurso de la vida útil de la planta de tratamiento (25 años).
- La administración, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales estaría a cargo de la Comisión



de Regantes del sub – sector de riego San Agustín (Callao), bajo una posible supervisión del Gobierno Regional del Callao, pudiéndose contar con la asesoría de instituciones afines al proyecto como la Universidad Nacional Agraria La Molina. Asimismo los costos generados por la operación y mantenimiento del sistema ascienden a US\$ 20,535.96 anuales, los que podrían ser cubiertos mediante el cobro de una cuota mensual a los agricultores, ascendente a US\$ 0.34 por c/u, bajo la responsabilidad de la Comisión de Regantes.

- El estudio de impacto ambiental señala que los impactos significativos son positivos debido al efecto multiplicador y expansivo que posee la actividad. En cambio, los impactos negativos son leves o moderados (muy localizados, aunque permanentes), como el caso de la pérdida de terreno. Por otro lado, de acuerdo con las acciones inmediatas a ser implementadas por terceros, como el Proyecto Interceptor Norte y la posibilidad de derivar toda el agua residual hacia un emisario submarino, el uso adecuado de las aguas residuales tratadas es la única alternativa para mantener la actividad agrícola en el área.
- En cuanto a la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta por el gobierno peruano, como parte del Proyecto del Interceptor Norte (SEDAPAL) en la zona de la playa Oquendo (Callao), cabe mencionar que dicha planta ha sido concebida



para brindar un tratamiento primario a los desagües de Lima, mas no para un reuso agrícola; por lo que la opción sugerida en el trabajo de tesis presenta una posición bastante clara al respecto. Asimismo si el estado vía SEDAPAL optara por tratar las aguas de la planta de Oquendo hasta un tratamiento secundario, con fines de reuso agrícola; habría un costo implícito por el tendido de tuberías y mantenimiento permanente por el bombeo del agua tratada en contra pendiente, desde la zona de Oquendo (Callao) hasta el sub – sector de riego San Agustín.

- El tratamiento de las aguas residuales en el sub – sector de riego San Agustín (Callao), permitirá la incursión paulatina en nuevas tecnologías de sistemas de riego, como el de tipo goteo, dado que al contar con agua tratada apta para las actividades agrícolas, se podrá utilizar dicha fuente en el riego localizado, permitiendo elevar la producción hortícola en la zona y el ahorro de agua, debido al menor caudal a tratar gracias a la tecnificación proyectada para el riego (goteo), que optimiza el uso del agua y minimiza las pérdidas.
- La mejora en los cultivos obtenidos a partir del reuso del agua residual tratada, podría permitir que San Agustín se convierta en la gran despensa agrícola de la zona del Callao; ofertando alrededor de 55,000 toneladas métricas anuales de hortalizas frescas de bajo costo y buena calidad sanitaria a los pobladores del primer puerto, así como también de los mercados de Lima



(agricultura urbana). Por otra parte y en este sentido lograr progresivamente la exportación de los productos de San Agustín al mercado mundial.

TÍTULO: CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO EN CENTROS POBLADOS MENORES DE LA YARADA Y LOS PALOS DEL DISTRITO DE TACNA.

AUTOR: César Alberto Cutimbo Ticona.

AÑO: 2012

CONCLUSIONES:

- De los 46 pozos muestreados entre los meses de Abril y Junio del 2012 en los que presentaron un agua no apta para el consumo humano fueron: para bacterias de recuento de Bacterias Heterotróficas 2%, para Coliformes Totales 54% y para Coliformes Termotolerantes 11%.
- De los 46 pozos muestreados 21 (46%) se encontraron bacteriológicamente aptos para el consumo humano; 25 (54%) no aptos.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 SISTEMA DE AGUAS DE RESIDUALES

EL AGUA

El agua es el compuesto que se precipita desde la atmosfera en los días lluviosos. El agua corre por los ríos es la que llega diario a nuestras casas. Esta misma la compramos en botellas para beber y saciar la sed.

El agua es un recurso natural cuyas dimensiones debemos conocer como punto de partida. Como los casquetes polares están muy alejados de las poblaciones, el volumen de agua realmente disponible en la tierra se estima en 7 millones de kilómetros cúbicos existentes en:

Lagos: 123,000 km³

Corrientes: 1,230 km³

Mantos acuíferos: hasta 800 metros de profundidad: 3x10000000 km³

Aguas profundas: 4x10000000 km³

La atmosfera: 12,700 km³

Solo la tercera parte de la tierra se encuentra bien dotada de agua; lo demás es árido o semiárido. El agua es un elemento esencial e insustituible en todos los órdenes de la vida. En ella viven y se multiplican casi todos los organismos; las bacterias, los virus, los animales superiores y las plantas. Para todos los seres vivos, el agua contribuye a la formación de todos los diversos líquidos biológicos



necesarios para los procesos metabólicos, en especial la asimilación y digestión de alimentos.

La sangre es agua en una proporción de 9/10 partes. El 70% del peso de nuestro cuerpo es por el agua.

El ciclo hidrológico del agua representa el cambio permanente del agua entre sus diferentes estados y su participación en los procesos de vida en la tierra.

PROPIEDADES DEL AGUA

Como compuesto químico, el agua presenta propiedades que la alejan de los compuestos que tienen una conformación molecular similar; sus características la hacen especial en su estudio, porque:

Es la única sustancia que en estado natural se presenta sobre la tierra, al mismo tiempo bajo los tres estados físicos; sólido en los casquetes polares y nevados, líquido en los mares, lagos y ríos, y gaseoso como parte del aire en forma de vapor de agua.

El volumen de las sustancias disminuye al enfriarlas; el agua cuando llega a 4°C, empieza a dilatarse y disminuye su densidad. A 0°C sufre una dilatación abrupta; su volumen aumenta en una onceava parte al transformarse en hielo. Se favorece así, la vida acuática en las épocas de invierno, ya que la capa de hielo, por ser superficial, no impide el desarrollo de los procesos biológicos en los lagos y los ríos.



El agua tiene a tensión superficial más alta de todos los líquidos comunes y por esto, posee una gran capacidad erosiva.

Tiene una gran cohesión y se adhiere a la mayoría de las sustancias solidas que entra en contacto. La combinación de la tensión superficial y la adherencia, pueden levantar una columna de agua; comportamiento que se conoce como capilaridad y se relaciona con la circulación del agua en los suelos y a través de las raíces y tallos de las plantas.

Tiene capacidad de diluir muchas sustancias debido a su alto momento dipolar y a un ala constante dieléctrica.

Es la sustancia que más se aproxima al solvente químico universal. Los lagos, ríos y mares son soluciones acuosas. No se encuentra pura dentro de la naturaleza.

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

El agua natural es una solución de diversos compuestos que se van adhiriendo al agua, de acuerdo a los procesos del ciclo hidrológico, estos le dan un carácter diferente a las aguas naturales, de acuerdo a la composición de los suelos, y a su ubicación y a los procesos físicos y químicos que se realizan durante su paso. El agua posee entonces unas características variables que la hacen diferente, de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo a:



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

SOLIDOS

Es la materia sólida contenida en el agua, ya sea disuelta o en suspensión. Los sólidos pueden estar constituidos por materia orgánica, arena, arcilla, materia coloidal, etc.

OLOR

Es debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.

TEMPERATURA

Suele ser más elevada que la del agua de suministro, debido principalmente a la incorporación de aguas con mayor temperatura procedente de los diferentes usos.

DENSIDAD

Se define como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m³.

COLOR

Puede representar el tiempo de existencia del agua residual; se determina cualitativamente en función de su color y olor.

TURBIEDAD

Se emplea para determinar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales, en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

El número de parámetros para analizar, depende de las necesidades propias y de un mínimo establecido por la ley. El estudio de las características químicas del agua residual, se aborda en cuatro parámetros

MATERIA ORGÁNICA

Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.

COMPUESTOS ORGÁNICOS

Son aquellos que en su estructura química contienen carbono, hidrogeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno.

MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

Los parámetros de mayor utilización para cuantificar materia orgánica son: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO_5).

MATERIA INORGÁNICA

Son sustancias de importancia para la determinación y control de la calidad del agua y se deben tanto al proceso natural del ciclo del agua, como a las descargas hechas durante el ciclo del uso del agua.

Otros parámetros de gran importancia que caracterizan a las aguas residuales son:

Temperatura

pH

Materia flotante



- Sólidos Totales (ST)
- Sólidos sedimentables (SS)
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos disueltos totales (SDT)
- Sólidos suspendidos volátiles (SSV)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Nitrógeno total
- Nitrógeno amoniacal
- Nitratos
- Nitritos
- Fosforo total
- Grasas y aceites
- Sustancias azul de metileno (SAAM)
- Arsénico
- Cadmio
- Sulfato
- Cianuro
- Zinc
- Cobre
- Mercurio
- Níquel
- Plomo
- Bario
- Dureza total
- Alcalinidad total



Sílice

Cloruros

Azufre

Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Cloro

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los principales grupos de organismos presentes, tanto en aguas residuales como superficiales, se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias.

Los virus, también presentes en el agua residual, se clasifican en función del sujeto infectado.

PARÁMETROS Y CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

TEMPERATURA

La temperatura es el potencial o grado calorífico, referido a un cierto cuerpo. La temperatura del agua residual es comúnmente mayor que las aguas de suministro local, debido a la adición de agua caliente de los hogares y a las actividades industriales. Debido al calor específico del agua y del aire, la temperatura observada del agua residual, es superior a la temperatura local del aire, durante la mayor parte del año; solo es más bajo durante los meses más calurosos del verano.

Las variaciones de temperatura que se pueden esperar de las aguas residuales en el efluente, dependen de la época del año, el lugar y la hora; las temperaturas pueden ser más altas o más bajas que los valores de entrada correspondientes.



La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto en el desarrollo de la vida acuática, como en las reacciones químicas y las velocidades de reacción, así como la habilitación del agua para ciertos usos.

pH

La determinación rutinaria del pH se realiza de manera electrométrica a una temperatura específica. Proporciona un valor característico relacionado con el nivel de acidez intrínseca de la disolución examinada.

El pH es un parámetro de gran importancia, tanto para aguas naturales como para aguas residuales. El agua residual, con concentraciones del ion hidrogeno inadecuadas, presenta dificultades para el tratamiento con procesos biológicos; el efluente puede modificar la concentración del ion hidrogeno en las aguas naturales, si esta no se modifica antes de la evacuación del agua.

El pH de los sistemas acuosos, puede medirse con un potenciómetro. El mismo procedimiento se hace con soluciones indicadoras y papeles de pH; estos cambian de color a determinados valores de pH y son comparados con los colores de series normalizadas.

El valor de pH es un parámetro regulado por límites máximos permisibles, en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores; también es un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, para contacto primario y para el consumo humano.

MATERIA FLOTANTE

La materia flotante es todo aquel material que quede retenido en una malla entre 2.8 mm y 3.3 mm de abertura. La determinación de materia flotante en aguas residuales y aguas residuales tratadas, es de importancia para el control y el tratamiento de descargas. La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada.

SOLIDOS TOTALES (ST)

El agua puede contener, tanto, partículas en suspensión como compuestos solubilizados. Se definen los sólidos totales como, los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los sólidos suspendidos; porción de sólidos totales retenidos por un filtro y los sólidos disueltos totales; porción que atraviesa el filtro. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas superficiales como subterráneas.

Los sólidos totales son el residuo que queda después que una muestra de agua residual ha sido evaporada y secada a una temperatura específica de 103 a 105°C.

SOLIDOS SEDIMENTABLES (SS)

Los sólidos sedimentables son aquellos sólidos que se sedimentan cuando el agua se deja en reposo durante 1 hora. Se determinan volumétricamente mediante el uso del cono Imhoff.



Los sólidos sedimentables son los causantes de la turbiedad, debido a que producen dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua; se indica la profundidad a que deja de ser visible una marca u objeto patrón.

La turbidez es una medida importante en aguas potables, pues las pequeñas partículas coloidales, pueden portar gérmenes patógenos. En los cursos naturales de agua, la turbidez produce la falta de penetración de luz natural y por tanto modifica la flora y fauna subacuática.

Las aguas naturales, residuales o residuales tratadas con altos contenidos de sólidos sedimentables no pueden ser utilizadas de sólidos sedimentables, no pueden ser utilizadas en forma directa por las industrias o las plantas potabilizadoras.

La materia sedimentable se define como la cantidad de sólidos que en un tiempo determinado se depositan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas.

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Son sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidos en el elemento filtrante. Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de los sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio, que posteriormente se seca a 103 -105°C hasta un peso constante. El incremento de peso de filtro representa el total de sólidos suspendidos.



Si el material suspendido tapa el filtro y prolonga la filtración, la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos disueltos totales puede dar un estimativo de los sólidos suspendidos totales.

Este método es aplicable a aguas potables, superficiales, salinas, aguas residuales domésticas e industriales y lluvia ácida, en un intervalo de 100 a 350 mg/L, en la calidad del agua residual municipal.

Los sólidos suspendidos son principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables, contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapos y células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua, incluso las partículas de materiales inertes adsorben sustancias orgánicas en la superficie.

SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)

Son las sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en el agua y que no son retenidas en el material filtrante. El término sólidos hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales, mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños).

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o de un efluente, de varias formas. Las aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Los



análisis de sólidos disueltos son, también, importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales.

El promedio de sólidos disueltos totales, para los ríos de todo el mundo, ha sido estimado en alrededor de 120 ppm. En el caso de los lagos, los valores de sólidos disueltos presentan una gran variación.

SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES (SSV)

Es la cantidad de materia orgánica (incluidos los inorgánicos) capaz de volatilizarse por el efecto de la calcinación a $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 15 min a 20 min. Se determinan por diferencia de peso. Se volatiliza lo que se incinera y puede convertirse a CO_2 .

La concentración de sólidos volátiles se suele considerar como una medida aproximada del contenido de materia orgánica, y en ciertos casos, de las concentraciones de sólidos biológicos, tales como bacterias o protozoos. Los sólidos volátiles pueden determinarse sobre la muestra original, sobre la fracción suspendida o sobre la fracción filtrada.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO_5)

Es el parámetro que mide el contenido de materia orgánica degradable que posee un cuerpo de agua, y la cantidad de oxígeno necesario para su descomposición. También llamada demanda biológica de oxígeno.

La medición expresa, la cantidad de materia orgánica que puede ser consumida u oxidada por una población bacteriana en una muestra de agua. Se



basa en la comparación del oxígeno disuelto inicialmente en la muestra con el existente en una muestra singular, después de haber sido incubada durante cinco días a una temperatura estandarizada de 20°C. Estos cinco días son el tiempo estándar destinado para que las bacterias digieran la materia orgánica presente en la muestra. El resultado es DBO₅ y se expresa en miligramos de oxígeno disuelto por litro (mg O₂/L).

Cuando se descargan aguas con DBO₅ alta a un cuerpo de agua, las bacterias y otros microorganismos disponen de una rica fuente de alimentos lo que permite que se reproduzcan con rapidez. Las cantidades cada vez mayores de bacterias consumen el oxígeno del agua. Si la DBO₅ del efluente es demasiado elevada, o el cuerpo receptor no es capaz de diluirla hasta alcanzar un nivel seguro, la cantidad de oxígeno disuelto disminuye de tal forma que los peces y otros organismos acuáticos mueren asfixiados.

Los valores por encima de 30 miligramos de oxígeno disuelto por litro (mg O₂/L), pueden ser indicativos de contaminación en aguas interiores aunque las aguas residuales pueden tener una DBO₅ de miles de mg O₂/L.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)

La DQO, es una estimación de la materia susceptible a oxidación por un oxidante químico fuerte. Esto significa que requiere condiciones menos controladas que la DBO. El límite que se permite para descargas a sistemas de alcantarillado no debe exceder de 75 mg/L.



VENTAJAS Y LIMITACIONES DE DQO CON RESPECTO A LA DBO₅

Ventajas

El tiempo, la manipulación y los costos de equipos son menores para ensayos de DQO. Las condiciones de oxidación por DQO₅ son efectivos para más compuestos químicos.

Las condiciones de ensayos de DQO₅ pueden ser estandarizados con más facilidad para dar resultados precisos. Los resultados de DQO₅ son utilizables siempre que el desecho este en la planta.

Los resultados de la DQO₅ son útiles para indicar el daño potencial de las aguas con una baja concentración en los depósitos de lodos.

El resultado de DQO mas el equivalente de oxígeno para amoniaco y nitrógeno orgánico es una buena estimación de la DBO₅ final para muchas aguas residuales domésticas.

La DQO es útil para determinar las diluciones necesarias en ensayos de DBO₅.

LIMITACIONES

Ciertos compuestos no son oxidados bajo las condiciones químicas o bien se escapan como compuestos volátiles antes de ser oxidados (el amoniaco, los hidrocarburos aromáticos, los hidrocarburos saturados, la piridina) son ejemplos de materiales cuyos resultados experimentales son menores que el teórico.

El empleo de Dicromato con H₂SO₄ exige cuidados de manipulación para evitar accidentes.



La oxidación del ion cloruro o cloro puede afectar los resultados de la DQO aunque no afecta la DBO₅.

No es aconsejable esperar resultados precisos en aguas saladas.

NITRÓGENO TOTAL

El nitrógeno total es, la suma de los nitrógenos amoniacal y orgánico presentes en la muestra, conocido como nitrógeno Kjeldahl. Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales, su exceso en las aguas es causa de eutrofización.

El nitrógeno se presenta en diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales, se suele determinar el NTK (nitrógeno totalmente kjeldahl), que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se determina por separado.

Las moléculas de nitrógeno se encuentran principalmente en el aire, el agua y los suelos. El nitrógeno es emitido extensamente por las industrias, incrementando los suministros de nitratos y nitritos en el suelo y el agua como consecuencia de reacciones que tienen lugar en el ciclo del nitrógeno. Las concentraciones de nitrógeno en el agua potable aumentan mucho debido a esto.

La adición de nitrógeno enlazado en el ambiente, tiene varios efectos, si la concentración se excede de los 70 (mg/l). Para empezar puede cambiar la composición de especies debido a la susceptibilidad de ciertos organismos a las consecuencias de los compuestos de nitrógeno. Luego la mayoría del nitrito puede tener varios efectos sobre la salud de los humanos, así como en los animales. La comida que es rica en compuestos de nitrógeno puede causar una pérdida en el



transporte de oxígeno de la sangre lo que puede tener consecuencias serias para el ganado.

La toma de altas concentraciones de nitrógeno puede causar problemas en la glándula tiroidea y puede llevar a bajos almacenamientos de la vitamina A. En los estómagos e intestinos de los animales, los nitratos pueden convertirse en nitrosaminas, un tipo de sustancia peligrosamente cancerígena.

NITRÓGENO AMONIACAL

El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados.

Los iones amonio tienen una escasa acción tóxica por sí solos pero su existencia aun en bajas concentraciones puede significar un alto contenido de bacterias fecales, patógenos, etc. La formación de amonio se debe a la descomposición bacteriana de urea y proteínas siendo esta la primera etapa del proceso de la naturaleza inorgánica.

Su concentración máxima en las aguas potables de consumo público es de 0,5 mg/L. En el agua puede aparecer en forma molecular o como ion amonio dependiendo del pH.

Tiene procedencia en las aguas residuales industriales, las aguas de lluvia, tras un periodo de sequía, y en zonas industriales en aguas residuales agrícolas (excremento de animales, basuras, fertilizantes). En la descomposición de



productos nitrogenados orgánicos en el suelo, incluso en la putrefacción de las plantas.

Algunos de sus efectos son que dificultan la cloración altera el cobre (de conducción) por la formación de complejos solubles y da colores extraños al agua por la formación de complejos

NITRATOS

El nitrato se encuentra solo en pequeñas cantidades en las aguas residuales doméstica, pero, en el diluyente de las plantas de tratamiento biológico desnitrificante, el nitrato puede encontrarse en concentraciones de hasta 30 mg por litro, el nitrato es un nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos y en algunos casos ha sido identificado como el determinante del crecimiento de estos.

Una concentración alta de nitratos es indicio de una etapa mayor de mineralización de los compuestos nitrogenados, principalmente, porque los niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia, o la enfermedad de los bebés azules. Aunque los niveles de nitratos que afectan a los bebés no son peligrosos para niños mayores y adultos si indican la posible presencia de otros contaminantes más peligrosos, procedentes de las residencias o de la agricultura, tales como bacterias o pesticidas.

Los nitratos en el agua potable son medidos, ya sea en términos de la cantidad de nitrógeno presente, tanto de nitrógeno como oxígeno. El estándar nacional para el nitrato en agua potable es de 10 mg/l nitrato- N, o 50 mg/l nitrato- N03, cuando el oxígeno es medido a la vez que el nitrógeno. A menos que se



especifique de otra forma normalmente los niveles de nitrato se refieren solamente a la cantidad de nitrógeno presente y el estándar normal por lo tanto es de 10 mg/l.

NITRITOS

El nitrito considerado como una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno, puede estar presente en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales proteicos. En aguas superficiales crudas, las huellas de nitritos indican contaminación. También se puede producir el nitrito en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución de agua como resultado de la acción de bacterias sobre el nitrógeno amoniacal.

El nitrito puede entrar en un sistema de abastecimiento por su uso como inhibidor de corrosión en agua de proceso industrial. El nitrito es un agente etiológico potencial de metahemoglobinemia. El ácido nitroso que se forma de nitritos en disolución acida, puede reaccionar con aminas secundarias (RR-NH) para formar nitrosaminas, muchas de las cuales son conocidas por ser potentes agentes carcinogénicos.

El nitrógeno de nitritos rara vez aparece en concentraciones mayores a 1 mg/l, aun en efluentes de plantas de tratamiento municipal. Su concentración en aguas superficiales y subterráneas es normalmente más baja de 0.1 mg/l. Debido a que el nitrógeno es un nutriente esencial para organismos fotosintéticos es importante el monitoreo y el control de descargas del mismo al ambiente.



FOSFORO TOTAL

El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales residuales y residuales tratadas, como fosfatos. Estos se clasifican como orto fosfatos, fosfatos condensados y compuestos órgano fosfatados. Estas formas de fosfatos provienen de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, etc.

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de aguas puede estimular el crecimiento de macro y microorganismos fotosintéticos, en cantidades nocivas. Los fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo pero si se encuentran en cantidad excesiva, inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos, provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren al ser descompuestos por los microorganismos se agota el oxígeno (del agua); y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

GRASAS Y ACEITES

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo.

Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son: los usos domésticos, los talleres automotrices y los motores de lanchas y barcos, la industria del petróleo, los rastros, las procesadoras de carnes y embutidos, y la industria cosmética.



La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica, sino, un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extraíble con hexano. En la calidad del agua residual municipal, se considera que la concentración de grasas es baja cuando es de 50 mg/l y se considera alta o elevada cuando es de 150 mg/l o mayor.

El hecho de que sean menos densos que el agua e inmiscibles en ella, hace que se difundan por la superficie, de modo que pequeñas cantidades de grasas y aceites puedan cubrir grandes superficies de agua. Además de producir un impacto estético, reducen la re oxigenación a través de la interface aire – agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando así a la actividad fotosintética y en consecuencia la producción interna de oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando así a la actividad fotosintética, y en consecuencia, la producción interna de oxígeno disuelto. Encarecen los tratamientos de depuración y en algunos aceites, especialmente los minerales suelen ser tóxicos.

CLORUROS

Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cuantía, en todas las fuentes de abastecimiento de agua y drenaje El sabor salado del agua, producido por los cloruros es variable y dependiente de la composición química del agua. Cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio, el sabor salado es detectable a una concentración de 250 ppm de NaCl, Cuando el cloruro está presente como una sal de calcio o de magnesio, el típico sabor salado de los cloruros puede estar ausente aun a concentraciones de 1000 ppm,



El cloruro es esencial en la dieta y pasa a través del sistema digestivo inalterado. Un alto contenido de cloruros en el agua para uso industrial puede causar corrosión en las tuberías metálicas y en las estructuras.

AZUFRE

El azufre es un elemento activo que se combina directamente con la mayor parte de los elementos conocidos puede existir tanto en estados de oxidación positivos como negativos y puede formar compuestos iónicos así como covalentes y covalentes coordinados. Sus empleos se limitan principalmente a la producción de compuestos de azufre. Sin embargo grandes cantidades de azufre elemental se utilizan en la vulcanización del caucho, en atomizadores con azufre para combatir parásitos de las plantas, en la manufactura de productos químicos, textiles, jabones, fertilizantes, pieles, plásticos, refrigerantes, agentes blanqueadores, drogas, tintes, pinturas, papel y otros productos.

El azufre se puede encontrar frecuentemente en la naturaleza en forma de sulfuros. Durante diversos procesos se incorporan al medio ambiente enlaces de azufre dañinos, también se forman en la naturaleza durante diversas reacciones sobre todo cuando se han añadido sustancias que no están presentes de forma natural. Los compuestos del azufre presentan un olor desagradable y a menudo son altamente tóxicos.

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV)

Uno de los más importantes grupos de contaminantes del aire y del agua son los compuestos orgánicos volátiles COV.



Cuando un efluente de agua residual está contaminado con COV se eliminan estos por medio de un arrastre por aire, luego se pasa aire a contracorriente y así, los materiales volátiles son transferidos de estado líquido a la fase gaseosa. Esta técnica no funciona bien para compuestos muy solubles en agua (fenoles).

Los COV restantes quedan presentes en concentraciones bajas y se destruyen por un proceso de oxidación catalítica con el paso de aire de 300 a 500°C, durante poco tiempo. Esto ocasiona altos costos energéticos para la planta de tratamiento.

La adsorción de compuestos sobre carbón activo, se utiliza para eliminar los COV a bajas concentraciones de flujos de líquidos y de vapor, así como también se utiliza para compuestos orgánicos no volátiles.

CLORACIÓN

Proceso de purificación del agua en el cual, el cloro es añadido al agua para desinfectarla, para el control de organismos presentes. También usado en procesos de oxidación de productos impuros en el agua.

CLORAMIDAS

Complejo químico que consiste en amoníaco y cloro. Sirve como desinfectante del agua en suministros de agua municipal, ya que el cloro puede reaccionar con partículas orgánicas formando productos peligrosos. Las formas en las que las cloraminas existen, dependen de las propiedades físico- químicas de la fuente del agua.



CLORO DISPONIBLE

Es una medida de la cantidad de cloro disponible en carbonatos de cloro compuestos de hipoclorito y de otros materiales.

HIDROCARBUROS QUE CONTIENEN CLORO

Esos incluyen algunos tipos de insecticidas persistentes que se acumulan en la cadena alimenticia de los sistemas acuáticos.

El cloro es un gas de color verde que pesa dos veces y media más que el aire. Se produce en forma gaseosa por electrolisis de una solución de cloruro de sodio. El cloro líquido es de aspecto aceitoso, color ámbar, se obtiene en ese estado comprimiéndolo a 1.74 atmosferas y enfriándolo a -18°C .

El cloro puede usarse directamente en las plantas de tratamiento de agua, en su estado líquido así como también utilizando algunos de sus derivados, entre los cuales los más conocidos son, el hipoclorito de sodio, que se encuentra en solución y el hipoclorito de calcio que se expende en polvo.

Cuando se agrega cloro al agua para su desinfección (para eliminar microorganismos patógenos), una sirve para satisfacer la denominada demanda de cloro del agua y la otra parte llamada residual que sirve para eliminar a los microorganismos. La siguiente ecuación da una idea más clara de ello:



Dosificación total del cloro = demanda + residual

La demanda varía según la calidad del agua, mientras que la eliminación de microorganismos no produce una disminución sensible de la cantidad de cloro residual, el que además de ejercer su acción bactericida, protege al agua contra posteriores contaminaciones, salvo que el agua o los conductos por donde se le lleve, tengan materia orgánica que reacciona con ese residual, dejando al agua sin cloro.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

HUEVOS DE HELMINTO

Los huevos de helmintos (HH), específicamente son los de mayor riesgo de transmisión, por su gran resistencia a los procesos de tratamiento convencionales y a sus largos periodos de supervivencia en el ambiente. Los huevos de helminto son un grupo de organismos que incluye a los nematodos, trematodos y cestodos.

El estudio de huevos de helminto a nivel ambiental, ha hecho necesaria la selección de un parásito indicador, debido a las limitaciones de su detección a nivel de laboratorio. El *áscaris lumbricoides* se ha sugerido como un buen indicador del comportamiento de los huevos de helminto. Sus ventajas son:

Persiste en el medio ambiente por muchos meses, pero no se multiplica.

Se puede identificar fácilmente.

El índice de parasitismo a nivel mundial es muy alto.



El riesgo de transmisión es alto, debido a la alta concentración de huevos que se pueden encontrar.

Los helmintos representan un elevado riesgo para la salud humana, debido a que sus diversos estadios infecciosos (huevos embrionados o larvas), son altamente persistentes en el agua contaminada. Así, el agua constituye un vehículo directo o indirecto de diseminación de helmintos, aun cuando se encuentren en bajas concentraciones, dando lugar a enfermedades gastrointestinales, sobre todo cuando esta se emplea para el riesgo de cultivos.

COLIFORMES FECALES Y COLIFORMES TOTALES

Los coliformes fecales se denominan termo tolerantes, por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que distingue a los coliformes totales y fecales. Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5 °C,

Aproximadamente, el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Como los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal.

Debido a que un gran número de enfermedades son transmitidas por vía fecal – oral, utilizando como vehículo los alimentos y el agua, es necesario contar con microorganismos que funcione como indicador de contaminación fecal.

El grupo coliforme es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de sobrevivencia y la capacidad para



multiplicarse fuera del intestino, también se observan en las aguas potables, por lo que el grupo coliforme se utiliza como indicador de contaminación fecal en el agua; conforme mayor sea el número de coliformes en el agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente.

El grupo de bacterias coliformes totales, comprende todos los bacilos Gram-negativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 horas a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Este grupo está conformado por 4 géneros principalmente: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella*.

AGUAS RESIDUALES

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana y deben ser dispuestas adecuadamente.

AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

Son aquellas aguas residuales domesticas que pueden estar mezclados con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS SERVIDAS

El conocimiento de la naturaleza de las aguas residuales es fundamental para la gestión de la calidad del ambiente y para el establecimiento de normativas o leyes que regulen las concentraciones de los contaminantes presentes en ellos, así como la planificación de proyectos y explotación de las infraestructuras tanto de acopio como de tratamiento y evacuación de las mismas.

Con el propósito de comprender la importancia que tiene la composición de las aguas servidas para el tratamiento de las mismas, se deben tener en cuenta una serie de conceptos básicos, relacionados con los análisis de laboratorio para líquidos cloacales, los cuales incluyen parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos. Cabe destacar que muchos de estos parámetros están relacionados entre ellos. Por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la



actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en ella, los cuales están clasificados como características químicas.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales es una práctica que, si bien se lleva realizando desde la antigüedad, hoy por hoy resulta algo fundamental para mantener nuestra calidad de vida. Son muchas las técnicas de tratamiento con larga tradición y, evidentemente, se ha mejorado mucho en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años. Pero no por eso han dejado de ser técnicas imprescindibles a la hora de tratar aguas industriales, y son las que, de una forma rápida, se pretenden exponer en el presente capítulo.

A la hora de revisar los tratamientos unitarios más convencionales no resulta fácil establecer una clasificación universal. Una de las formas más utilizadas es en función de los contaminantes presentes en el agua residual, o también en función del fundamento del tratamiento (químico, físico o biológico). Una forma de intentar aunar ambas formas de clasificación puede ser considerar que los contaminantes en el agua pueden estar como materia en suspensión, materia coloidal o materia disuelta.

NIVELES DE TRATAMIENTO

PRETRATAMIENTO O TRATAMIENTO DE MATERIAS EN SUSPENSIÓN

La materia en suspensión puede ser de muy diversa índole, desde partículas de varios centímetros y muy densas (normalmente inorgánicas), hasta suspensiones coloidales muy estables y con tamaños de partícula de hasta unos pocos nanómetros (normalmente de naturaleza orgánica). También la concentración de



los mismos, tanto en el agua a tratar como en el agua una vez tratada, juega un papel fundamental a la hora de la elección del tratamiento más conveniente.

Las operaciones para eliminar este tipo de contaminación de aguas suelen ser las primeras en efectuarse, dado que la presencia de partículas en suspensión suele no ser indeseable en muchos otros procesos de tratamiento.

La eliminación de esta materia en suspensión se suele hacer mediante operaciones mecánicas. Sin embargo, en muchos casos, y para favorecer esa separación, se utilizan aditivos químicos, denominándose en este caso tratamientos químico-físicos.

A continuación se describen las operaciones unitarias más habituales. La utilización de una u otra es función de las características de las partículas (tamaño, densidad, forma, etc.) así como de la concentración de las mismas.

DESBASTE

Es una operación en la que se trata de eliminar sólidos de mayor tamaño que el que habitualmente tienen las partículas que arrastran las aguas. El objetivo es eliminarlos y evitar que dañen equipos posteriores del resto de tratamientos. Suele ser un tratamiento previo a cualquier otro.

El equipo que se suele utilizar son rejillas por las que se hace circular el agua, construidas por barras metálicas de 6 o más mm, dispuestas paralelamente y espaciadas entre 10 y 100 mm. Se limpian con rastrillos que se accionan normalmente de forma mecánica.



En otros casos, si el tipo de sólidos lo permite, se utilizan trituradoras, reduciendo el tamaño de sólidos y separándose posteriormente por sedimentación u otras operaciones.

SEDIMENTACIÓN

Operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación de sedimentación se le suele denominar también decantación.

Realmente, este tipo de partículas (grandes y densas, como las arenas) se tienen en pocas ocasiones en aguas industriales. Lo más habitual es encontrar sólidos poco densos, por lo que es necesario, para hacer más eficaz la operación, llevar a cabo una coagulación-floculación previa, que como se explicará más adelante, consiste en la adición de ciertos reactivos químicos para favorecer el aumento del tamaño y densidad de las partículas.

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.).



Sedimentadores rectangulares: La velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas).

Este tipo de sedimentación se denomina discreta, dado que las partículas no varían sus propiedades físicas a lo largo del desplazamiento hacia el fondo del sedimentador. Suelen ser equipos poco profundos, dado que, al menos teóricamente, este parámetro no influye en la eficacia de la separación, siendo el principal parámetro el área horizontal del mismo.

Sedimentadores circulares: Son más habituales. En ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador. Esta forma de operar es adecuada cuando la sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, en las que el tamaño de flóculo aumenta al descender las partículas, y por lo tanto aumenta su velocidad de sedimentación.

Sedimentadores lamelares: Han surgido como alternativa a los sedimentadores poco profundos, al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo espacio. Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas (lamelas) o tubos inclinados respecto a la base, y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente. En la superficie inferior se van acumulando las partículas, desplazándose de forma descendente y recogiendo en el fondo del sedimentador.



Las partículas depositadas en el fondo de los equipos (denominados fangos) se arrastran mediante rasquetas desde el fondo donde se "empujan" hacia la salida. Estos fangos, en muchas ocasiones y en la misma planta de tratamiento, se someten a distintas operaciones para reducir su volumen y darles un destino final.

FILTRACIÓN

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión.

El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior la más pequeña y de entre 0.15 y 0.3 mm. Es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas potables, así como en el tratamiento de aguas para reutilización, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones (sedimentación). En aguas industriales hay más variedad en cuanto al material filtrante utilizado, siendo habitual el uso de Tierra de Diatomeas. También es habitual, para mejorar la eficacia, realizar una coagulación-floculación previa.

Hay muchas maneras de clasificar los sistemas de filtración: Por gravedad ó a presión, lenta o rápida, de torta o en profundidad.

Filtración por gravedad: El agua circula verticalmente y en descenso a través del filtro por simple gravedad. Dentro de este tipo, podemos hablar de dos formas de operar, que nos lleva a tener una filtración lenta, apenas utilizados actualmente,



o una filtración rápida. El mecanismo de la separación de sólidos es una combinación de asentamiento, retención, adhesión y atracción, por lo que se eliminan partículas mucho menores que el espacio intersticial. Es un sistema muy utilizado en tratamiento para aguas potables.

Filtración por presión. Normalmente están contenidos en recipientes y el agua se ve forzada a atravesar el medio filtrante sometido a presión. También en este caso puede haber filtración lenta, en la que en la superficie del filtro se desarrolla una torta filtrante donde la filtración, a través de esa superficie, es por mecanismos físicos y biológicos. Por otro lado, en la filtración rápida se habla de filtración en profundidad, es decir, cuando la mayor parte de espesor de medio filtrante está activo para el proceso de filtración y la calidad del filtrado mejora con la profundidad. Esta filtración a presión se suele utilizar más en aguas industriales.

En la actualidad y en algunas de sus aplicaciones, estos métodos están siendo desplazados por operaciones con membranas, especialmente por micro filtración.

FLOTACIÓN

Operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. Obviamente, esta forma de eliminar materia en suspensión será adecuada en los casos en los que las partículas tengan una densidad inferior o muy parecida a la del agua, así como en el caso de emulsiones, es decir, una dispersión de gotas de un líquido inmiscible, como en el caso de aceites y grasas. En este caso las burbujas de aire



ayudan a “flotar” más rápidamente estas gotas, dado que generalmente la densidad de estos líquidos es menor que la del agua. En esta operación hay un parámetro importante a la hora del diseño: La relación aire/sólidos, ml/l de aire liberados en el sistema por cada mg/l de concentración de sólidos en suspensión contenidos en el agua a tratar. Es un dato a determinar experimentalmente y suele tener un valor óptimo comprendido entre 0.005 y 0.06.

En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y en función de cómo se introduzca en el líquido, se tienen dos sistemas de flotación:

Flotación por aire disuelto (DAF): En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de micro burbujas de aire.

Flotación por aire inducido: La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.

Históricamente la flotación se ha utilizado para separar la materia sólida o líquida flotante, es decir, con una menor densidad que el agua. Sin embargo la mejora en la generación de burbujas adecuadas y la utilización de reactivos para



favorecer la operación (por ejemplo sustancias que disminuyen la tensión superficial) ha hecho posible la utilización de esta operación para la eliminación de materia más densa que el agua. Así se utiliza en el tratamiento de aguas procedentes de refinerías, industria de la alimentación, pinturas, etc. Una típica aplicación es también, aunque no sea estrictamente tratamiento de aguas, el espesado de fangos. En esta operación se trata de "espesar" o concentrar los fangos obtenidos en operaciones como la sedimentación.

COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, en muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño (10^{-6} – 10^{-9} m), lo que conforma una suspensión coloidal.

Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas.

Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.)



Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) junto con poli electrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación:

Sales de Fe^{3+} : Pueden ser Cl_3Fe o $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.

Sales de Al^{3+} : Suele ser $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.

Polielectrolitos: Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrídicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

Por otro lado, la electrocoagulación es otra forma de llevar a cabo el proceso, ampliamente utilizada en el caso de tratamiento de aguas industriales. Consiste en la formación de los reactivos in situ mediante la utilización de una célula electrolítica. El ánodo suele ser de aluminio, formándose cationes de Al^{3+} , mientras en el cátodo se genera H_2 , siendo útil si la separación posterior de la materia es por flotación

No hay reglas generales en cuanto a qué coagulante es más eficaz en cada caso.



Normalmente, para un agua residual concreta, se hace un denominado "ensayo de jarras" (jar test) donde se analiza la eficacia de los distintos productos (o mezclas de los mismos) así como el pH y dosificación óptima.

Los equipos en los que se lleva a cabo este proceso, suelen constar de dos partes bien diferenciadas: Una primera donde se adicionan los reactivos, y se somete el agua a una fuerte agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de conseguir una buena y rápida mezcla de reactivos y coloide para llevar a cabo la coagulación. A continuación se pasa a una zona donde la agitación es mucho menos intensa y donde el agua permanece más tiempo. En este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia en suspensión tiene unas características mucho más adecuadas para su eliminación mecánica,

PRE-DECANTACIÓN

Tiene por objeto eliminar la totalidad de la arena fina y la mayor cantidad posible de barro.

El umbral de concentración de materias en suspensión en el agua bruta, a partir del cual se hace necesaria la predecantación, es función del tipo de decantador-clarificador principal. Este umbral puede ser de 2 g/l aproximadamente, a la entrada de decantadores-clarificadores sin rasquetas, y de 5 a 10 g/l a la entrada de aparatos provistos de rasquetas.

Según la carga de materias en suspensión y su naturaleza, un pre decantador debe dimensionarse como un decantador (generalmente es el caso de aguas brutas cuya carga no excede de 20 a 30 g/l) o como un espesador (cuando la carga del agua bruta es superior a dicho límite).



DESENGRASADO

La fase de desengrasado tiene por objeto eliminar las grasas, aceites y en general los flotantes, antes de pasar el agua a las fases posteriores del tratamiento. El procedimiento utilizado para esta operación es el de inyectar aire a fin de provocar la desemulsión de las grasas y su ascenso a la superficie, de donde se extraen por algún dispositivo de recogida superficial, normalmente rasquetas, para acabar en contenedores.

DESARENADO

Las instalaciones de desarenado se sitúan en las plantas de tratamiento después del desbaste y tienen como objetivo el extraer del agua bruta la grava, arena y partículas minerales de tamaño superior de 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguientes.

El funcionamiento técnico del desarenado reside en hacer circular el agua en una cámara de forma que la velocidad quede controlada para permitir el depósito de arena en el fondo. Normalmente, esta arena sedimentada queda desprovista casi en su totalidad de materia orgánica y es evacuada, mediante bombas, al clasificador de arenas y, posteriormente, a un contenedor.

TAMIZADO

El tamizado es una filtración sobre soporte delgado, que se utiliza en numerosos campos del tratamiento del agua. Según las dimensiones de los orificios de paso del soporte se distinguen dos variantes:



El macro tamizado (sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0,3 mm) se emplea para retener ciertas materias en suspensión, flotantes o semi flotantes, residuos vegetales o animales, insectos, ramas, algas, hierbas, etc., de tamaño comprendido entre 0,2mm y algunos milímetros.

El micro tamizado (sobre tela metálica o plástica de malla inferior a 100micras) se utiliza para retener materias en suspensión de muy pequeñas dimensiones, contenidas en las aguas de abastecimiento (plancton) o en aguas residuales pre tratadas.

TRATAMIENTOS PRIMARIOS

Se entiende por tratamiento primario a aquel proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento. El tratamiento primario permite eliminar en las aguas residuales urbana aproximadamente el 90% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión.

Se consigue también una disminución de la DBO de alrededor del 35%.

Entre los métodos más utilizados de tratamiento primario se cuentan:

DECANTACIÓN

El proceso principal del tratamiento primario es la decantación, fenómeno provocando por la fuerza de gravedad que hace que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen sedimentándose.



Normalmente, en decantadores denominados dinámicos, los fangos son arrastrados periódicamente hasta unas purgas mediante unos puentes móviles con unas rasquetas que recorren el fondo. En los denominados decantadores circulares, el agua entra por el centro y sale por la periferia, mientras que los fangos son arrastrados hacia un pozo de bombeo de donde son eliminados por purgas periódicas

FLOTACIÓN CON AIRE

Son mecanismos en donde se eliminan sólidos en suspensión con una densidad próxima a la del agua, así como aceites y grasas, produciendo unas burbujas de aire muy finas que arrastran las partículas a la superficie para su posterior eliminación.

TRATAMIENTOS SECUNDARIOS O BIOLÓGICOS

Constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P). Es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales.



En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente.

En el metabolismo bacteriano juega un papel fundamental el elemento aceptor de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, además, tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas. Atendiendo a cual es dicho aceptor de electrones distinguimos tres casos:

Sistemas aerobios, la presencia de O_2 hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.

Sistemas anaerobios, en este caso el aceptor de electrones puede ser el CO_2 o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono en su estado más reducido, CH_4 . La utilización de este sistema, tendría, como ya se explicará, como ventaja importante, la obtención de un gas combustible.



Sistemas anóxicos, se denominan así los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de NO_3 hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en N_2 , elemento completamente inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, existe una gran variedad de formas de operar, dependiendo de las características del agua, así como de la carga orgánica a tratar.

PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS

Cultivos en suspensión, proceso de fangos activados (lodos activados), y modificaciones en la forma de operar: aireación prolongada, contacto-estabilización, reactor discontinuo secuencial (SBR).

Cultivos fijos, los microorganismos se pueden inmovilizar en la superficie de sólidos (biomasa soportada), destacando los filtros percoladores (también conocido como lechos bacterianos o filtros biológicos).

FANGOS ACTIVADOS: PROCESO BÁSICO

Consiste en poner en contacto en un medio aerobio, normalmente en una balsa aireada, el agua residual con flóculos biológicos previamente formados, en los que se adsorbe la materia orgánica y donde es degradada por las bacterias presentes. Junto con el proceso de degradación, y para separar los flóculos del agua, se ha de llevar a cabo una sedimentación, donde se realiza un recirculación de parte de los fangos, para mantener una elevada concentración de microorganismos en el



interior de reactor, además de una purga equivalente a la cantidad crecida de organismos.

Dentro de los parámetros básicos de funcionamiento, un parámetro muy importante es el de la aireación. La solubilidad del oxígeno en el agua es pequeña (en torno a 8-9 mgO₂/l dependiendo de presión y temperatura) por lo que será necesario asegurar el suministro a los microorganismos, utilizando aireadores superficiales, capaces de suministrar 1 kgO₂/kW·h, o bien difusores. El valor mínimo de operación aconsejable de concentración de oxígeno disuelto es de 2 mg/l. El consumo eléctrico en esta operación será importante dentro de los costes de operación del proceso.

Otro parámetro clave en el proceso se refiere al parámetro A/M, intensidad de carga. Se refiere a la relación entre la carga orgánica alimentada y la cantidad de microorganismos disponibles en el sistema, con unidades kgDBO₅(o DQO) / kgSSV·día. Es un parámetro de diseño fundamental, teniendo un valor óptimo entre 0.3-0.6 para las condiciones más convencionales de funcionamiento. Además tiene una influencia determinante en la buena sedimentación posterior.

La denominada "edad celular" también es un parámetro importante. Se refiere al tiempo medio que permanecen los fangos (flóculos, microorganismos) en el interior del sistema. Esta magnitud suele tener un valor de 5-8 días en condiciones convencionales de operación.

FANGOS ACTIVADOS: MODIFICACIONES DEL PROCESO BÁSICO

Son procesos de fangos activados, pero se diferencian en la forma de operar.



Aireación prolongada, se suele trabajar con relaciones A/M más pequeñas (mayores tiempos de residencia), consiguiendo mayores rendimiento en la degradación de materia orgánica. Otra ventaja añadida es la pequeña generación de fangos de depuradora. Es interesante su utilización, además, cuando se pretendan eliminar compuestos con nitrógeno simultáneamente con la materia orgánica.

Contacto estabilización, en el reactor de aireación se suele trabajar con menores tiempos de residencia (sobre una hora) pretendiendo que se lleve a cabo solo la adsorción de la materia orgánica en los flóculos. La verdadera degradación se realiza en una balsa de aireación insertada en la corriente de recirculación de fangos, donde la concentración de fangos es mucho más elevada que en el primer reactor. Es interesante esta opción cuando buena parte de la materia orgánica a degradar se encuentra como materia en suspensión

Reactores discontinuos secuenciales (SBR): Todas las operaciones (aireación y sedimentación) se llevan a cabo en el mismo equipo, incluyendo una etapa de llenado y terminando con la evacuación del agua tratada. Es una opción muy válida para situaciones en las que se dispone de poco espacio, como ocurre en muchas industrias. Son versátiles en cuanto a las condiciones de operación y habitualmente se utilizan columnas de burbujeo como reactores.

PROCESOS AEROBIOS CON BIOMASA SOPORTADA

Otra de las formas para conseguir concentraciones suficientes de microorganismos, sin necesidad de recirculación, es favoreciendo su crecimiento en la superficie de sólidos.



Se evitan de esta forma los posibles problemas en la sedimentación y recirculación de fangos, frecuente en los procesos clásicos de fangos activados. Sin embargo el aporte de oxígeno será de nuevo un factor importante, consiguiéndose en este caso bien en la distribución del líquido, bien por movimiento del sistema.

Filtros percoladores: También denominados filtros biológicos o lechos bacterianos. Son los sistemas aerobios de biomasa inmovilizada más extendidos en la industria. Suelen ser lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de plástico o cerámica con formas especiales para desarrollar una gran superficie. Sobre la superficie crece una fina capa de biomasa, sobre la que se dispersa el agua residual a tratar, que moja en su descenso la superficie. Al mismo tiempo, ha de quedar espacio suficiente para que circule aire, que asciende de forma natural. El crecimiento de la biomasa provoca que parte de los microorganismos se desprendan de la superficie, y por lo tanto, seguirá siendo necesaria una sedimentación posterior para su separación del efluente.

En general también se realiza una recirculación de parte del efluente limpio, una vez producida la separación. Un esquema sencillo se muestra en la figura

En estos sistemas, la velocidad de carga orgánica es el parámetro más importante, teniendo rangos de aplicación en la industria desde 30 a 10.000 kg DBO₅/día y 100m³ de reactor, siendo los tamaños muy variables (desde 2 hasta 10 m de altura).



Contactores Biológicos Rotatorios (RBC): Biodiscos: Consisten en una serie de placas o discos, soportados en un eje y parcialmente sumergidos (40%) en una balsa que contiene el agua residual. El eje junto con los discos, gira lentamente. Sobre la superficie de los disco crece la biopelícula, que sucesivamente, se "moja" y entra en contacto con el aire, produciéndose la degradación de la materia orgánica. Son fáciles de manejar y convenientes cuando se trata de pequeños caudales.

Normalmente el tamaño es de entre 1 y 3 m de diámetro, está separados unos 10-20 cm y con velocidades de giro de 0.5-3 rpm.

PROCESOS BIOLÓGICOS ANAEROBIOS

El tratamiento anaerobio es un proceso biológico ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas residuales. Cuando éstas tienen una alta carga orgánica, se presenta como única alternativa frente al que sería un costoso tratamiento aerobio, debido al suministro de oxígeno. El tratamiento anaerobio se caracteriza por la producción del denominado "biogas", formado fundamentalmente por metano (60-80%) y dióxido de carbono (40-20%) y susceptible de ser utilizado como combustible para la generación de energía térmica y/o eléctrica. Además, solo una pequeña parte de la DQO tratada (5-10%) se utiliza para formar nuevas bacterias, frente al 50-70% de un proceso aerobio. Sin embargo, la lentitud del proceso anaerobio obliga a trabajar con altos tiempos de residencia, por lo que es necesario diseñar reactores o digestores con una alta concentración de microorganismos.

Realmente, es un complejo proceso en el que intervienen varios grupos de bacterias, tanto anaerobias estrictas como facultativas, en el que, a través de una

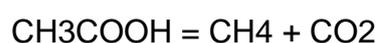


serie de etapas y en ausencia de oxígeno, se desemboca fundamentalmente en la formación de metano y dióxido de carbono. Cada etapa del proceso, que se describen a continuación, la llevan a cabo grupos distintos de bacterias, que han de estar en perfecto equilibrio.

Hidrólisis: La hidrólisis es la ruptura de moléculas grandes, solubles e insolubles, en moléculas de menor tamaño que pueden ser transportadas dentro de las células y metabolizadas. En este proceso no se produce metano, y en la mayor parte de los casos supone una etapa que se desarrolla lentamente.

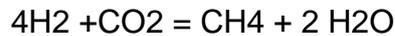
Formación de ácidos (acidogénesis) y acetato (acetogénesis): Los productos finales de la hidrólisis son transformados en ácidos orgánicos de cadena corta, otros compuestos de bajo peso molecular, hidrógeno y dióxido de carbono. Estas bacterias son altamente resistentes a variaciones en las condiciones ambientales. Por ejemplo, aunque el pH óptimo para el desarrollo de su actividad metabólica es 5-6, los procesos anaerobios generalmente son conducidos a pH 7, y aún en estas condiciones su actividad metabólica no decae.

Metanogénesis: La formación de metano, siendo este el último producto de la digestión anaerobia, ocurre por dos grandes rutas: La primera de ellas, es la formación de metano y dióxido de carbono a partir del principal producto de la fermentación, el ácido acético. Las bacterias que consumen el ácido acético se denominan bacterias acetoclastas. La reacción, planteada de forma general, es la siguiente:





Algunas bacterias metano génicas son también capaces de usar el hidrógeno para reducir el dióxido de carbono a metano (metano génicas hidrogenoclastas) según la reacción:



La metano génesis es la etapa crítica en el proceso de degradación, por las características de las bacterias que la llevan a cabo, y por ser la más lenta de todo el proceso. En buena medida, la digestión anaerobia se ha de llevar a cabo en las condiciones óptimas para el buen funcionamiento de estas bacterias metano génicas.

Entre las ventajas más significativas del tratamiento anaerobio frente al aerobio cabe destacar la alta eficacia de los sistemas, incluso en aguas residuales de alta carga, el bajo consumo de energía, pequeña producción de fangos y por tanto, pequeño requerimiento de nutrientes, así como su eficacia ante alteraciones importantes de carga y posibilidad de grandes periodos de parada sin alteración importante en la población bacteriana. Sin embargo, como desventajas caben destacar la baja efectividad en la eliminación de nutrientes y patógenos, generación de malos olores y la necesidad de un post-tratamiento, generalmente aerobio, para alcanzar los niveles de depuración demandados, así como los generalmente largos periodos de puesta en marcha.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Tanto las variables físicas como las químicas influyen en el hábitat de los microorganismos. En los procesos anaerobios es importante tener en cuenta la



influencia de factores medioambientales. Las bacterias formadoras de metano son las más sensibles a estos factores, por lo que un funcionamiento inadecuado de las mismas puede causar una acumulación de productos intermedios (ácidos) y desestabilizar por completo el sistema. Entre las variables más importantes se encuentran la temperatura, el pH y la disponibilidad de nutrientes.

Por otro lado, la mezcla es un factor importante en el control del pH y en la uniformidad de las condiciones medioambientales. Una buena mezcla distribuye las propiedades tampón a todo el reactor y evita la concentración de metabolitos intermedios que pueden ser causa de inhibición para las bacterias metanogénicas.

Los parámetros de seguimiento y control de un digestor anaerobio pueden situarse en la fase sólida (materiales orgánicos e inorgánicos en suspensión); fase líquida (parámetros fisicoquímicos y composición) y gaseosa (producción y composición) Estos parámetros pueden tener diferente significado y utilidad según la situación particular del equipo, que puede encontrarse en un período de puesta en marcha, en estado estacionario para sistemas continuos, o en sistemas discontinuos. Entre los parámetros de operación se pueden mencionar velocidad de carga orgánica, toxicidad, velocidad volumétrica de flujo, tiempo de retención hidráulico, concentración de sólidos volátiles en el reactor, producción de fangos, etc.

REACTORES UTILIZADOS

El desarrollo del tratamiento anaerobio ha sido paralelo al desarrollo del tipo de reactor donde llevar a cabo el proceso. Dado el bajo crecimiento de las bacterias



metano génicas y la lentitud con la que llevan a cabo la formación de metano, es necesario desarrollar diseños en los que se consiga una alta concentración de microorganismos (SSV) en su interior si se quiere evitar el utilizar reactores de gran tamaño. Para conseguirlo, habitualmente es necesario que el tiempo de retención hidráulico (TRH) sea inferior al tiempo de retención de sólidos (TRS) y esto se puede hacer por distintos medios. A todos estos reactores se les denomina de alta carga, dado que son los únicos que pueden tratar aguas con elevada carga orgánica de una forma viable. Dando un repaso a los más utilizados, podemos hablar de:

Reactor de contacto (mezcla completa con recirculación de biomasa): Se trata del equivalente al proceso de fangos activados aerobio. Consiste un tanque cerrado con un agitador donde tiene una entrada para el agua residual a tratar y dos salidas, una para el biogás generado y otra para la salida del efluente. Este efluente se lleva a un decantador donde es recirculada la biomasa de la parte inferior del decantador al reactor, para evitarla pérdida de la misma. Los principales problemas que presentan radican en la necesidad de recircular los lodos del decantador y de una buena sedimentación de los mismos.



REACTOR DE MANTO DE LODOS Y FLUJO ASCENDENTE

(UASB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

Estos reactores solucionan el problema de recirculación de lodos al aumentar la concentración de biomasa en el reactor manteniéndola en su interior.

Estos reactores fueron desarrollados en Holanda, por el Prof. Lettinga en la década de los 80. Se trata de un reactor cuyo lecho está formado por gránulos de biomasa.

Estos gránulos son porosos y con una densidad poco mayor que la del líquido, con lo que se consigue un buen contacto de éste con la biomasa. Los reactores suelen tener en su parte superior un sistema de separación gas-sólido-líquido, puesto que se acumula biogás alrededor de las partículas, éstas manifiestan una tendencia a ascender separándose con estos dispositivos. Se consigue una alta concentración de biomasa dentro del reactor que conlleva una elevada velocidad de eliminación de materia orgánica con rendimientos elevados de depuración. El agua residual se introduce por la parte inferior, homogéneamente repartida y ascendiendo lentamente a través del manto de lodos (gránulos). Los principales problemas que tiene este tipo de reactor son: puesta en marcha, ya que se ha de conseguir que se desarrollen gránulos lo más estables posibles, la incidencia negativa que tiene el que el agua residual a tratar contenga una gran cantidad de sólidos en suspensión y la deficiente mezcla en la fase líquida que se logra. Este último problema se soluciona de una forma eficaz recirculando parte del gas producido e inyectándolo en la parte inferior de equipo, consiguiendo una expansión del manto de lodos, y por lo tanto, una buena mezcla. A estos reactores



se les denomina EGSB (Expanded granular sludge blanket). Habitualmente la relación altura/diámetro es mayor que para los convencionales UASB siendo capaces de alcanzar mayores cargas orgánicas (10-25 kg DQO/m³-día). También recientemente se ha desarrollado un sistema semejante denominado Internal Circulation (IC).

Estos tipos de reactores han conseguido una muy alta implantación en el mercado, mostrándose como los más fiables para todo tipo de aguas residuales de alta carga, especialmente las que tiene un bajo contenido de sólidos en suspensión.

Filtro anaerobio (FA): En este caso, los microorganismos anaerobios se desarrollan sobre la superficie de un sólido formando una biopelícula de espesor variable. El sólido permanece inmóvil en el interior del equipo, habitualmente una columna, constituyendo un lecho fijo. El agua residual se hace circular a través del lecho, bien con flujo ascendente o bien descendente, donde entra en contacto con la biopelícula. Son sistemas tradicionalmente utilizados en muchas depuradoras de aguas residuales industriales con alta carga orgánica. Resisten muy bien alteraciones de carga en el efluente pero no aceptan gran cantidad de sólidos en suspensión con el efluente. El rango típico de cargas tratadas desde 5-15 Kg DQO/m³-día.

Reactor anaerobio de lecho fluidizado (RALF): Son columnas en cuyo interior se introducen partículas de un sólido poroso (arena, piedra pómez, biolita, etc.) y de un tamaño variable (1-5 mm) con el objetivo de que sobre su superficie se desarrolle una biopelícula bacteriana que lleve a cabo la degradación anaerobia.



Para que las partículas permanezcan fluidizadas (en suspensión), es necesario realizar una recirculación del líquido, para que la velocidad del mismo en el interior de la columna sea suficiente como para mantener dichas partículas expandidas o fluidizadas. Este tipo de equipos se han comprobado como muy eficaces, al menos en escala laboratorio o planta piloto. Se consiguen muy altas concentraciones de microorganismos, así como una muy buena mezcla en el lecho. Sin embargo su implantación a nivel industrial no ha alcanzado las expectativas que se crearon.

Otros tipos de reactores: Más que otros tipos de reactores, nos referimos a distintas formas de operar, de llevar a cabo la degradación anaerobia. Tenemos por una parte los reactores discontinuos secuenciales (SBR, sequencing batch reactors), equipo en el que de forma secuencial se lleva a cabo el llenado, reacción, sedimentación y evacuación del agua depurada, para volver otra vez a iniciar el ciclo, todo ello en un mismo equipo. Como ventaja fundamental tiene el menor requerimiento espacio, así como una mayor flexibilidad en la forma de operar, por ejemplo en el caso de flujos estacionales, ayudado por la gran capacidad de las bacterias para estas situaciones.

Por otro lado, especialmente para el caso en el que la materia orgánica a degradar sea compleja, y en el que la etapa de hidrólisis sea importante, se suele llevar a cabo la degradación en dos etapas, en dos reactores en serie. En el primero se ponen las condiciones necesarias para que se realice la hidrólisis y acidificación de forma óptima (por ejemplo a $\text{pH}=6$), sin formación de metano. El efluente de este reactor, constituido fundamentalmente por ácidos de cadena corta, pasa al reactor metano génico, donde las bacterias metano génicas, mayoritarias,



llevarán a cabo la metanización final del residuo. Estos equipos se han puesto en práctica desde hace tiempo, con éxito, incluso para la metanización de la fracción orgánica de los RSU, a menudo mezclados con lodos de depuradoras.

El tratamiento anaerobio, por tanto, constituye una forma eficaz de tratar aguas y residuos de alta carga orgánica, siendo una tecnología madura y contribuyendo no solo a la eliminación de la materia orgánica, sino a su aprovechamiento energético derivado de la utilización del metano producido.

Dependiendo del tipo de agua residual y de otros factores relacionados con cada aplicación particular, una tecnología anaerobia puede ser más apropiada y eficaz que otra.

TRATAMIENTOS TERCIARIOS O DE ELIMINACION DE MATERIA DISUELTA

Al igual que en el caso de la materia en suspensión, la materia disuelta puede tener características y concentraciones muy diversas: desde grandes cantidades de sales inorgánicas disueltas (salmueras) orgánicas (materia orgánica biodegradable en industria de alimentación) hasta extremadamente pequeñas cantidades de inorgánicos (metales pesados) y orgánicos (pesticidas) pero necesaria su eliminación dado su carácter peligroso.

Algunos de estos tratamientos están siendo desplazados por otros más avanzados y emergentes, como son los procesos de oxidación avanzada y las operaciones con membrana, y especialmente en el caso de las aguas industriales.



PRECIPITACIÓN

Consiste en la eliminación de una sustancia disuelta indeseable, por adición de un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo, facilitando así su eliminación por cualquiera de los métodos descritos en la eliminación de la materia en suspensión.

Algunos autores incluyen en este apartado la coagulación-floculación. Sin embargo, el término precipitación se utiliza más para describir procesos como la formación de sales insolubles, o la transformación química de un ión en otro con mayor o menor estado de oxidación que provoque la formación de un compuesto insoluble.

Un reactivo de muy frecuente uso en este tipo de operaciones es el Ca^{2+} , dada la gran cantidad de sales insolubles que forma, por ejemplo es el método utilizado para la eliminación de fosfatos (nutriente). Además posee cierta capacidad coagulante, lo que hace su uso masivo en aguas residuales urbanas y muchas industriales de características parecidas.

PROCESOS ELECTROQUÍMICOS

Está basado en la utilización de técnicas electroquímicas, haciendo pasar una corriente eléctrica a través del agua (que necesariamente ha de contener un electrolito) y provocando reacciones de oxidación-reducción tanto en el cátodo como en el ánodo. Por tanto se utiliza energía eléctrica como vector de descontaminación ambiental, siendo su coste uno de las principales desventajas de este proceso. Sin embargo como ventajas cabe destacar la versatilidad de los equipos, la ausencia tanto de la utilización de reactivos como de la presencia de



fangos y la selectividad, pues controlar el potencial de electrodo permite seleccionar la reacción electroquímica dominante deseada.

Las consecuencias de las reacciones que se producen pueden ser indirectas, como en el caso de la electrocoagulación, electro flotación o electro floculación, donde los productos formados por electrolisis sustituyen a los reactivos químicos, y supone una alternativa con futuro a la clásica adición de reactivos.

Sin embargo, la aplicación que está tomando un auge importante es en el tratamiento de aguas residuales industriales, a través de una oxidación ó reducción directa.

Oxidación en ánodo: En el ánodo se puede producir la oxidación de los compuestos a eliminar, tanto orgánicos como inorgánicos. Esta oxidación se puede producir directamente por una transferencia de electrones en la superficie del ánodo o bien por la generación de un agente oxidante in-situ. En este último caso se evita manipular agentes oxidantes. Entre las aplicaciones de la oxidación directa cabe destacar el tratamiento de cianuros, colorantes, compuestos orgánicos tóxicos (en algunas ocasiones haciéndolos más biodegradables), incluso la oxidación de Cr(III) a Cr(VI), más tóxico pero que de esta forma puede ser reutilizado. En rango de concentraciones con posibilidades de utilizar este tipo de tratamiento también es muy amplio.

Reducción en cátodo: La principal aplicación de esta posibilidad es la reducción de metales tóxicos. Se ha utilizado en situaciones, no poco frecuentes, de reducción de metales catiónicos desde varios miles de ppm's de concentración hasta valores



incluso por debajo de la ppm. Hay una primera etapa de deposición del metal sobre la superficie del cátodo que ha de continuarse con la remoción del mismo. Esto se puede hacer por raspado, disolución en otra fase, etc.

El reactor electroquímico utilizado suele ser de tipo filtro-prensa, semejante a las pilas de combustible. Este sistema permite un crecimiento modular del área. Básicamente cada módulo se compone de un elemento catódico de bajo sobre voltaje a hidrógeno (Pt, Au, Acero Inoxidable, Ni.) y un elemento anódico que utiliza como base óxidos de metales nobles.

INTERCAMBIO IÓNICO

Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante.

La aplicación habitual de estos sistemas, es por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones, siendo típica la aplicación para la desmineralización y el ablandamiento de aguas, así como la retención de ciertos productos químicos y la desmineralización de jarabes de azúcar.

Las propiedades que rigen el proceso de intercambio iónico y que a la vez determinan sus características principales son las siguientes:

Las resinas actúan selectivamente, de forma que pueden preferir un ión sobre otro con valores relativos de afinidad de 15 o más.

La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir, puede avanzar en los dos sentidos. En la reacción se mantiene la electro neutralidad.

Hay sustancia naturales (zeolitas) que tienen capacidad de intercambio, pero en las industrias se utilizan resinas poliméricas de fabricación sintética con muy claras ventajas de uso.

Entre las ventajas del proceso iónico en el tratamiento de aguas cabe destacar:

Son equipos muy versátiles siempre que se trabaje con relativas bajas concentraciones de sales.

Actualmente las resinas tienen altas capacidades de tratamiento, resultando compactas y económicas, las resinas son muy estables químicamente, de larga duración y fácil regeneración, existe cierta facilidad de automatización y adaptación a situaciones específicas

ADSORCIÓN

El proceso de adsorción consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido. Un parámetro fundamental en este caso será la superficie específica del sólido, dado que el compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del mismo. La necesidad de una mayor calidad de las aguas está haciendo que este tratamiento esté en auge. Es considerado como un tratamiento de refinado, y por lo tanto al final de los sistemas de tratamientos más usuales, especialmente con posterioridad a un tratamiento biológico.



FACTORES QUE AFECTAN A LA ADSORCIÓN

Solubilidad: Menor solubilidad, mejor adsorción.

Estructura molecular: Más ramificada, mejor adsorción.

Peso molecular: Grandes moléculas, mejor adsorción.

Problemas de difusión interna, pueden alterar la norma.

Polaridad: Menor polaridad, mejor adsorción.

Grado de saturación: Insaturados, mejor adsorción.

El sólido universalmente utilizado en el tratamiento de aguas es el carbón activo, aunque recientemente se están desarrollando diversos materiales sólidos que mejoran, en ciertas aplicaciones, las propiedades del carbón activo.

Hay dos formas clásicas de utilización de carbón activo, con propiedades diferentes y utilizadas en diferentes aplicaciones:

Carbón activado granular (GAC). Se suele utilizar una columna como medio de contacto entre el agua a tratar y el carbón activado, en la que el agua entra por la parte inferior y asciende hacia la superior. El tamaño de partícula en este caso es mayor que en el otro. Se suele utilizar para eliminar elementos traza, especialmente orgánicos, que pueden estar presentes en el agua, y que habitualmente han resistido un tratamiento biológico. Son elementos, que a pesar de su pequeña concentración, en muchas ocasiones proporcionan mal olor, color o sabor al agua.

Carbón activo en polvo (CAP): Este tipo de carbón se suele utilizar en procesos biológicos, cuando el agua contiene elementos orgánicos que pueden resultar tóxicos. También se suele añadir al agua a tratar, y pasado un tiempo de contacto,



normalmente con agitación, se deja sedimentar las partículas para su separación previa. Suelen ser operaciones llevadas a cabo en discontinuo.

La viabilidad económica de este proceso depende de la existencia de un medio eficaz de regeneración del sólido una vez agotada su capacidad de adsorción. El GAC se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y posterior eliminación de la superficie del sólido en un horno. Las propiedades del carbón activo se deterioran, por lo que es necesario reponer parte del mismo por carbón virgen en cada ciclo. Por otro lado el CAP es más difícil de regenerar, pero también es cierto que es más fácil de producir.

El coste es un parámetro importante a la hora de la elección del adsorbente.

Alternativas al carbón activo son las zeolitas, arcillas (montmorillonita, sepiolita, bentonita, etc.), los denominados adsorbentes de bajo coste, procedentes en su mayor parte de residuos sólidos orgánicos. Recientemente se están desarrollando derivados de polisacáridos (biopolímeros derivados del almidón).

La aplicaciones de la operación de adsorción es amplia, desde un amplio abanico de sustancias orgánicas (colorantes, fenol, mercaptanos, etc.) hasta metales pesados en todos sus estados de oxidación.

DESINFECCIÓN

La desinfección pretende la destrucción o inactivación de los microorganismos que puedan causarnos enfermedades, dado que el agua es uno de los principales medios por el que se transmiten. Los organismos causantes de enfermedades



pueden ser bacterias, virus, protozoos y algunos otros. La desinfección se hace imprescindible para la protección de la salud pública, si el agua a tratar tiene como finalidad el consumo humano. En el caso de aguas residuales industriales, el objetivo puede ser no solo desactivar patógenos, sino cualquier otro organismo vivo, si lo que se pretende es reutilizar el agua. Para llevar a cabo la desinfección se pueden utilizar distintos tratamientos:

Tratamiento físico (calor, radiación), ácidos o bases, etc. pero fundamentalmente se utilizan agentes oxidantes, entre los que cabe destacar el clásico Cl_2 y algunos de sus derivados, o bien procesos de oxidación avanzada (O_3 , fotocatalisis heterogénea).

La utilización de desinfectantes persigue tres finalidades: producir agua libre de patógenos u organismos vivos, evitar la producción de subproductos indeseables de la desinfección y mantener la calidad bacteriológica en la red conducción posterior. Los reactivos más utilizados son los siguientes:

Desinfección con cloro (Cl_2): Es el oxidante más ampliamente utilizado. Hay una serie de factores que influyen en el proceso: Naturaleza y concentración de organismos a destruir, sustancias disueltas o en suspensión en el agua así como la concentración de cloro y el tiempo de contacto utilizado. Las sustancias presentes en el agua influyen en gran medida en la cloración: En presencia de sustancias orgánicas, el poder desinfectante es menor. La presencia de amonio consume cloro (formación de cloraminas). El hierro y manganeso aumentan la demanda del mismo.



En este sentido, es importante realizar un estudio de la demanda del cloro (breakpoint) para determinar la dosis de cloro correcta para cada tipo de agua. Además de la dosis, es también importante el tiempo de contacto, de manera que el parámetro a utilizar es la expresión C-t: Concentración de desinfectante final en mg/l (C) y tiempo de exposición mínimo en minutos (t). Normalmente la expresión utilizada es $C \cdot t = \text{constante}$, que para el cloro adopta valores entre 0.5 y 1.5. Sin embargo, uno de las principales desventajas de la utilización del cloro como desinfectante es la posibilidad de formación, aunque en cantidades muy reducidas, de compuestos como los trihalometanos.

Otros compuestos clorados: El hipoclorito sódico, fabricado a partir del Cl_2 es también utilizado como desinfectante en sistemas con menores caudales de trabajo, aunque las propiedades son muy semejantes a las del Cl_2 . Otro compuesto con posibilidades de utilización es el ClO_2 , más oxidante que el cloro, no reacciona con amonio, por tanto no forma cloraminas y parece ser que la posibilidad de formación de trihalometano es mucho menor que con Cl_2 . Todas estas ventajas están abriendo nuevas posibilidades a la utilización de este compuesto para la desinfección.

DESTILACIÓN

La destilación es una operación unitaria en la que los componentes de la solución líquida son separados mediante vaporización y condensación del líquido.

FRACCIONAMIENTO DE ESPUMAS

El fraccionamiento de espumas significa la separación de la materia coloidal y suspendida por flotación y de la materia orgánica disuelta por adsorción. Cuando



se burbujea aire en el agua residual se produce espuma o bien ésta es inducida por productos químicos. Casi todos los compuestos orgánicos tienen actividad de superficie estos tienden a concentrarse en la interfaces gas-liquido y se eliminan junto con la espuma.

CONGELACIÓN

La congelación es una operación de separación similar a la destilación. El agua es rociada en una cámara que funciona al vacío. Parte del agua residual se evapora y el efecto refrigerante produce cristales de hielo sin contaminantes en el líquido que queda. Seguidamente se extrae el hielo y se funde por calor de la condensación de los vapores de la fase de evaporización. En este procedimiento se ha utilizado Butano y otros refrigerantes.

CICLO HIDROLOGICO

Casi toda el agua subterránea existente en la tierra tiene origen en el ciclo hidrológico, que es el sistema por el cual el agua circula desde océanos y mares hacia la atmósfera y de allí hacia los continentes, donde retorna superficial o subterráneamente a los mares y océanos. Los factores que influyen en los procesos del ciclo hidrológico son fundamentalmente los factores climáticos, como la temperatura del aire, intensidad de los vientos, la humedad relativa del aire y la insolación y el tipo y densidad de la cobertura vegetal.

ESTADOS FÍSICOS DEL AGUA EN EL CICLO HIDROLÓGICO

AGUA LÍQUIDA:

Precipitación; escurrimiento superficial o subterráneo.



AGUA SÓLIDA:

Precipitación (nieve); almacenamiento (hielo).

AGUA GASEOSA:

Evaporación y evapotranspiración

AGUA SUBTERRÁNEA

Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos. La fuente de aporte principal es el agua de lluvia, mediante el proceso de infiltración.

Otras fuentes de alimentación localizada pueden ser los ríos, arroyos, lagos y lagunas. El agua subterránea se sitúa por debajo del nivel freático y está saturando completamente los poros y/o fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes o manantiales o cauces fluviales. Su movimiento en los acuíferos es desde zonas de recarga a zonas de descarga, con velocidades que van desde metro/año a cientos de m/día, con tiempos de residencia largos resultando grandes volúmenes de almacenamiento, aspectos característicos del agua subterránea.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En un perfil de subsuelo, normalmente se presentan dos zonas con caracteres hidráulicos diferentes, integradas por varias franjas o fajas.

La zona más somera se denomina de aireación o zona no saturada y la más profunda de saturación o zona saturada.

Zona no saturada: Es la situada entre la superficie del terreno y la superficie freática y sus poros y/o fisuras están ocupados por agua y aire. Esta zona se divide en:

a. Zona de evapotranspiración o zona edáfica:

Se extiende hasta donde llegan las raíces de la vegetación existente; por lo tanto tiene espesor variable y se caracteriza por ser la sección donde los procesos físicos químicos y biológicos, son más intensos y variados. La existencia de abundante materia orgánica (horizonte A del suelo) y la fuerte actividad biológica vegetal y de microorganismos, que genera una alta producción de CO₂, hacen que la faja edáfica actúe como un eficiente filtro natural frente a numerosos contaminantes (metales, plaguicidas, etc.).

b. Zona intermedia:

Está comprendida entre el límite de ascenso capilar del agua y el límite de alcance de las raíces de las plantas.

c. Zona capilar:

Se encuentra desde la superficie freática hasta el límite de ascenso capilar del agua.

Su espesor depende principalmente de la distribución del tamaño de los poros y de la homogeneidad del terreno.

Zona saturada: Está situada debajo de la superficie freática y donde todos los poros existentes en el terreno están llenos de agua



ACUIFEROS

Se denomina acuífero a toda formación geológica capaz de almacenar y transmitir el agua subterránea a través de ella, pudiendo extraerse en cantidades significativas mediante obras de captación (ej. pozos).

No todas las formaciones geológicas tienen la capacidad de almacenar y transmitir agua, encontrándose formaciones que pudiendo contener agua no la transmiten en condiciones naturales y por lo tanto no es posible extraerla, son los llamados acuicludos (ej. arcillas), otras formaciones no son capaces de almacenar ni transmitir el agua subterránea, son impermeables y a éstas se las llama acuífugos (ej. Granitos, gneiss) y por último encontramos los acuitardos (ej. limos, limos arenosos), que son formaciones semipermeables, que transmiten el agua muy lentamente y que resulta muy difícil su extracción mediante obras de captación, pero que son importantes para la recarga de acuíferos subyacentes, debido a la posible filtración vertical o drenaje.

Los acuíferos se clasifican, en función de su estructura y el tipo de porosidad derivada de los materiales que conforman el acuífero.

I. EN FUNCIÓN DE SU ESTRUCTURA, TENEMOS:

- a. Acuíferos libres, no confinados o freáticos.
- b. Acuíferos confinados, cautivos o a presión.
- c. Acuíferos semiconfinados o semicautivos.



a. Acuíferos libres, no confinados o freáticos: Son acuíferos cuyo piso es impermeable y su techo está a presión atmosférica. La recarga de este tipo de acuífero es directa y se realiza por infiltración del agua de lluvia a través de la zona no saturada o por infiltración de ríos o lagos. Son los más afectados en caso de sequía, ya que el nivel freático oscila con los cambios climáticos. Pozos muy someros se ven afectados (se secan), cuando el nivel freático desciende hasta por debajo de la profundidad total del pozo.

b. Acuíferos confinados, cautivos o a presión: Limitados en su parte superior por una formación de baja a muy baja permeabilidad. La presión hidrostática a nivel del techo de la acuífero es superior a la atmosférica y la recarga es lateral. Cuando se realiza un pozo en éste tipo de acuíferos, el agua contenida en ellos asciende rápidamente por su interior. Si el agua alcanza la superficie, al pozo se le llama surgente. Superficie potenciométrica se le denomina al nivel de agua virtual que se genera cuando se integran todos los niveles hidráulicos observados en los pozos del acuífero confinado.

c. Acuíferos semiconfinados o semicautivos:

Son mucho más frecuentes en la naturaleza que los cautivos. En estos, el techo, el piso o ambos, están formados por capas de baja permeabilidad que si bien dificultan no impiden la circulación vertical del agua. Para que ello suceda, además de la permeabilidad deben existir diferencias de carga o potencial hidráulico entre el acuífero semi confinado y otro superior o inferior. Los acuíferos semiconfinados se recargan y descargan a través de las unidades de bajas permeabilidades denominadas semiconfinantes, filtrantes o acuitardos.



II. EN FUNCIÓN DEL TIPO DE POROSIDAD SE CLASIFICAN:

- a. Acuíferos de porosidad primaria, porosos o sedimentarios.
- b. Acuíferos de porosidad secundaria, fisurados o fracturados.
- c. Acuíferos por disolución, químicos o kársticos.
- a. Acuíferos de porosidad primaria o porosa:

Constituidos por formaciones geológicas sedimentarias.

Los materiales suelen ser gravas y principalmente arenas, que varían su composición y tamaño en función de su origen geológico (fluvial, eólico, lacustre, glacial, etc). Estos materiales pueden estar sueltos o no consolidados (generalmente son formaciones recientes, de edad cuaternaria) o consolidados.

- b. Acuíferos de porosidad secundaria o fisurado:

Formados por rocas "duras" de origen ígneo o metamórfico.

La porosidad en estos acuíferos viene dada por la presencia de zonas de alteración, fracturas, fallas o diaclasas, única forma que tiene el agua de almacenarse y de circular. Hay que tener en cuenta que para que el agua pueda circular, estas fracturas tienen que estar abiertas y comunicadas

- c. Acuíferos kársticos por disolución:

Compuestos por rocas de origen carbonático (calizas, margas, dolomías), donde la porosidad (huecos y cavernas) se desarrollan en forma secundaria por disolución del carbonato. El agua en estos acuíferos circula por entre los huecos con una velocidad mayor que en los acuíferos porosos o fracturados.



PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACUÍFEROS

Las propiedades de los acuíferos, son imprescindibles para conocer la capacidad de almacenar y transmitir agua, y así poder establecer un modelo real de comportamiento del agua subterránea. Aquí se mencionarán la porosidad, la transmisividad, la permeabilidad, y el coeficiente de almacenamiento.

Porosidad: es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total de la roca o suelo. Se puede expresar en porcentaje, multiplicando el valor de la porosidad por 100.

Porosidad efectiva: es la razón entre el volumen de agua efectivamente liberado y el volumen total de la misma.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Conocer los componentes disueltos o en otras formas del agua subterránea es una de las características más importantes a determinar. La presencia y concentración de determinados compuestos hace que el agua subterránea se diferencie de otras.

Los procesos y factores que influyen en la evolución de la calidad de las aguas subterráneas pueden ser intrínsecos o extrínsecos al acuífero. En principio, el agua subterránea tiende a aumentar las concentraciones de sustancias disueltas a medida que se infiltra y aumenta su recorrido en los distintos acuíferos. Además de otros factores que interfieren en la composición del agua, como clima, composición del agua de recarga, tiempo de contacto del agua con el medio físico, etc., además de la contaminación causada por el hombre.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Temperatura: poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar. En profundidad depende del gradiente geotérmico, que aumenta 1° cada 30m de profundidad.

Conductividad eléctrica: Es la medida de la facilidad de un agua para conducir la corriente eléctrica y su valor aumenta con el tenor de sales disueltas en forma de iones.

En aguas subterráneas los valores de conductividad son del orden de 10-6 mhos/cm, o micro mho/cm (mhos/cm a 25°C). Este parámetro aumenta con la temperatura.

Color: Es el resultado de las sustancias disueltas en agua, principalmente provenientes de la disolución de la materia orgánica.

Olor y sabor: Están íntimamente relacionados entre sí y frecuentemente lo que se llama "gusto" es realmente percibido como olor. Son parámetros subjetivos, pero en general se puede decir que aguas con más de 300 mg/l de cloruros tienen sabor salado, con más de 400 mg/l de SO₄-2 tienen sabor salado y amargo, etc.

Turbidez: es la dificultad del agua para transmitir la luz y se debe a la presencia de sólidos en suspensión (limos, arcillas, materia orgánica, etc.) que dificultan el pasaje de la luz.



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

pH: es la medida de la concentración de hidrogeniones del agua o de la solución, estando controlado por las reacciones químicas y por el equilibrio entre los iones presentes. En agua subterránea varía entre 6,5 y 8,5.

Demanda química de oxígeno (DQO₅): mide la capacidad de un agua de consumir oxígeno durante procesos químicos. Los valores comunes en las aguas subterráneas se sitúan de 1 a 5 mg/l de O₂.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): es la medida de la cantidad de oxígeno necesario para consumir la materia orgánica contenida en el agua mediante procesos biológicos aeróbicos. Es una medida importante de la contaminación del agua y debe referirse a un cierto tiempo (24 horas, 5 días, etc). Valores superiores a 1 ppm de O₂ indican contaminación.

CONSTITUYENTES IÓNICOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS

La gran mayoría de las sustancias disueltas en agua subterránea se encuentran en estado iónico. En el agua subterránea los cationes y los aniones fundamentales son los siguientes:

Cationes: Sodio (Na⁺), Potasio (K⁺), Calcio (Ca⁺²), Magnesio (Mg⁺²).

Aniones: Cloruro (Cl⁻), Sulfato (SO₄⁻²), Bicarbonato (HCO₃⁻) Carbonato (CO₃⁻²), Nitrato (NO₃⁻).



El potasio, el nitrato y el carbonato suelen considerarse dentro de los iones fundamentales aunque sus concentraciones sean pequeñas.

Los constituyentes minoritarios, se encuentran en concentraciones inferiores al 1% en relación a los iones fundamentales. Algunos de estos constituyentes son: Boro (B^{+3}), Bromuro (Br^{-}), Compuestos fenólicos, Fosfato (PO_4^{-3}), Manganeso (Mn), Sílice (Si), Circón (Zr^{+2}), y Cobre (Cu^{+}), Hierro (Fe^{+2}).

Dentro de los constituyentes tóxicos y carcinógenos, se encuentra el Arsénico (As), Bario (Ba^{+2}), Cadmio (Cd^{+2}), Plomo (Pb), Fluoruros (F^{-}), y Selenio (Se).

Con respecto a los gases disueltos en el agua, los principales son el oxígeno disuelto (O_2), Gas Carbónico (CO_2) y el Gas Sulfídrico (H_2S).

CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Desde el punto de vista hidrogeológico la calidad del agua subterránea es tan importante como la cantidad explotable. La disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente de la calidad físico químico, biológico y radiológico.

La calidad del agua es definida por su composición y por el conocimiento de los efectos que pueden causar sus constituyentes. El conjunto de todos los elementos que la componen permiten establecer patrones de calidad de agua, clasificándola así de acuerdo con los límites establecidos y los usos para la que es apta (humano, agrícola, industrial, o abrevadero de ganado).



AGUA SUBTERRÁNEA DESTINADA AL ABASTECIMIENTO HUMANO

El agua destinada para el consumo humano, debe presentar características físicas, químicas y biológicas, que no perjudiquen la salud del ser humano. Para ello se establecen normas de potabilidad, donde se indican las concentraciones máximas aceptables y máximas admitidas.

AGUA SUBTERRÁNEA DESTINADA AL RIEGO

La aptitud del agua subterránea destinada para la actividad agrícola varía según el cultivo, pero generalmente debe contener pocos cloruros, sulfatos y los nitratos no deben superar el límite de potabilidad establecido. Además existen otros factores que influyen en la aptitud del agua para el riego como la permeabilidad, calidad del suelo y el sistema de riego.

De manera general y para determinar la aptitud del agua para el riego, se utiliza el diagrama tomado del U.S. Salinity Laboratory Staff (1954), que relaciona el índice SAR (concentración relativa de sodio con respecto al calcio y al magnesio) y la conductividad eléctrica (en mmhos/cm a 25°C) del agua.

AGUA SUBTERRÁNEA DESTINADA AL ABREVADERO DE GANADO

El agua subterránea destinada al abrevadero de ganado debe presentar características físicas, químicas y biológicas que no perjudiquen la vida del animal, éstas características son similares a las destinadas para consumo humano.



AGUA SUBTERRÁNEA DESTINADA A LA INDUSTRIA

El agua subterránea destinada a la industria, adquiere distintos usos que son función del tipo industria. Las características más importantes en cuanto a limitación para el uso son la agresividad y la incrustación, originando serios problemas en los equipamientos. Hay que tener en cuenta que el agua destinada a este uso no debe dificultar los procesos industriales requeridos.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La contaminación es la alteración de las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del agua por la acción de procesos naturales o artificiales que producen resultados indeseables. La contaminación puede ser natural ó artificial y ésta última directa o inducida.

MICROORGANISMOS EN EL AGUA SUBTERRÁNEA

Las bacterias son los organismos más comunes que se pueden encontrar en el agua subterránea. Cumplen un rol fundamental en el ciclo de la materia orgánica. Las bacterias nitrificantes son las más frecuentes, siendo la nitrificación la oxidación del amonio (NH_4^+), a nitrato (NO_3^-) por la acción del oxígeno atmosférico (O_2) utilizado por las bacterias. Partiendo de amonio (NH_4^+), se pasa a nitrito (NO_2^-) (bacterias del género Nitrosomonas) y luego a nitrato (NO_3^-) (bacterias del género Nitrobacter).

CONTAMINACIÓN POR NITRATOS

La contaminación por nitratos se ha convertido en una de las principales causas de deterioro del agua subterránea, observándose en ámbitos rurales y urbanos. En el

campo deriva principalmente de la bosta y orín existentes en los tambos y corrales, y proveniente de los pozos negros.

CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA (coliformes fecales):

La contaminación del agua subterránea por coliformes fecales se produce cuando se introducen estas bacterias en ella. El 99,9% de las bacterias fecales desaparecen entre los 10 y 50 días de tránsito en el acuífero.

La zona no saturada es la primera barrera protectora frente a la contaminación, y a que la infiltración se inicia en esta zona, siendo los suelos más protectores los más arcillosos; posteriormente y ya en la zona saturada, el tiempo de tránsito dependerá del tipo de acuífero. La distancia entre la fuente de contaminación y el pozo es fundamental, por lo que una mayor distancia del pozo a la fuente de contaminación provocaría un mayor tiempo de tránsito con mayor probabilidad de eliminación y menor concentración del contaminante en el agua. Pozos sin cementar favorecen la entrada de agua superficial contaminada directamente hacia el acuífero.

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA MEDICIÓN DE CONTAMINANTES EN AGUA

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECAS) Y LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Los ECA para agua, tienen el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de



los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los ECA son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural.

Los ECA para agua son referentes obligatorios:

En el diseño de las normas legales y las políticas públicas.

Para el otorgamiento de las autorizaciones de vertimientos,

Posteriormente, el MINAM ha dictado las normas para la implementación de los ECA para agua, señalando que se deberán tener en consideración las siguientes precisiones sobre sus categorías:

Durante la realización de la investigación nos guiaremos del D.S. 002-2008 MINAM ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

a. Categoría 1. Poblacional y recreacional

i. Subcategoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con tratamiento convencional, que puede estar conformado para los siguientes



procesos: decantación, coagulación, floculación, sedimentación, y/o filtración, o métodos equivalentes; además de la desinfección de conformidad con lo señalado en la normativa vigente.

A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano que incluya tratamiento físico y químico avanzado, como precloración, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o método equivalente; que sea establecido por el sector competente.

ii. Subcategoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación:

B1. Contacto primario: aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto primario por la autoridad de salud; incluyen actividades como natación, esquí acuático, buceo libre, surf, canotaje, navegación en tabla a vela, mota acuática, pesca submarina o similares.

B2. Contacto secundario: aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la autoridad de salud, como deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

b. Categoría 2. Actividades marino-costeras

i. Subcategoría C1. Extracción y cultivo de moluscos bivalvos:

Entiéndase a las aguas donde se extraen o cultivan los moluscos bivalvos, definiéndose por moluscos bivalvos a los lamelibranquios que se alimentan por filtración, tales como ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de



abanico, palabritas, mejillones y similares; se incluyen a los gasterópodos (ej. caracol, lapa), equinodermos (estrella de mar) y tunicados.

ii. Subcategoría C2. Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas: Entiéndase a las aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto; comprende a los peces y las algas comestibles.

iii. Subcategoría C3. Otras actividades: Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como tránsito comercial marítimo, infraestructura marina portuaria y de actividades industriales.

c. Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales

i. Vegetales de tallo bajo: Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo, que usualmente tienen un sistema radicular difuso o fibroso y poco profundo. Ejemplos: ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares.

ii. Vegetales de tallo alto: Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, de porte arbustivo o arbóreo, que tienen una mayor longitud de tallo. Ejemplos: árboles forestales y árboles frutales, entre otros.

iii. Bebida de animales: Entiéndase como aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, ovino, porcino, equino o camélido, y para animales menores, como ganado caprino, cuyes, aves y conejos.

d. Categoría 4. Conservación del ambiente acuático

Está referida a aquellos cuerpos de agua superficiales, cuyas características requieren ser preservadas por formar parte de ecosistemas frágiles o áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento.

i. Lagunas y lagos:

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua; corresponde a aguas en estado léntico, incluidos los humedales.

ii. Ríos:

Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible; corresponde a aguas en estado lótico.

Ríos de la costa y sierra Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes.

Ríos de la selva Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, en las zonas meándricas.

iii. Ecosistemas marino-costeros:

Estuarios Entiéndase como zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos, hasta el límite superior del nivel de marea; incluye marismas y manglares.

Marinos Entiéndase como la zona del mar comprendida desde los 500 m de la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.



En estas categorías no se encuentran comprendidas las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero-medical, las aguas geotermales, las aguas atmosféricas, y las aguas residuales tratadas para reuso.

Asimismo, a efectos de asignar la categoría a los cuerpos de agua respecto de su calidad, la ANA deberá considerar lo siguiente:

Utilizar las categorías establecidas en los ECA para agua vigentes.

En el caso de identificarse dos o más categorías que coexistan en una zona determinada de un mismo cuerpo de agua, la ANA definirá la categoría, priorizando la protección de la salud humana.

A aquellos cuerpos de agua a los que no se les ha asignado categoría de acuerdo a su calidad, se les dará transitoriamente la categoría del recurso hídrico al que tributan.

Para la implementación del ECA para agua deberá considerarse lo siguiente: En aquellos cuerpos de agua considerados como zona intangible para vertimientos de efluentes, la ANA deberá adoptar las medidas de control y vigilancia necesarias para preservar o recuperar la calidad ambiental del agua, para lo cual deberá considerar el ECA para agua correspondiente a la categoría asignada al cuerpo de agua respectivo.

En aquellos cuerpos de agua utilizados para recibir vertimientos de efluentes, la ANA deberá verificar el cumplimiento de los ECA para agua fuera de la



zona de mezcla, considerando como referente la categoría asignada para el cuerpo de agua. La metodología y los aspectos para la definición de la zona de mezcla serán establecidos por la ANA en coordinación con el MINAM y con la participación de la autoridad ambiental del sector correspondiente.

Para la revisión de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, el MINAM establecerá los procesos, metodologías, lineamientos y planes necesarios, según corresponda, considerando las evidencias técnicas, los resultados de vigilancia, control y monitoreo de la calidad ambiental del agua, entre otros. Dicha acción se realizará de manera permanente y cuando el caso lo amerite.

LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (LMP)

El Límite Máximo Permisible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción son establecidos por dicho Ministerio.

El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.



Los LMP sirven para el control y fiscalización de los agentes que producen efluentes y emisiones, a efectos de establecer si se encuentran dentro de los parámetros considerados inocuos para la salud, el bienestar humano y el ambiente

AGUAS SUPERFICIALES

Las muestras de agua deberán recogerse lo más cerca al centro del cuerpo de agua (río, quebrada) y en contra de la corriente al flujo de agua, evitando alterar las condiciones reales. Cuando no se presente las condiciones apropiadas para el recojo de muestras del cuerpo de agua, se podrá hacer uso de un brazo telescópico debidamente diseñado para el recojo de muestras lo más alejado de la orilla, donde la turbulencia sea mínima y el cuerpo presente condiciones homogéneas.

En los casos en que no es posible recoger las muestras del centro del río, por los riesgos que representan las corrientes fuertes, la profundidad, falta de implementos de seguridad o el apoyo logístico necesario, se deberá ubicar el punto en zona de orilla o en una zona apropiada para la toma de muestra, buscando que la muestra sea representativa del cuerpo de agua.

MÉTODOS DE MUESTREO

Muestreo manual

El muestreo manual implica un mínimo de equipos, pero para programas de muestreo a gran escala o de rutina puede ser excesivamente costoso su manejo.



Muestreo Automático

Los equipos de muestreo automático pueden eliminar errores humanos, inherentes al muestreo manual, reducen los costos y permiten aumentar la frecuencia del muestreo. El muestreador automático no debe contaminar la muestra, en el caso de que los recipientes de plásticos sean incompatibles para almacenar muestras que contienen compuestos orgánicos que son solubles en el envase de plástico o puede contaminarse al contacto con éste. En estos casos un muestreador manual con recipiente de vidrio es más adecuado. Programar el muestreador automático de acuerdo con las especificaciones del mismo y las necesidades del muestreo, ajustar cuidadosamente las velocidades de la bomba y los tamaños de los tubos según el tipo de muestra a tomar.

ENVASES PARA EL MUESTREO:

El tipo de envase de muestreo usado es de extrema importancia, se debe comprobar que los envases de las muestras estén libres del elemento de interés, especialmente cuando el muestreo y el análisis son para niveles traza del analito.

Los envases son hechos generalmente de plástico o de vidrio, depende del elemento o parámetro requerido, para seleccionar el tipo de envase.

Los recipientes de vidrio no son convenientes para muestras destinadas a ser analizadas para metales traza; el vidrio libera silicio y sodio, a su vez, pueden adsorber trazas de metales contenidos en la muestra de agua. Por otra parte los recipientes de plástico - excepto los teflonados (politetrafluoroetileno, PTFE)- deben descartarse para muestras que contengan compuestos orgánicos, estos materiales liberan sustancias del plástico (por ejemplo, ésteres de ftalato del plástico) y a su



vez disuelven algunos compuestos orgánicos volátiles de la muestra. Las tapas de los envases, generalmente de plástico, también pueden ser un problema, por lo que se debe usar empaques o séptum de metal o PTFE. Para situaciones críticas, es adecuada la inclusión de un blanco del recipiente para demostrar la ausencia de interferencias. Usar los envases de vidrio para todos los análisis de compuestos orgánicos volátiles, semivolátiles, plaguicidas, PCBs, aceites y grasas.

PRECAUCIONES GENERALES

Uno de los requerimientos básicos en el programa de muestreo es una manipulación ausente de procesos de deterioro o de contaminación antes de iniciar los análisis en el laboratorio; en el muestreo de aguas, antes de colectar la muestra es necesario purgar el recipiente dos o tres veces, a menos que contenga agentes preservativos. Dependiendo del tipo de determinación, el recipiente se llena completamente (esto para la mayoría de las determinaciones de compuestos orgánicos), o se deja un espacio para aireación o mezcla (por ejemplo en análisis microbiológicos); si el recipiente contiene preservativos no puede ser rebosado, lo cual ocasionaría una pérdida por dilución. Excepto cuando el muestreo tiene como objetivo el análisis de compuestos orgánicos, se debe dejar un espacio de aire equivalente a aproximadamente 1% del volumen del recipiente, para permitir la expansión térmica durante su transporte.

Cuando las muestras colectadas contienen compuestos orgánicos o metales traza, se requieren precauciones especiales, debido a que muchos constituyentes están presentes en concentraciones de unos pocos microgramos por litro y se puede correr el riesgo de una pérdida total o parcial, si el muestreo no se ejecuta con los procedimientos precisos para la adecuada preservación.



Las muestras representativas se pueden obtener sólo colectando muestras compuestas predeterminadas o en diferentes puntos de muestreo; las condiciones de recolección varían con las localidades y no existen recomendaciones específicas que puedan ser aplicables en forma general. Algunas veces es más informativo analizar varias muestras en forma separada en lugar de obtener una muestra compuesta, ya que es posible aparentar su variabilidad, los máximos y los mínimos.

En términos generales, la muestra colectada debe asegurar que los resultados analíticos obtenidos representan la composición actual de la misma. Los siguientes factores afectan los resultados: presencia de material suspendido o turbidez, el método seleccionado para su remoción, los cambios fisicoquímicos en el almacenamiento o por aireación. Por consiguiente es necesario disponer de los procedimientos detallados (como filtración, sedimentación, etc.) a los que se van a someter las muestras antes de ser analizadas, especialmente si se trata de metales traza o compuestos orgánicos en concentraciones traza. En algunas determinaciones como los análisis para plomo, estos pueden ser invalidados por la contaminación que se puede presentar en tales procesos. Cada muestra debe ser tratada en forma individual, teniendo en cuenta las sustancias que se van a determinar, la cantidad y naturaleza de la turbidez presente, y cualquier otra condición que pueda influenciar los resultados.

La selección de la técnica para recolectar una muestra homogénea debe ser definida en el plan de muestreo. Generalmente, se separa cualquier cantidad significativa de material suspendido por decantación, centrifugación o un



procedimiento de filtración adecuado. Para el análisis de metales la muestra puede ser filtrada o no, o ambas, si se requiere diferenciar el total de metales y los disueltos presentes en la matriz.

MANIPULACIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA Y MANEJO DE DATOS

La Agencia para la Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA, 1992c) así como los "Métodos Estándar", proporcionan una guía sobre los procedimientos para la preservación de muestras, procedimientos, materiales para los recipientes y máximo tiempo de almacenamiento permisible para los parámetros de calidad del agua. Los documentos también suministran algunos lineamientos generales sobre la recolección y manipulación de muestras.

EMBALAJE Y ENVÍO DE LAS MUESTRAS

Si las muestras no van a ser analizadas en un laboratorio en el campo o si no van a ser entregadas inmediatamente, deben ser colocadas en un recipiente térmico para su transporte junto con un registro de cadena de custodia, hojas de datos de campo y solicitudes de análisis de muestras. Los laboratorios comerciales generalmente suministran estas solicitudes de análisis. Las botellas de vidrio deben ser embaladas con cuidado para evitar roturas y derrames. Las muestras deben ser colocadas en hielo o en un sustituto sintético que las mantenga a 4°C durante todo el viaje. El hielo debe ser colocado en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja de embarque. Los registros sobre el muestreo deben ser colocados en un sobre impermeable, guardándose una copia en el lugar.



CONTROL Y REGISTRO DE LAS MUESTRAS DE AGUA

El registro del muestreo, la preservación y el análisis son esenciales para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye la actividad de seguir o monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis. Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra no sólo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

Etiquetas. Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, pegar al frasco de muestra antes de o en el momento del muestreo, papel engomado o etiquetas adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información: número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección, y preservación realizada.

Sellos. Para evitar o detectar adulteraciones de las muestras, sellar los recipientes con papel autoadhesivo, en los que se incluya por lo menos la siguiente información: número de muestra (idéntico al número en la etiqueta), nombre del recolector, fecha y hora de muestreo; también son útiles los sellos de plástico encogible. Adherir el sello de tal manera que sea necesario romperlo para abrir el recipiente de la muestra, después de que el personal muestreador ceda la custodia o vigilancia.



Libro de campo. Registrar toda la información pertinente a observaciones de campo o del muestreo en un libro apropiado, en el que se incluya como mínimo lo siguiente: propósito del muestreo; localización de la estación de muestreo, o del punto de muestreo si se trata de un efluente industrial, en cuyo caso se debe anotar la dirección y el nombre del representante de la empresa; tipo de muestra y método de preservación si es aplicable. Si se trata de una muestra de aguas residuales, identificar el proceso que produce el efluente. Estipular también la posible composición de la muestra y las concentraciones; número y volumen de muestra tomados; descripción del punto y método de muestreo; fecha y hora de recolección; número(s) de identificación del (los) recolector(es) de la muestra; distribución y método de transporte de la muestra; referencias tales como mapas o fotografías del sitio de muestreo; observaciones y mediciones de campo; y firmas del personal responsable de las observaciones. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo sin tener que confiar en la memoria de los encargados. Guardar el libro en un sitio seguro.

Registro del control y vigilancia de la muestra. Diligenciar el formato de control y vigilancia de cada una de las muestras o grupo de muestras, las cuales deben estar acompañadas de este formato; en él se incluye la siguiente información: número(s) de la(s) muestra(s); firma del recolector responsable; fecha, hora y sitio de muestreo; tipo de muestra; firmas del personal participante en el proceso de control, vigilancia y posesión de las muestras y las fechas correspondientes.



Formato de solicitud de análisis. La muestra debe llegar al laboratorio acompañada de una solicitud de análisis; el recolector completa la parte del formato correspondiente a la información de campo de acuerdo con la información anotada en el libro de campo. La parte del formato correspondiente al laboratorio la completa el personal del laboratorio, e incluye: nombre de la persona que recibe la muestra, número de muestra en el laboratorio, fecha de recepción, y las determinaciones a ser realizadas.

Entrega de la muestra en el laboratorio. Las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo, en el transcurso de dos días como máximo; si el tiempo de almacenamiento y preservación es menor, debe planificarse el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio. En caso de que las muestras sean enviadas por correo a través de una empresa responsable, se debe incluir el formato de la compañía transportadora dentro de la documentación del control y vigilancia de la muestra. La solicitud de análisis debe estar acompañada por el registro completo del proceso de control y vigilancia de la muestra. Entregar la muestra a la oficina de recepción en el laboratorio; el recepcionista a su vez debe firmar el formato de vigilancia y control, incluyendo la fecha y hora de entrega.

Recepción y registro de la muestra. En el laboratorio, el recepcionista inspecciona la condición y el sello de la muestra, compara la información de la etiqueta y el sello con el registro o formato del proceso de control y vigilancia, le asigna un número o código para su entrada al laboratorio, la registra en el libro del laboratorio, y la guarda en el cuarto o cabina de almacenamiento hasta que sea asignada a un analista.



Asignación de la muestra para análisis. El coordinador del laboratorio asigna la muestra para su análisis. Una vez la muestra está en el laboratorio, el auditor y los analistas son responsables de su cuidado y vigilancia.

MÉTODOS ESTÁNDAR PARA LOS ANÁLISIS DE AGUA Y AGUAS RESIDUALES

El documento denominado "Métodos Estándar para el Examen de Agua y Aguas Residuales". Fue publicado conjuntamente por la American Public Health Association, la American Water Works Association y la Water Environment Federation, el que representa una referencia para la metodología de análisis de calidad del agua.

Los laboratorios acreditados conocen los "Métodos Estándar" y usan estos métodos para algunos de los parámetros recomendados en este Protocolo. Los laboratorios acreditados poseen gran parte de equipamiento analítico necesario para llevar a cabo estos análisis (absorción atómica, espectrofotometría, cromatografía, colorimetría, etc.) debido a las necesidades existentes en los exámenes de muestras de aguas y otros.

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

Aseguramiento y control de calidad (AC y CC) son parte esencial de todo sistema de monitoreo. Comprende un programa de actividades (capacitación, calibración de equipos y registro de datos) que garantizan que la medición cumple normas



definidas y apropiadas de calidad con un determinado nivel de confianza, o puede ser visto como una cadena de actividades diseñadas para obtener datos fiables y precisos.

Las funciones de control de calidad influyen directamente en las actividades relacionadas con la medición en campo, la calibración de los equipos de campo, registro de datos y la capacitación. Para garantizar el éxito del programa, es necesario que cada componente del esquema del aseguramiento y control de calidad se implemente de manera adecuada, para lo cual debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Asegurarse que los frascos de muestreos cumplan con los requisitos técnicos establecidos en el presente protocolo.

Enviar toda la documentación (formatos, cadena de custodia, etiqueta, oficios, etc.) de las muestras asegurando que los datos de campo no varíen en su descripción.

MUESTREO DE AGUA SUBTERRANEA

La composición química del agua subterránea se determina a partir del muestreo del agua, primeramente en el campo, con la medición de algunos parámetros físicos y químicos y posteriormente en el laboratorio.

La toma de muestras requiere seguir con algunos procedimientos que se encuentran dentro de los protocolos de muestreo de los laboratorios para



garantizar la validez de la muestra y para asegurar la representatividad del agua del acuífero que está siendo estudiado.

Es importante antes de muestrear tener en cuenta:

Cuál es el objetivo del muestreo, definir los parámetros que voy a analizar en función del objetivo del muestreo y haber seleccionado previo al muestreo el laboratorio que analizará la muestra y que cuente con los instrumentos necesarios para las mediciones.

Hay laboratorios que carecen de instrumentación, siendo imposible la determinación de algunos parámetros químicos.

Conocer el protocolo de muestreo del laboratorio seleccionado, ya que será este quien analice las muestras. Muchas veces es el laboratorio quien entrega los frascos de muestreo o da algunas indicaciones específicas como volúmenes necesarios a muestrear, etc.

Contar con envases adecuados, en cuanto al material y al volumen, en función de los parámetros a analizar. Cada laboratorio tendrá sus requisitos en cuanto a volumen necesario para realizar las determinaciones y en la preparación de los envases (éstos pueden ser envases enjuagados especialmente en el laboratorio o se les puede añadir un aditivo al momento del muestreo); contar con etiquetas, lápices indelebles, conservadora para refrigerar la muestra, Gps para determinarlas coordenadas de la muestra, e instrumental para las mediciones en campo.



La entrega de las muestras al laboratorio debe ser en el menor tiempo posible. Se deben conocer los tiempos máximos de entrega de la muestra establecidos por el laboratorio, evitando que la muestra se torne inservible. Esto se debe a que hay parámetros que se volatilizan o reaccionan con el envase, modificando así su concentración.

Todo envase debe estar etiquetado, con nombre, fecha y hora, coordenadas de la muestra y lugar.

En el momento del muestreo, se debe asegurar que el agua que se colecta sea la del acuífero y no la almacenada en tanques, cañerías o tubería del pozo. Para ello, si se muestrea agua de pozo se deberá dejar circular el agua mientras se bombea hasta que el agua extraída sea la contenida en el acuífero y no la del pozo. Es imprescindible conocer las características del acuífero del cual se está tomando la muestra.

Análisis bacteriológicos

En la toma de muestras para análisis bacteriológicos se deberá aumentar los controles, siguiendo estrictamente el protocolo de muestreo del laboratorio de manera de minimizar las posibles contaminaciones externas. Se deberá utilizar envases esterilizados, refrigerar la muestra, y llevarla en el menor tiempo posible al laboratorio seleccionado. Hay algunos laboratorios que proporcionan los envases ya estériles, de lo contrario se deberá adquirir en farmacias o droguerías y evitar sacarlo de la funda de nailon que lo contiene hasta el momento de la toma de la muestra.



De manera general hay que considerar:

Abrir la canilla de la que se va a extraer la muestra, dejando correr el agua por lo menos 10 minutos, regulando la salida de agua de modo que no sea demasiado violenta.

Lavar la salida del grifo y luego quemar la parte interna de la canilla con un hisopo empapado en alcohol (nunca queroseno o nafta), evitando que el calentamiento sea excesivo y provoque deterioros.

Abrir la canilla con cuidado de no tocar la parte desinfectada y regulando la salida del agua.

Llenar el frasco hasta sus cuatro quintas partes con el agua, nunca hasta la boca, y etiquetar, indicando el nombre del remitente, lugar, fecha y hora de extracción, y las coordenadas cartográficas de la fuente de agua.

Mediciones a realizar durante el muestreo, in situ

Durante el muestreo se deberá, siempre que se pueda, medir el pH para conocer la acidez del agua, la temperatura para determinar posibles variaciones en el acuífero y la conductividad eléctrica que nos da una idea indirecta del grado de salinidad.

Para obtener estas medidas se utilizan instrumentos portátiles o de bolsillo. Son de fácil utilización, precisos y la lectura es directa. Hay que tener en cuenta que luego de varias mediciones estos instrumentos necesitan calibración.



2.3. MARCO CONCEPTUAL

ACCIÓN BIOQUÍMICA

Cambios químicos resultantes del metabolismo de los organismos vivos.

ADITIVOS

Cualquier sustancia añadida con un fin específico a los ingredientes fundamentales de una mezcla, generalmente en concentraciones menores o iguales al 1%.

ADSORCIÓN

La adherencia de sólidos disueltos, coloidales o finamente divididos, a la superficie de cuerpos sólidos, con los cuales han sido puestos en contacto.

AGUA FREÁTICA

Agua libre en una zona de saturación, que discurre a través del suelo y en los estratos inferiores; Agua subterránea más próxima a la superficie.

AGUA POTABLE

Agua exenta de contaminación objetable, mineral e inocua, y que se considera satisfactoria para el consumo doméstico.

AGUAS FRESCAS

Aguas servidas de origen reciente que aún contienen oxígeno disuelto en el momento de su examen.



AGUAS SÉPTICAS

Aguas servidas en estado de putrefacción bajo condiciones anaerobias institucionales y similares (pueden o no contener aguas subterráneas, aguas superficiales y agua de lluvia).

AGUAS SERVIDAS O RESIDUALES

En su acepción más amplia, el agua suministrada a una población, que habiéndose aprovechado para diversos usos ha quedado impurificada. Desde el punto de vista de su origen es una combinación del líquido o desechos arrastrados por el agua de las casas habitación, edificios comerciales e instituciones con los procedentes de los establecimientos industriales.

ARROYO

Corriente de agua no permanente, de caudal escaso y variable.

AUTOPURIFICACIÓN O AUTODEPURACIÓN

Poder de recuperación de una corriente o de una masa de agua ante un vertido contaminante; El proceso natural de purificación de una masa de agua, en movimiento o en reposo, en virtud del cual se disminuye el contenido de bacterias y se satisface la mayor parte de la DBO; la materia orgánica que contiene es estabilizada y el contenido de oxígeno disuelto vuelve a su concentración normal.

BACTERIAS AEROBIAS

Bacterias que requieren oxígeno libre (elemental) para su desarrollo.



BACTERIAS ANAEROBIAS FACULTATIVAS

Son bacterias que se adaptan por sí mismas, al desarrollo tanto en presencia, como en ausencia, de oxígeno no combinado.

BACTERIAS ANAEROBIAS

Bacterias que se desarrollan en ausencia de oxígeno libre y que extraen oxígeno, de las sustancias complejas, al descomponerlas.

BACTERIAS

Vegetales rudimentarios, generalmente no pigmentados, los cuales se reproducen por división en uno, dos o tres planos. Se encuentran como células aisladas, en grupos, en cadenas o filamentos y no requieren luz para su proceso vital. Pueden desarrollarse en medios de cultivo especiales fuera de su hábitat natural.

BALANCE DE OXÍGENO

La relación entre la demanda bioquímica de oxígeno del efluente de una planta de tratamiento y el oxígeno disponible en el agua de dilución.

BIOMASA

Materia orgánica producida durante un proceso biológico, espontáneo o provocado, que puede usarse como fuente de energía; 2. Peso en seco de materia viva por unidad de volumen o de superficie en un determinado hábitat.



BIOQUÍMICA

La resultante de una actividad o desarrollo biológico y medida o expresada en función de los cambios químicos experimentados.

CÁMARA

Término general que se aplica a un espacio limitado por paredes o a un compartimiento.

COLMATACIÓN

Relleno de depósitos por lodo, arena, grava y otros materiales, sustituyendo a masas de agua.

COMPRESOR

Máquina capaz de incrementar la presión de un gas, comunicándole la energía necesaria para ello.

DEFICIENCIA DE OXÍGENO

La cantidad adicional de oxígeno requerida para satisfacer la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en un líquido dado. Se expresa usualmente en partes por millón.

DEGRADABILIDAD

Capacidad de un material o un producto de ser descompuesto química o biológicamente. Suele relacionarse con procesos metabólicos bacterianos.

DEGRADABLE

Capaz de descomponerse en partes más pequeñas.



DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

La cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, en un tiempo y a una temperatura especificada. No guarda relación con los requerimientos de oxígeno para la combustión química, dependiendo enteramente de la disponibilidad de materia utilizable como alimento biológico y de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos durante la oxidación.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, STANDARD

Es la demanda Bioquímica de Oxígeno determinada por el procedimiento normal de laboratorio, en 5 días y a 20° C y usualmente expresada en partes por millón, de oxígeno.

DESCOMPOSICIÓN DEL AGUA

La destrucción de la materia orgánica, por medio de procesos aerobios y anaerobios.

DESCOMPOSICIÓN.- 1. Separación sucesiva de las moléculas en sus componentes conocidos más simples; 2. Degradación de la materia orgánica.

DESNITRIFICACIÓN

La disminución de los nitratos en solución por acción bioquímica.

DESOXIGENACIÓN

La disminución del oxígeno disuelto en un líquido. En condiciones naturales, va asociada con la oxidación bioquímica de la materia orgánica.



DETRITUS

La arena, el cascajo, y otros materiales gruesos separados por sedimentación diferencial, en un período de retención relativamente corto.

DIGESTIÓN AEROBIA

Descomposición de los lodos en presencia de aire, con producción de CO₂, agua y lodos estabilizados y una oxidación muy intensa.

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Tratamiento acelerado de fermentación o putrefacción de fangos en ausencia de oxígeno; la materia orgánica se convierte en metano, en anhídrido carbónico y en otros compuestos.

DIGESTIÓN

Rotura de productos complejos provocada por enzimas, que los transforman en sustancias metabolizables.

EFICIENCIA O RENDIMIENTO

La relación entre la capacidad real de un aparato y su capacidad teórica total; usualmente se expresa en porcentajes.

EFLUENTE ESTABLE

Aguas residuales tratadas que contienen suficiente oxígeno para satisfacer su demanda de oxígeno.



EFLUENTE FINAL

El efluente de la última unidad de una planta de tratamiento de aguas residuales.

ENCHARCAMIENTO DE UN FILTRO

La formación de charcos de aguas residuales en la superficie de los filtros, provocada por atascamiento.

ENLODAMIENTO

Un fenómeno asociado con los filtros goteadores y los aereadores de contacto, por medio del cual la lama y los sólidos acumulados en el medio son descargados con el efluente.

EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMA

Equipo que facilita la respiración cuya condición de funcionamiento no depende del oxígeno circundante, por lo que es un equipo necesario para poder permanecer o tener acceso a cualquier atmósfera potencialmente tóxica.

ESCORRENTÍA

Caudal más o menos superficial de aguas procedentes de las precipitaciones, de deshielos o de corrientes subterráneas.

ESTABILIDAD

La propiedad de cualquier sustancia, contenida en las aguas servidas, o en el efluente o en los lodos digeridos, que impide la putrefacción. Es el antónimo de putrescibilidad.



ESTABILIZACIÓN

Separación de los componentes volátiles de una mezcla líquida mediante destilación, evaporación o mediante el paso de vapor de agua, aire u otro gas a través de esa mezcla líquida.

ESTACIONAL

Propio de la estación climática o que depende de ella.

FACULTATIVO

Capaz de actuar o vivir en medio aerobio y en medio anaerobio.

FILTRO BIOLÓGICO

Un lecho de arena, grava, piedra quebrada u otro material a través del cual las aguas servidas fluyen o gotean y cuya efectividad depende de la acción biológica.

También se llama filtro percolador o goteador.

FILTRO DE BAJO GASTO O GASTO NORMAL

Filtro goteador diseñado para operar a bajas cargas de DBO por unidad de volumen de material filtrante y bajas dosificaciones por unidad de superficie.

También se llaman filtros de gasto standard.

FILTRO DE GRAN GASTO

Filtros goteadores operados a un alto promedio diario de dosificación. Algunas veces cuentan con recirculación del efluente.



GAS DE PETRÓLEO LICUADO GLP

Gas comprimido que aparece como subproducto de la refinación de petróleo o de fabricación de gasolina natural. Incoloro, no corrosivo. Inflamable.

GASIFICACIÓN

La transformación de los sólidos de las aguas servidas, en gases, por descomposición de estas últimas.

HIDROCARBURO

Compuesto orgánico consistente exclusivamente en elementos de carbono e hidrogeno. Se obtiene principalmente del petróleo, del alquitrán de hulla y de fuentes vegetales.

INFLUENTE O AFLUENTE

Aguas servidas, agua u otro líquido crudo o parcialmente tratado, que entra a un depósito, estanque, o planta de tratamiento o alguna parte de ella.

INOCULACIÓN

Introducción artificial de material que contenga organismos vivos o muertos en un ambiente nuevo, tal como los suelos, medios de cultivos o el cuerpo vivo de un organismo.

INTERMITENTE

Que se interrumpe o cesa y prosigue o se repite.



LODO O FANGO

Los sólidos depositados por las aguas crudas o tratadas, acumulados por sedimentación en tanques o estanques y que contienen más o menos agua para formar una masa semilíquida.

MALLAS ELECTROSOLDADA

Panel electro soldado formado por varillas lisas o corrugadas en varios diámetros dispuestas ortogonalmente formando recuadros regulares. Se usa como refuerzo estructural en: muros, pavimentos, piscinas, canchas, cisternas. Artesanalmente se utiliza en cerramientos, decoración, canastos.

MATERIA INORGÁNICA

Substancias de origen mineral, sin carbono. Por lo general, no se volatizan al ser calentadas.

MATERIA ORGÁNICA

Materia compuesta por moléculas orgánicas procedentes de los seres vivos; 2. Substancias químicas de origen animal, vegetal e industrial. Incluye a la mayor parte de los compuestos de carbono, y son combustibles y volatilizables por el calor.

MATERIA SUSPENDIDA

Por lo común se entiende por sólidos suspendidos en las aguas o efluentes, a aquellos que pueden ser realmente separados por filtración en el laboratorio.



MATERIAL PÉTREO

Rocas, piedras.

ORGANISMOS

Diminutos organismos, vegetales o animales, invisibles o apenas visibles a simple vista; 2. Seres unicelulares que nacen y se desarrollan en el aire, en el agua y en toda clase de organismos.

MONITOREO

Vigilancia o seguimiento permanente mediante registros continuos, observaciones y medidas, así como por evaluación de los datos que tengan incidencia sobre la salud, sobre el medio ambiente o sobre instalaciones o materiales a proteger.

NATA

Una masa de material de las aguas que flota en su superficie.

NITRIFICACIÓN

Transformación de los compuestos amoniacales procedentes de la descomposición proteica, en ácidos nítricos y en sus sales por acción de bacterias nitrificantes o bacterias nitríticas.

NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP)

En el ensayo del contenido bacteriano por el método de dilución, el número de organismos que, de acuerdo con la teoría estadística, sería entre los otros números posibles el más probable que se obtenga como resultado del examen;



o el que se obtendría con la mayor frecuencia como resultado del examen. Se expresa en cantidad de organismos por 100 ml.

OXIDACIÓN DE LAS AGUAS

Proceso en virtud del cual, y a través de la acción de organismos vivos en presencia de oxígeno, la materia orgánica contenida en las aguas servidas es convertido a formas más estables.

OXIDACIÓN BIOLÓGICA

Metabolismo del oxígeno, de la respiración y de la cadena respiratoria; Oxidación de la materia orgánica.

OXIDACIÓN

La adición de oxígeno, la pérdida de hidrógeno o el aumento en la valencia de un elemento.

OXÍGENO CONSUMIDO

La cantidad de oxígeno tomada de una solución de permanganato de potasio, por un líquido que contiene materia orgánica. Ordinariamente se considera como un índice de la materia carbonosa presente. El tiempo y la temperatura de la prueba deben especificarse. Para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se emplea bicromato de potasio.

OXÍGENO DISPONIBLE

La cantidad de oxígeno libre o no combinado disuelto en el agua de una corriente.



OXÍGENO DISUELTO

Usualmente se designa por OD. La cantidad de oxígeno disuelto en las aguas servidas, el agua o cualquier otro líquido y regularmente se expresa en partes por millón o como porcentaje de saturación.

OXÍGENO RESIDUAL

El contenido de oxígeno disuelto en una corriente, una vez comenzada la desoxigenación.

PARTES POR MILLÓN

La concentración de un determinado componente disuelto en las aguas servidas, expresada en miligramos por litro. Una relación expresada en libras por millón de libras, gramos por millón de gramos, etc.

PATÓGENO

Que provoca enfermedad.

PENDIENTE

La inclinación o declive del cauce de una corriente, de una tubería o de la superficie natural del terreno, usualmente expresada por la relación o porcentaje del número de unidades de elevación o caída vertical, por unidad de distancia horizontal.

La inclinación del fondo de una tubería, canal, acueducto, alcantarilla, etc. La superficie acabada, del lecho de un canal, de un camino, del bordo de



una represa o fondo de una excavación. En plomería, el desnivel en pulgadas o centímetros, por pie o metro de longitud de tubería.

PERCOLACIÓN

El flujo o goteo del líquido que desciende a través del medio filtrante. El líquido puede o no llenar los poros del medio filtrante.

PERÍODO DE RETENCIÓN

El tiempo teórico requerido para desalojar el contenido de un tanque o una unidad, a una velocidad o régimen de descarga determinado (volumen dividido por el gasto).

PLATINAS

Placas que forma una parrilla.

PORCENTAJE DE HUMEDAD

El contenido de agua en los lodos, expresada por la razón entre la pérdida de peso por desecación a 103° C y el peso original de la muestra, multiplicada por cien.

PROCESO BIOLÓGICO

El proceso por el cual, la actividad vital de las bacterias y otros microorganismos, en su busca de alimento, descompone los materiales orgánicos complejos, en sustancias más simples y estables. La auto purificación de las corrientes contaminadas con aguas servidas, la digestión de



los lodos y los llamados tratamientos secundarios de las aguas servidas, son el resultado de estos procesos. También se llama Proceso Bioquímico.

PROCESO

Una serie de operaciones.

PUTREFACCIÓN

La descomposición biológica de la materia orgánica con producción de malos olores que van asociados a las condiciones anaerobias.

PVC

Policloruro de Vinilo. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80°C y se descompone sobre 140°C. Cabe mencionar que es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloroetileno. Tiene una muy buena resistencia eléctrica y a la llama.

QUEBRADA

Valle estrecho y corto entre riscos.

RECIRCULACIÓN

La refiltración de todo o una parte del efluente en los filtros goteadores de alto gasto, con objeto de mantener un gasto uniforme a través del filtro; 2. El retorno del efluente a la entrada del flujo, para rebajar su fuerza.



RESIDUO

Cantidad de un producto o de sus derivados que queda después de su uso o aplicación.

SANEAMIENTO

Un término que abarca todos los recursos para recoger, bombear, tratar y evacuar las aguas servidas; el sistema de alcantarillado y los trabajos de tratamiento de las aguas servidas.

SEDIMENTACIÓN

El proceso de asentar y depositar la materia suspendida que arrastra el agua, las aguas servidas u otros líquidos, por gravedad. Esto se logra usualmente disminuyendo la velocidad del líquido por debajo del límite necesario para el transporte del material suspendido. También se llama asentamiento.

TANQUE SÉPTICO

Es un tanque de sedimentación de acción simple, en el que los lodos sedimentados están en contacto inmediato con las aguas servidas que entran al tanque, mientras los sólidos orgánicos se descomponen por acción bacteriana anaerobia.

TENSIÓN SUPERFICIAL

Fuerzas unilaterales dirigidas hacia el interior de un líquido, que hacen que disminuya la superficie del mismo.



TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Depuración de aguas residuales mediante la acción de microorganismos.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

Es el acondicionamiento de cualquier desecho industrial, en el lugar donde se origina, antes de su descarga, para eliminar o neutralizar las sustancias perjudiciales para las alcantarillas y los procesos de tratamiento; o para disminuir parcialmente la carga del proceso de tratamiento. En el proceso mismo se llama así a las operaciones unitarias que preparan al licor para operaciones subsiguientes más intensas.

TRATAMIENTO PRIMARIO

Es el primer tratamiento intensivo (y a veces el único) en una planta de tratamiento de aguas servidas, y usualmente es una sedimentación. Es la eliminación de un alto porcentaje de materia suspendida, pero de poca o ninguna materia coloidal y disuelta.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Es el tratamiento de las aguas servidas, por métodos biológicos, después del tratamiento primario por sedimentación.

TRATAMIENTO

Es cualquier proceso definido, para modificar la condición de la materia.



VISCOSIDAD

Propiedad de los líquidos y gases reales newtonianos que caracteriza su existencia a fluir.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales tiene consecuencias directas en la Contaminación del Agua Subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV en el año 2015.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- H1 El Sistema de tratamiento de aguas residuales tiene relación directa con los parámetros fisicoquímicos de la estructura acuífera del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.
- H2 El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene relación directa con los parámetros microbiológicos de la estructura acuífera del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.
- H3 Las características fisicoquímicas de las aguas residuales tienen consecuencias directas en la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV



H4 Las características microbiológicas de las aguas residuales tienen consecuencias directas en la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.

2.4.3. VARIABLES

2.4.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (X).

2.4.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Contaminación del Agua Subterránea (Y).

2.3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

CUADRO N° 01

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE VALORACIÓN
1. Variable Independiente. Sistema de tratamiento de aguas residuales (X)	1.1. Características del agua	1.1.1. Físicas 1.1.2. Químicas. 1.1.3. Biológicas	Instrumento de evaluación según el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
	1.2. Parámetros y calidad de las aguas residuales	1.2.1. Temperatura 1.2.2. PH 1.2.3. Material flotante 1.2.4. Solidos flotantes 1.2.5. Solidos suspendidos totales 1.2.6. Solidos disueltos totales 1.2.7. Solidos suspendidos volantes 1.2.8. Demanda bioquímica 1.2.9. Demanda química de oxígeno	
	1.3. Clasificación aguas residuales	1.3.1. Aguas residuales industriales 1.3.2. Aguas residuales domésticas 1.3.3. Aguas residuales municipales	
	1.4. Niveles de tratamiento	1.4.1. Pre tratamiento o tratamiento de materias en suspensión <ul style="list-style-type: none"> ▪ Desbaste ▪ Sedimentación ▪ Filtración ▪ Flotación ▪ Coagulación – floculación ▪ Pre decantación ▪ Desengrasado ▪ Desarenado ▪ Tamizado 1.4.2. tratamientos primarios <ul style="list-style-type: none"> ▪ Decantación ▪ Flotación con aire 1.4.3. Tratamiento secundario o biológico	
2. Variable Dependiente Contaminación del agua subterránea (Y).	2.1. Distribución vertical del agua subterránea	2.1.1. Zona no saturada 2.1.2. Zona saturada	
	2.2. Estructura acuíferos	2.2.1. Función de su estructura 2.2.2. Función del tipo de porosidad se clasifican	

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación por la naturaleza de los datos y el manejo de la información es de nivel cuasi experimental y tipo Descriptivo explicativo compuesta Cuantitativo.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el presente estudio se utilizará el tipo de diseño descriptivo explicativo compuesto.

El diseño de investigación permite recoger información e interpretar de una muestra de las aguas contaminadas en la Ciudad Universitaria de la UANCV en el año 2015.

$$M (c) = X (01) \longrightarrow Y (02)$$

Dónde:

M : Muestra

X : Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Y : Contaminación del Agua Subterránea

01 : Evaluación de los instrumentos



02 : Revisión e interpretación de los datos

r : Consecuencia X en Y.

Notación Funcional

$$Y = f(x)$$

Dónde:

f = función

y = Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

x = Contaminación del Agua Subterránea

Es decir el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales está en función de la Contaminación del Agua Subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV en el año 2015.

3.4. TÉCNICAS, FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

La toma de muestras será de la siguiente manera:

PRIMERA MUESTRA

Parámetros fisicoquímicos --- Pozo de agua de FICP (Aprox. 30 metros de efluente)

Parámetros microbiológicos – Pozo de agua FICP (Aprox. 30 metros de efluente)

SEGUNDA MUESTRA

Parámetros fisicoquímicos --- Pozo de agua de FCS (Aprox. 40 metros de efluente)

Parámetros microbiológicos --- Pozo de agua FCS (Aprox. 40 metros de efluente)

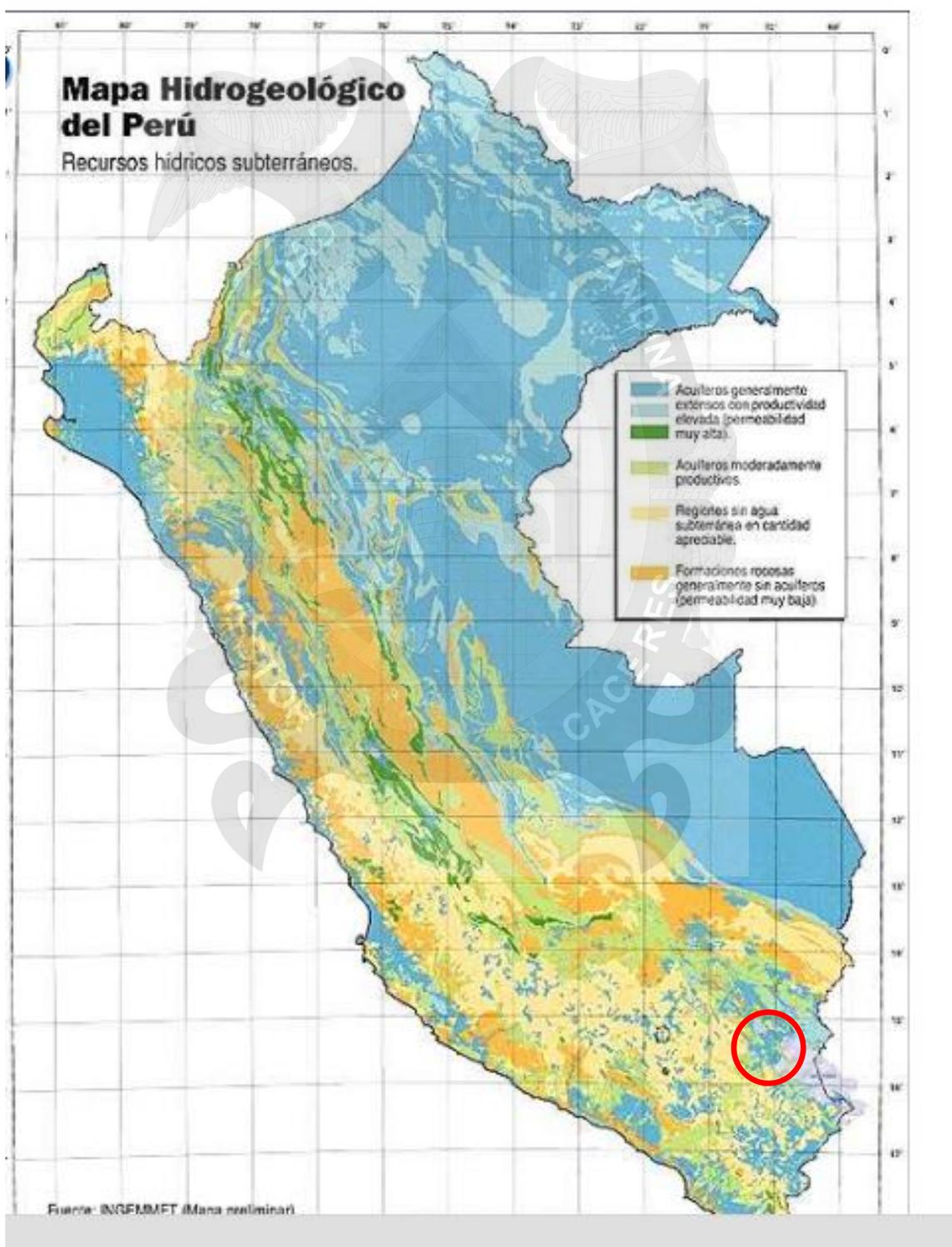
TERCERA MUESTRA

Características fisicoquímicas --- Efluente del Tanque séptico

Características microbiológicas --- Efluente del Tanque séptico

Se realizara 2 muestras de agua de pozo como vemos el departamento de Puno es una fuente importante de aguas subterráneas (FIGURA 01 Mapa hidrogeológico del Perú) y además pertenece a la cuenca del Titicaca,

Figura 01- Mapa hidrogeológico del Perú



Fuente: INGEMMET



ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

TEMPERATURA

La medición de la temperatura, fue realizada por el método Potenciómetro con un medidor de pH/ Temperatura eléctrica de electrodo, marca Corning PH/Ion meter 450 que pertenece al laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.

pH

La medición del pH, fue realizada por el método Potenciómetro con un medidor de pH/Temperatura eléctrica de electrodo, marca Corning pH/Ion meter 450 que pertenece al laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

La medición de la conductividad eléctrica será por el procedimiento de Conductimetría, usando un conductímetro/SDT que pertenece al laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.

TURBIEDAD

La medición de la turbiedad, fue realizada con el método de Colorimetría con un Colorímetro modelo DR850 de la marca HACH que pertenece al laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.



SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)

La determinación de los Solidos Suspendidos Totales, fue realizada en el Laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.

Se realizó con el método de la Conductimetria en el laboratorio.

DUREZA DE CAC03

La determinación de la Dureza CaCo_3 , se realizó con el método Volumétrico y fue realizado en el Laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.

FOSFATOS COMO PO_4

La determinación de la FOSFATOS PO_4 , se realizó con el método Colorimetría y fue realizado en el Laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.

ACEITES Y GRASAS

La determinación de Aceites y Grasas, se realizó con el método Gravimetría y fue realizado en el Laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO_5)

La determinación de la Demanda Bioquímica de Oxigeno, fue realizada en el Laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.



De acuerdo con el método, se realiza una Prueba de requerimiento de oxígeno bioquímico de 5 días, llamada Digestión Cerrada.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La determinación de la Demanda Química de Oxígeno, fue realizada en el Laboratorio de Calidad de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Altiplano de Puno.

De acuerdo con el método de Digestión Cerrada.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

COLIFORMES TOTALES (CT) Y ESCHERICHIA COLI

La determinación de los coliformes totales y coliformes fecales fue analizada por el laboratorio De la Facultad de Ciencias de la Salud – UNAP, de acuerdo a los métodos de ensayo:

Coliformes Totales APHA 9221

3.5. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPOTESIS GENERAL

H₁ El Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales tiene consecuencias directas en la Contaminación del Agua Subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV en el año 2015.

La hipótesis se contrasta con los resultados de los Cuadros N° 2, N° 3, N°4, N°5.



HIPOTESIS ESPECIFICA 1

H1 El Sistema de tratamiento de aguas residuales tiene influencia directa con los parámetros fisicoquímicos de la estructura acuífera del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.

La hipótesis se contrasta con los resultados obtenidos del Cuadro N° 2.

HIPOTESIS ESPECÍFICA 2

H1 El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene influencia directa con los parámetros microbiológicos de la estructura acuífera del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.

La hipótesis se contrasta con los resultados obtenidos del Cuadro N° 3.

HIPOTESIS ESPECÍFICA 3

H1 Las características fisicoquímicas de las aguas residuales tienen consecuencias directas en la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.

La hipótesis se contrasta con los resultados obtenidos del Cuadro N° 4.



HIPOTESIS ESPECÍFICA 4

H1 Las características microbiológicas de las aguas residuales tienen consecuencias directas en la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV.

La hipótesis se contrasta con los resultados obtenidos del Cuadro N° 5.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 ANÁLISIS DE MUESTRAS FÍSICO QUÍMICAS

Cuadro N° 02 – CARACTERISTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE AGUA POZO FICP

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

Parámetros	Unidad	Resultados	Método
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	7.75	Potenciometría
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1616.00	Conductimetría
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	805.00	Conductimetría
Dureza como CaCO_3	mg/L	545.32	Volumetría
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	8.24	Digestión Cerrada
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	28,56	Digestión Cerrada
Turbiedad	NTU	7	Colorimetría

Fuente: Laboratorio FIQ-UNAP

Cuadro N° 03 – CARACTERISTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE AGUA POZO FCS

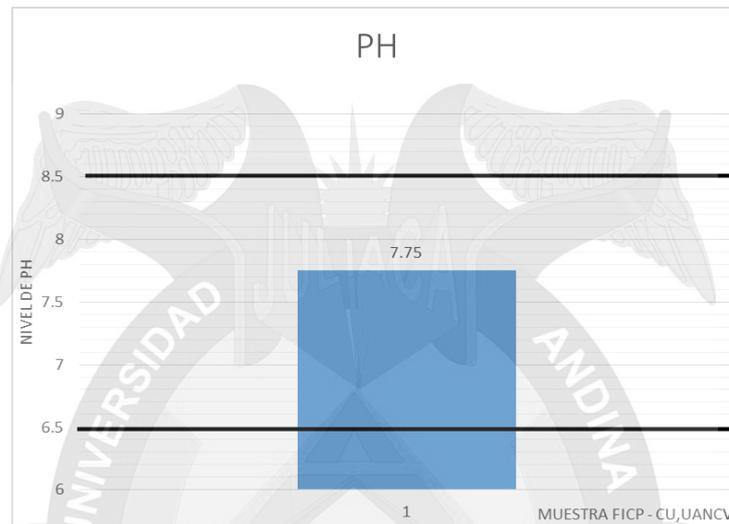
CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

Parámetros	Unidad	Resultados	Método
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	7.43	Potenciometría
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1724.00	Conductimetría
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	795.00	Conductimetría
Dureza como CaCO_3	mg/L	587.76	Volumetría
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	7.24	Digestión Cerrada
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	26,22	Digestión Cerrada
Turbiedad	NTU	6	Colorimetría

Fuente: Laboratorio FIQ-UNAP

POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

Imagen N° 1 – pH;



Fuente: Análisis, Cuadro N°02, Características Físico Químicas Agua – FICP –CU-UANCV

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

— : Parámetro Min y Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

INTERPRETACIÓN

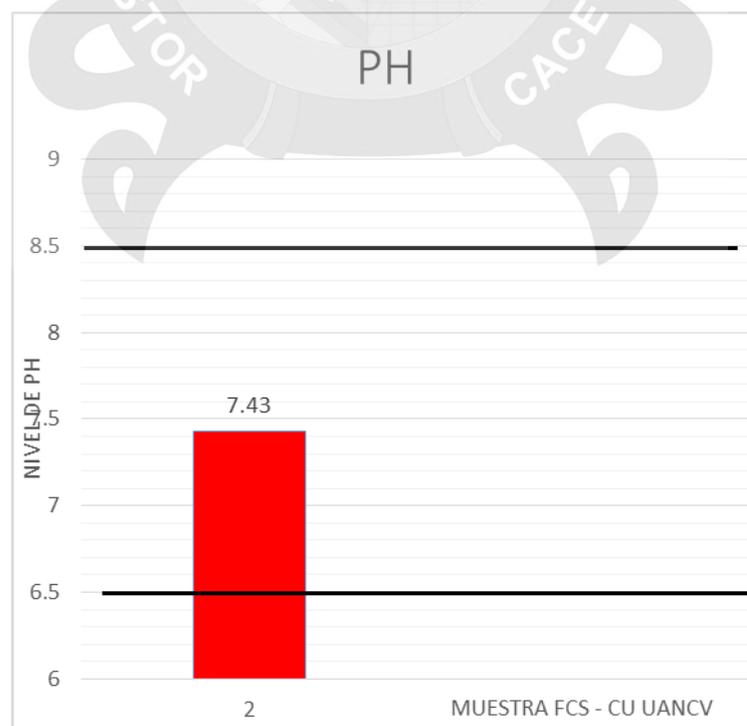
El pH es un término universalmente usado para expresar la intensidad de la concentración de la condición ácida o alcalina de una solución. Es decir, es la manera de expresar la concentración de iones de hidrógeno, es un parámetro de gran importancia, el intervalo de concentración adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte del crecimiento de microorganismos es bastante estrecho, generalmente es de 6,5 a 8,5, por lo que se requiere que el pH sea controlado dentro de los límites pequeños en procedimientos químicos. Aguas

con pH menor de 6, en tratamiento biológico, favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias a pH alto la forma predominante del nitrógeno es la forma gaseosa no iónica (NH_3) la cual es toxica.

La prueba de pH que se realizó con agua tomada de pozo ubicado cerca de 30 metros a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras:

En la imagen N° 1, se puede apreciar que el pH se encuentra en un valor (7.75), dentro de los parámetros que dicta la norma A1 de la Categoría 1 de ECA, pero que necesita un tratamiento para ser potabilizadas con desinfección. Es necesario realizar la potabilización con desinfección para poder ser usada en consumo humano.

Imagen N° 2- pH;



Fuente: Análisis, Cuadro N°03, Características Físico Químicas Agua – FCS –CU-UANCV

Donde:

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS-CU, UANCV.

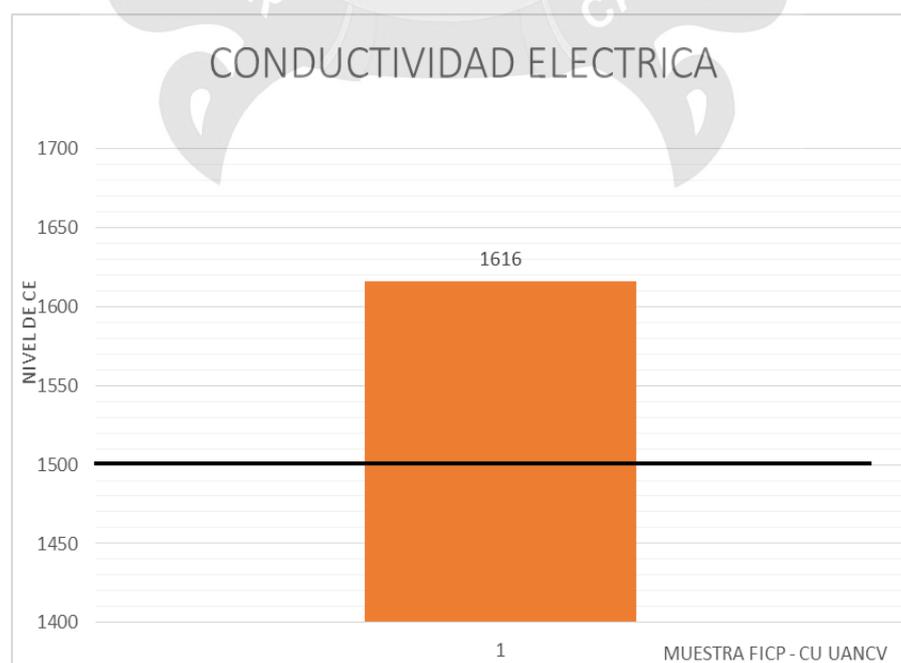
— : Parámetro Min y Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

INTERPRETACIÓN

En la imagen N° 2, se puede apreciar que el pH se encuentra en un valor (7.43), dentro de los parámetros que dicta la norma A1 de la Categoría 1 de ECA, pero que necesita un tratamiento para ser potabilizadas con desinfección. Es necesario realizar la potabilización con desinfección para poder ser usada en consumo humano.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)

Imagen N° 3 CE





Fuente: Análisis, Cuadro N°02, Características Fisico Químicas Agua – FICP –CU-UANCV

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

—— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

INTERPRETACIÓN

La CE de una disolución puede definirse como la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica, y dependerá, además del voltaje aplicado, del tipo, número, carga y movilidad de los iones presentes y de la viscosidad del medio en el que éstos han de moverse. En disoluciones acuosas, y puesto que su viscosidad disminuye con la temperatura, la facilidad de transporte iónico o conductividad aumentará a medida que se eleva la temperatura.

Se realizó la prueba de conductimetría para medir el nivel de CE, y se expresó en $\mu\text{S}/\text{cm}$; La prueba se realizó cerca de 30 metros de la facultad, en el pozo de toma de agua, se realizó la prueba:

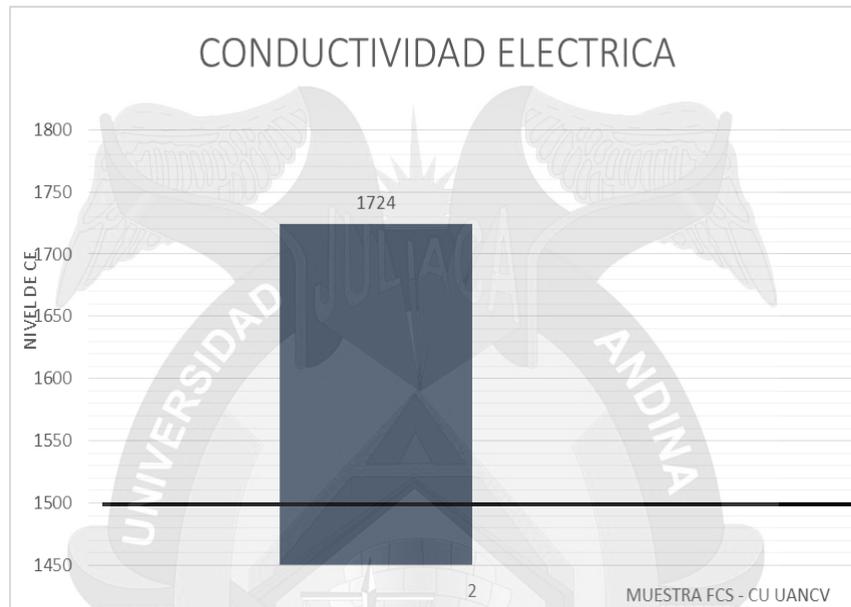
1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM

En la imagen N° 3, se puede apreciar que el CE se encuentra en un valor ($1616.00 \mu\text{S}/\text{cm}$), Podemos apreciar que el nivel de CE está muy por encima de los parámetro que dicta la norma A1 de la Categoría 1 de ECA, podemos suponer que

el aumento del nivel de CE, es estructura atómica de los metales que pueda contener al ser agua subterránea.

Imagen N°4 – CE; 2



Fuente: Análisis, Cuadro N°03, Características Físico Químicas Agua – FCS –CU-UANCV

Donde:

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS CU, UANCV.

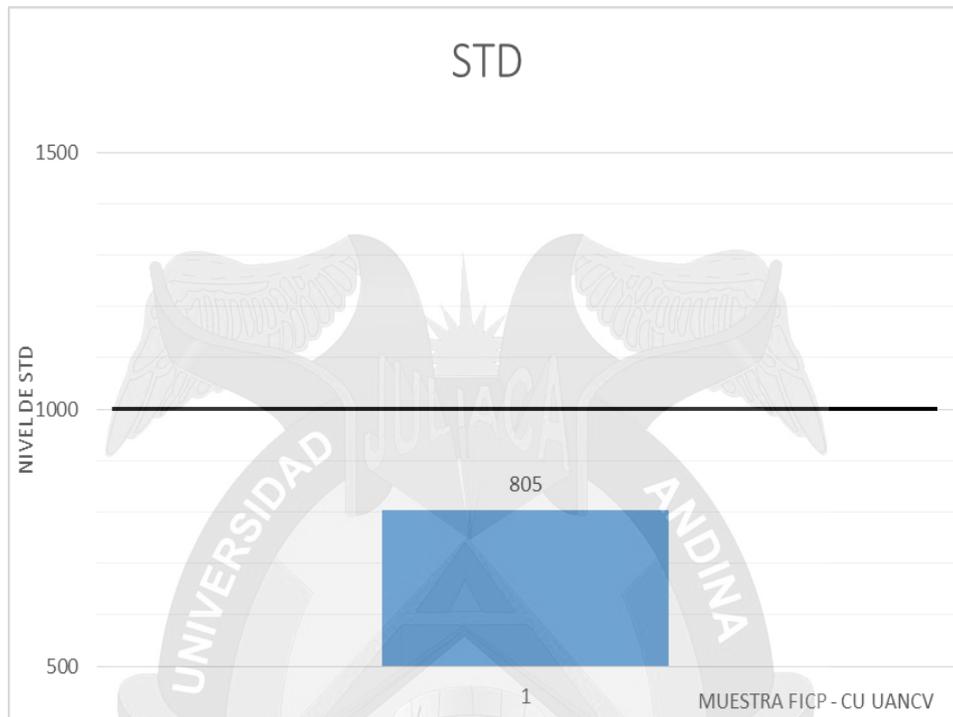
— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

INTERPRETACIÓN

En la imagen N° 4, se puede apreciar que el CE se encuentra en un valor (1724.00 $\mu\text{S/cm}$), Podemos apreciar que el nivel de CE está muy por encima de los parámetro que dicta la norma A1 de la Categoría 1 de ECA, podemos suponer que el aumento del nivel de CE, es estructura atómica de los metales que pueda contener al ser agua subterránea.

SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)

Imagen N°5 – SDT



Fuente: Análisis, Cuadro N°02, Características Físico Químicas Agua – FICP –CU-UANCV

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

INTERPRETACIÓN

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas.

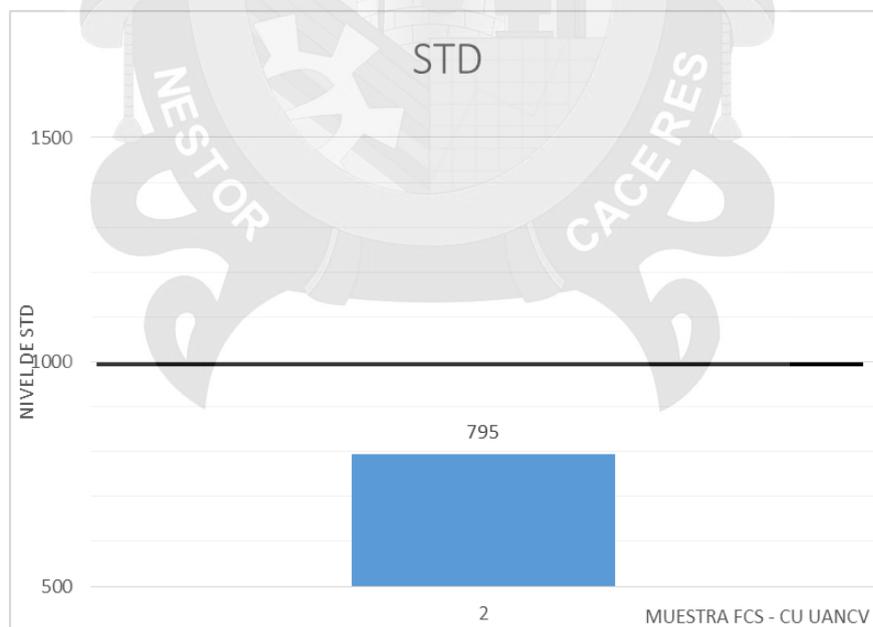
Se realizó la prueba de conductimetría para medir el nivel de STD, y se expresó en mg/l; La prueba se realizó cerca de 30 metros de la facultad, en el pozo de toma de agua, se realizó la prueba:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

En la imagen N° 5, se puede apreciar que el STD se encuentra en un valor (805.00 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de STD se encuentra dentro de los parámetros dictados por la norma A1 Categoría 1 de ECA.

Imagen N°6– STD;



Fuente: Análisis, Cuadro N°03, Características Físico Químicas Agua – FCS –CU-UANCV

Donde:

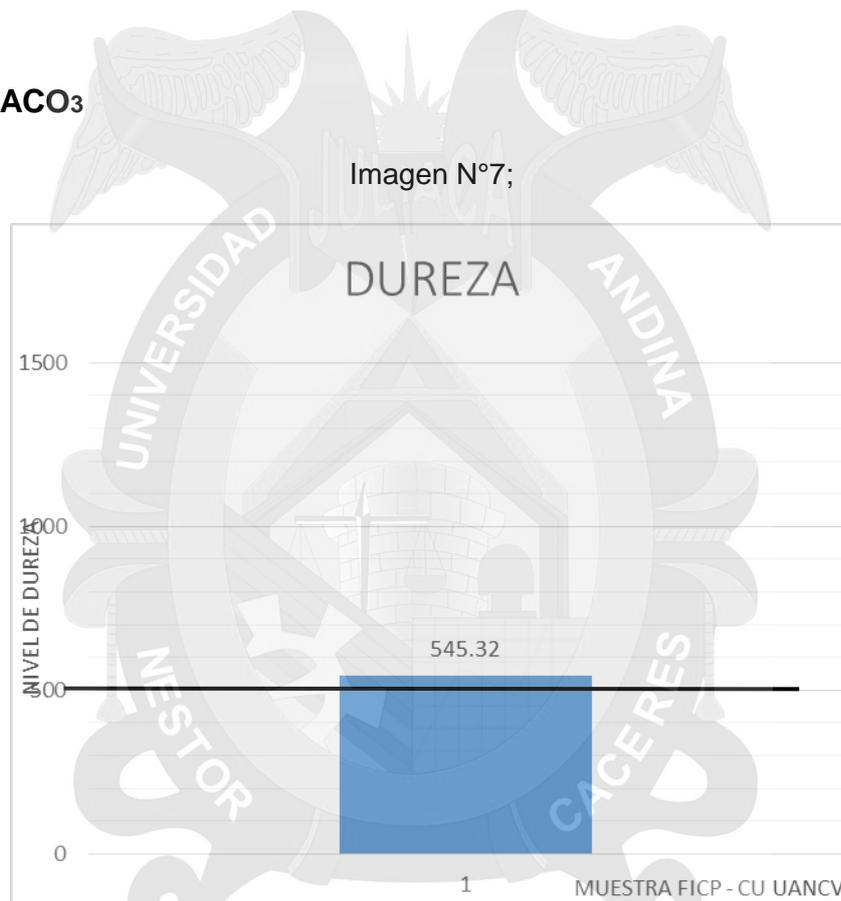
2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS CU, UANCV.

—— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

ANÁLISIS

En la imagen N°6, se puede apreciar que el STD se encuentra en un valor (795.00 mg/L), podemos apreciar que el nivel de STD se encuentra dentro de los parámetros dictados por la norma A1 Categoría 1 de ECA.

DUREZA CaCO_3



Fuente: Análisis, Cuadro N°02, Características Físico Químicas Agua – FICP –CU-UANCV

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

ANÁLISIS

Para medir la dureza total, en primer lugar, se trata la muestra con ácido ascórbico o con hidroxilamina para reducir el Fe^{3+} a Fe^{2+} , y con cianuro para enmascarar el Fe^{2+} , el Cu^{2+} y otros iones metálicos minoritarios. A continuación, se lleva a cabo

una valoración complexométrica con ácido etilendiaminotetracético (AEDT), en medio amoniacal tamponado a pH 10, en presencia de una mezcla de indicadores.

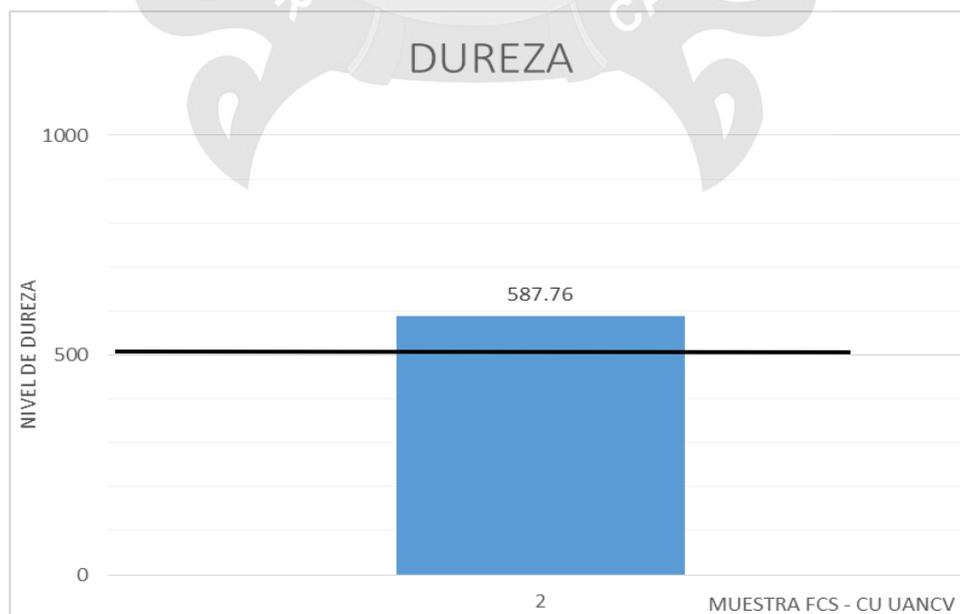
Se realizó la prueba de volumetría para medir el nivel de SDT, y se expresó en mg/l; La prueba se realizó cerca de 30 metros de la facultad, en el pozo de toma de agua, la prueba se realizó:

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

En la imagen N° 7, se puede apreciar que la DUREZA se encuentra en un valor (545.32 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de DUREZA, podría ser por la alta cantidad de sales como magnesio y calcio, las cuales pudieron ser adquiridas por encontrarse con acuíferos carbonatados donde adquirieron mayores niveles de sales.

PRUEBA 2 (FCS); Aprox. 40 metros cerca de la facultad.

Imagen N°8;



Fuente: Análisis, Cuadro N°03, Características Físico Químicas Agua – FCS –CU-UANCV.

Donde:

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS-CU, UANCV.

— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección,

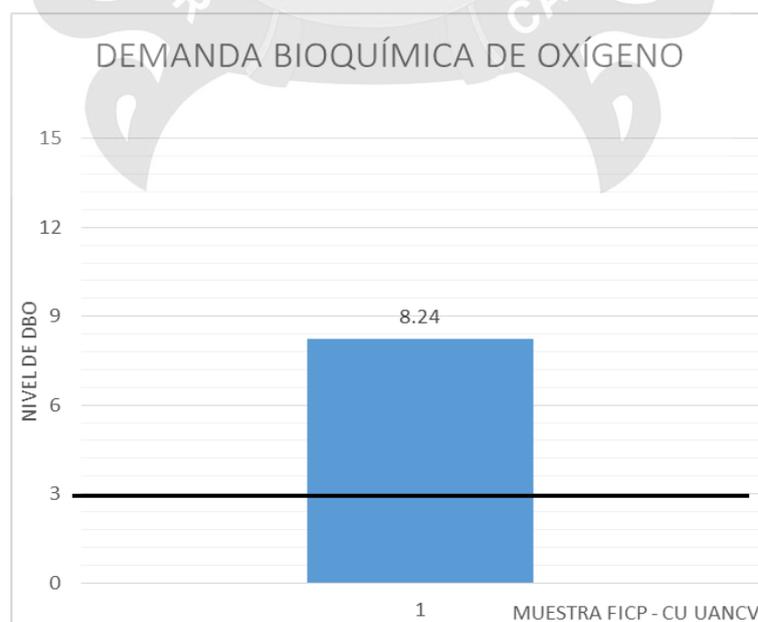
En la imagen N° 8, se puede apreciar que la DUREZA se encuentra en un valor (545.32 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de DUREZA, podría ser por la alta cantidad de sales como magnesio y calcio, las cuales pudieron ser adquiridas por encontrarse con acuíferos carbonatados donde adquirieron mayores niveles de sales.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

PRUEBA 1 (FICP); Aprox. 30 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°9;



Fuente: Análisis, Cuadro N°02, Características Físico Químicas Agua – FICP –CU-UANCV.



Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

—— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

INTERPRETACIÓN

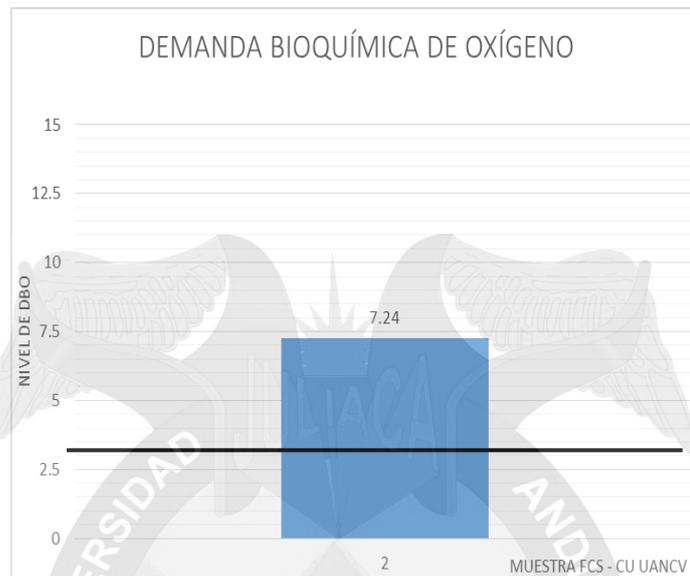
Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión.

Se realizó la prueba de Digestión cerrada para medir el nivel de DBO_5 , y se expresó en mg/l; La prueba se realizó cerca de 30 metros de la facultad, en el pozo de toma de agua.

En la imagen N°09, se puede apreciar que la DBO_5 se encuentra en un valor (8.24 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de DBO_5 se encuentra muy por encima del valor de la norma A1 Categoría 1 del ECA; lo que indica que el agua puede convertirse en foco de bacterias por el alto contenido de materia orgánica, es necesario hacer una desinfección con tratamiento convencional para potabilizarla.

PRUEBA 2 (FCS); Aprox. 40 metros cerca de la facultad.

Imagen N°10;



Fuente: Análisis, Cuadro N°03, Características Físico Químicas Agua – FCS –CU-UANCV.

Donde:

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS-CU, UANCV.

— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

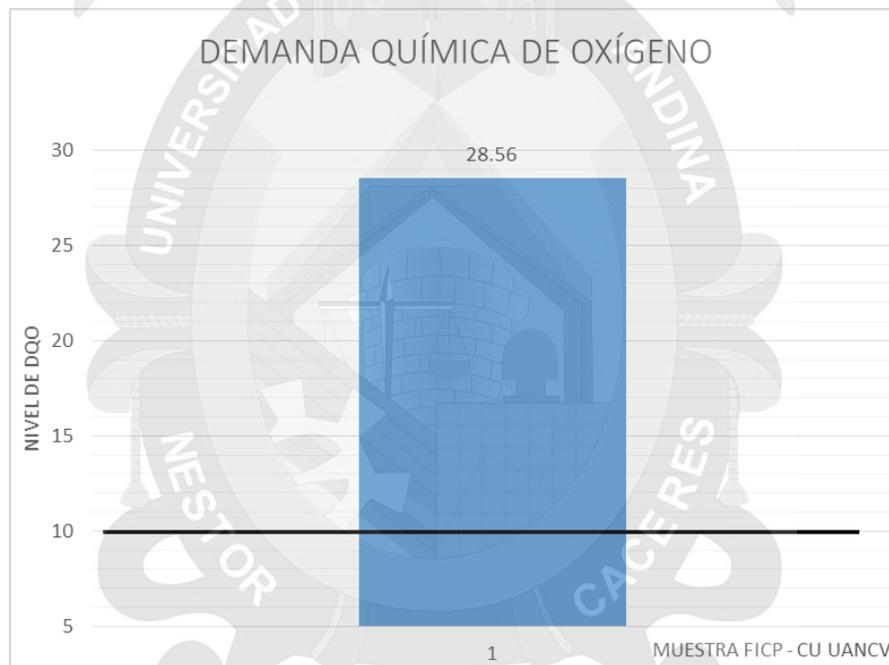
En la imagen N° 10, se puede apreciar que la DBO_5 se encuentra en un valor (7.24 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de DBO_5 se encuentra muy por encima del valor de la norma A1 Categoría 1 del ECA; lo que indica que el agua puede convertirse en foco de bacterias por el alto contenido de materia orgánica, es necesario hacer una desinfección con tratamiento convencional para potabilizarla

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)

PRUEBA 1 (FICP); Aprox. 30 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°11;



Fuente: Análisis, Cuadro N°02, Características Físico Químicas Agua – FICP –CU-UANCV.

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección

INTERPRETACIÓN

Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

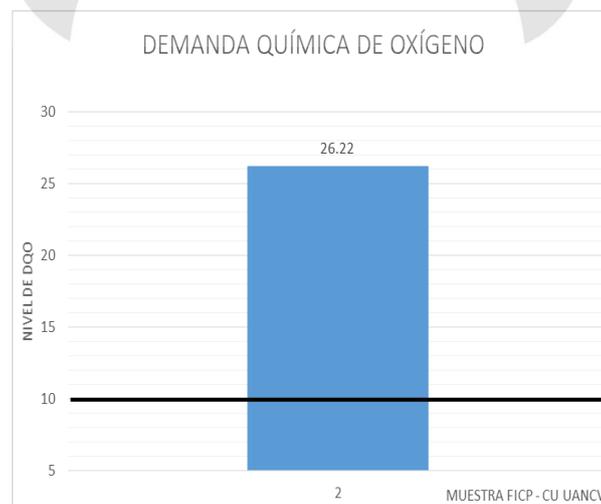
Se realizó la prueba de Digestión cerrada para medir el nivel de DQO, y se expresó en mg/l; La prueba se realizó cerca de 30 metros de la facultad, en el pozo de toma de agua.

En la imagen N° 11, se puede apreciar que la DQO se encuentra en un valor (28.56 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de DQO se encuentra muy por encima del valor de la norma A1 Categoría 1 del ECA; el agua muestreada tiene gran cantidad de materia orgánica que puede sufrir oxidación y haciendo necesario un tratamiento más avanzado para su control.

PRUEBA 2 (FCS); Aprox. 40 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°12;



Fuente: Análisis, Cuadro N°03, Características Físico Químicas Agua – FCS –CU-UANCV.

Donde:

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS-CU, UANCV.

—— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

INTERPRETACIÓN

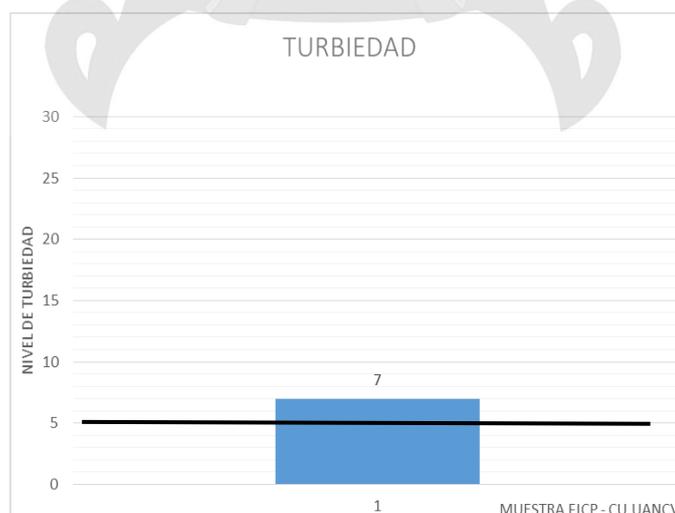
En la imagen N° 12, se puede apreciar que la DQO se encuentra en un valor (26.22 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de DQO se encuentra muy por encima del valor de la norma A1 Categoría 1 del ECA; el agua muestreada tiene gran cantidad de materia orgánica que puede sufrir oxidación y haciendo necesario un tratamiento más avanzado para su control.

TURBIEDAD

PRUEBA 1 (FICP); Aprox. 30 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°13;



Fuente: Análisis, Cuadro N°02, Características Físico Químicas Agua – FICP –CU-UANCV.



Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

—— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección.

INTERPRETACIÓN

Se denomina así al fenómeno que se produce al incidir sobre las partículas o coloides de un haz de luz, este es dispersado en cantidades directamente proporcionales a la presencia de coloide, dependiendo del tamaño y cantidad de los mismos. La turbiedad del agua se debe esencialmente a materias en suspensión, tales como arcilla y otras sustancias inorgánicas finamente divididas o materias similares y organismos microscópicos.

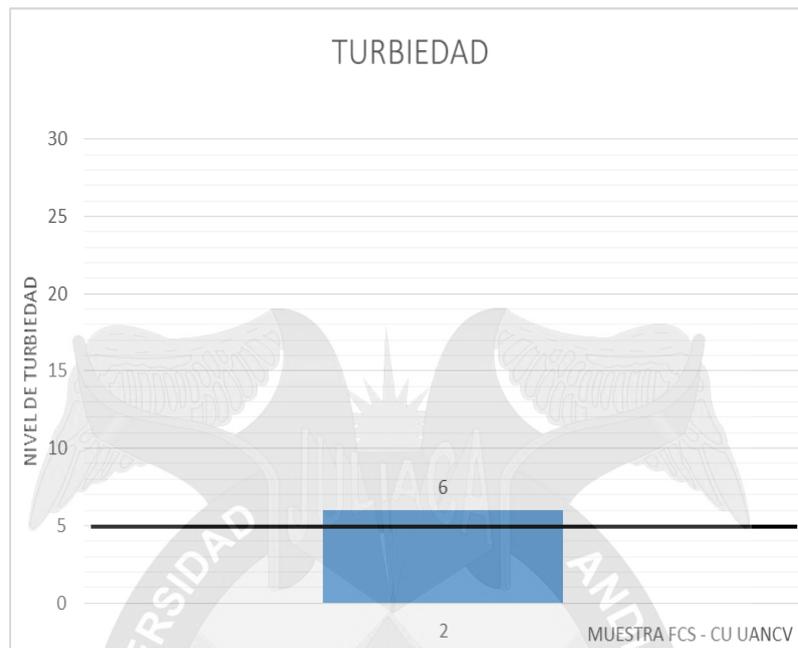
Se realizó la prueba de Colorimetría para medir el nivel de Turbiedad, y se expresó en NTU; La prueba se realizó cerca de 30 metros de la facultad, en el pozo de toma de agua.

En la imagen 13, se puede apreciar que la TURBIEDAD se encuentra en un valor (7.00 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de TURBIEDAD es alto por la presencia de partículas en suspensión, además de que al ser turbia es de menor calidad para el consumo.

PRUEBA 2 (FCS); Aprox. 40 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°14;



Fuente: Análisis, Cuadro N°03, Características Físico Químicas Agua – FCS –CU-UANCV

Donde:

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FICP-CU, UANCV.

— : Parámetro Max para agua que puede ser potabilizada con desinfección

INTERPRETACIÓN

En la imagen N°14, se puede apreciar que la TURBIEDAD se encuentra en un valor (6.00 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de TURBIEDAD es alto por la presencia de partículas en suspensión, además de que al ser turbia es de menor calidad para el consumo.

4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS

Cuadro N°04, Características Microbiológicas Agua – FICP –CU-UANCV.

RESULTADOS

Parámetros	Resultados	Unidades
Coliformes totales (35°C)	0.11×10^2	(NMP/100 ml)
Escherichia Coli (44.5°C)	0.04×10^2	(NMP/100 ml)

Dónde: <1.8 Significa No Presente.

NMP/100 ml: significa Numero Más Probable por cada 100 mililitros de muestra. -----

Fuente: Laboratorio Facultad de Ciencias de la Salud UNAP

Cuadro N°05, Características Microbiológicas Agua – FCS –CU-UANCV.

RESULTADOS

Parámetros	Resultados	Unidades
Coliformes totales (35°C)	0.11×10^2	(NMP/100 ml)
Escherichia Coli (44.5°C)	0.06×10^2	(NMP/100 ml)

Dónde: <1.8 Significa No Presente.

NMP/100 ml: significa Numero Más Probable por cada 100 mililitros de muestra. -----

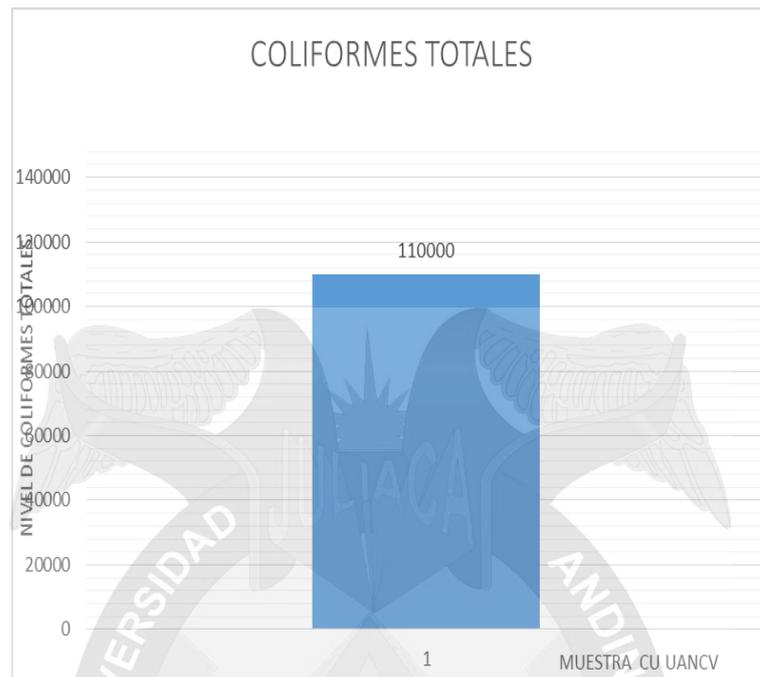
Fuente: Laboratorio de ciencias de la salud - UNAP

COLIFORMES TOTALES

PRUEBA 1 (FICP); Aprox. 30 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°15;



Fuente: Cuadro N°04, Características Microbiológicas Agua – FICP –CU-UANCV.

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP - CU, UANCV.

INTERPRETACIÓN

Se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.

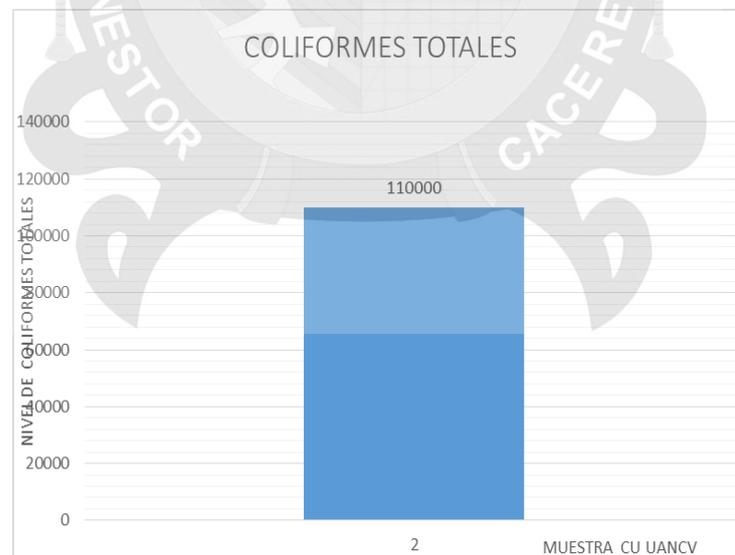
Se realizó la prueba de laboratorio para medir la cantidad de coliformes totales a temperatura de 35°C, y se expresó en NMP/100ML; La prueba se realizó cerca de 30 metros de la facultad, en el efluente de descarga del tanque séptico:

En la imagen N°15, se puede apreciar que la cantidad de COLIFORMES TOTALES se encuentra en un valor (0.11×10^2 NMP/100ML), Podemos apreciar la existencia de COLIFORMES TOTALES, su concentración es baja pero al ser agua de consumo humano debería realizarse un tratamiento de potabilización a fin de no generar contaminación, ya que no es apta para el consumo.

PRUEBA 2 (FCS); Aprox. 40 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°16;



Fuente: Cuadro N°05, Características Microbiológicas Agua – FCS –CU-UANCV.

Donde:

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS - CU, UANCV.

INTERPRETACIÓN

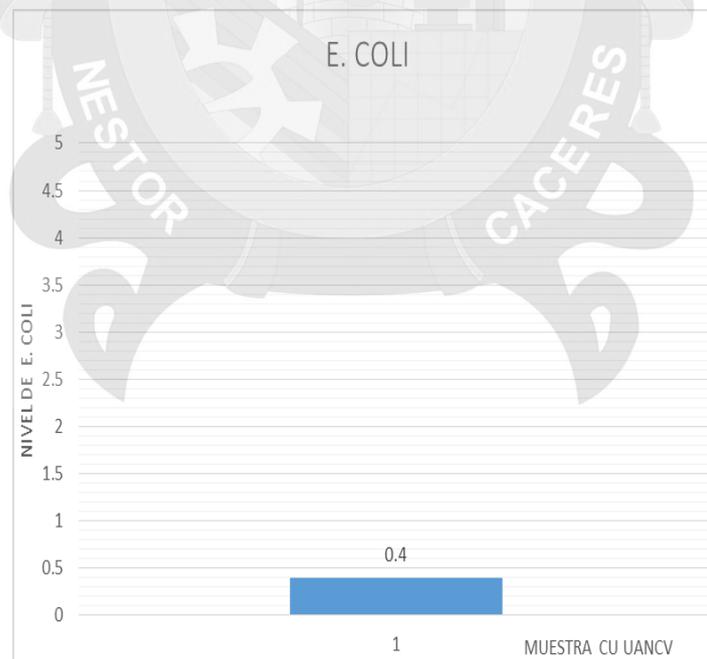
En la imagen N°16, se puede apreciar que la cantidad de COLIFORMES TOTALES se encuentra en un valor (0.11×10^2 NMP/100ML), Podemos apreciar la existencia de COLIFORMES TOTALES, su concentración es baja pero al ser agua de consumo humano debería realizarse un tratamiento de potabilización a fin de no generar contaminación, ya que no es apta para el consumo.

ESCHERICHIA COLI

PRUEBA 1 (FICP); Aprox. 30 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°17;



Fuente: Cuadro N°04, Características Microbiológicas Agua – FICP –CU-UANCV.

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – AGUA DE POZO FICP CU, UANCV.

INTERPRETACIÓN

Es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo. Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, E. coli es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.

Se realizó la prueba de laboratorio para medir la cantidad de ESCHERICHIA COLI a temperatura de 44.5°C, temperatura a la cual se encuentra en buen gradiente para ser medido, y se expresó en NMP/100ML; La prueba se realizó cerca de 30 metros de la facultad, en el pozo de toma de agua:

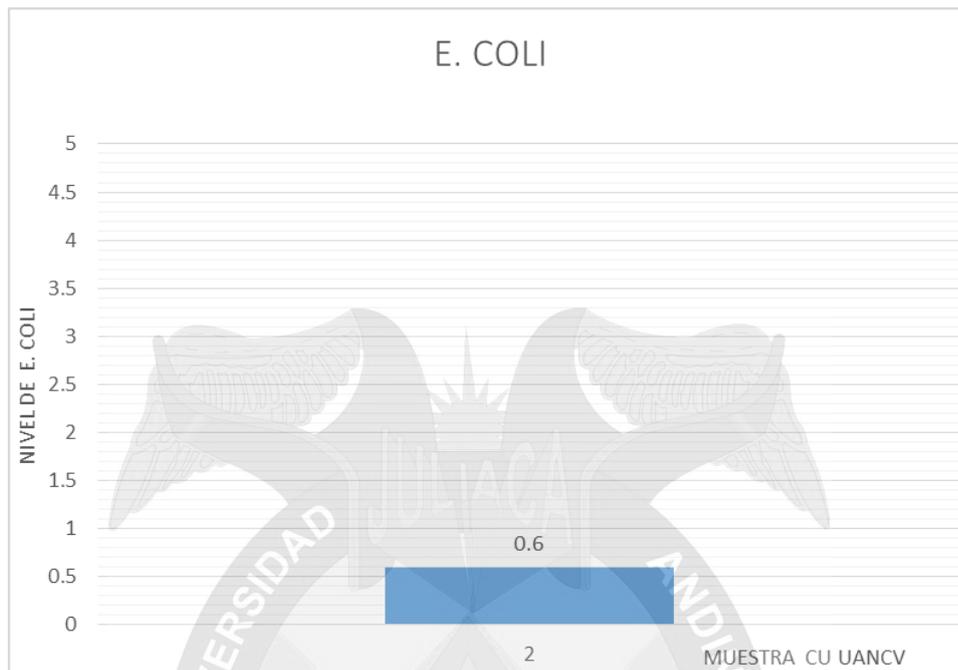
En la imagen N° 17, se puede apreciar que la cantidad de ESCHERICHIA COLI se encuentra en un valor (0.04×10^2 NMP/100ML), aunque la cantidad de E. COLI es baja, la norma nos dice que no debería de existir rastros de este agente microbiológico. Porque su existencia es muestra tajante de contaminación.

PRUEBA 2 (FCS); Aprox. 40 metros cerca de la facultad.

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS- CU UANCV

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 002-2008 MINAM.

Imagen N°18;



Fuente: Cuadro N°04, Características Microbiológicas Agua – FCS –CU-UANCV.

Donde:

2: Muestra de fecha 25/09/2015 – AGUA DE POZO FCS - CU, UANCV.

INTERPRETACIÓN

En la imagen N° 18, se puede apreciar que la cantidad de ESCHERICHIA COLI se encuentra en un valor (0.6×10^2 NMP/100ML), aunque la cantidad de E. COLI es baja, la norma nos dice que no debería de existir rastros de este agente microbiológico. Porque su existencia es muestra tajante de contaminación.

4.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN MUESTRAS FÍSICOQUÍMICAS

Cuadro N°06, Características Físicoquímicas efluente – FICP –CU-UANCV.

CARACTERÍSTICAS FISICO - QUÍMICAS

Parámetros	Unidad	Resultados	Método
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	8.25	Potenciometría
Conductividad Eléctrica	µS/cm	2550.00	Conductimetría
Sólidos Disueltos Totales (TDS)	mg/L	1293.10	Conductimetría
Dureza como CaCO ₃	mg/L	635.96	Volumetría
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	554.13	Digestión Cerrada
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	1208.45	Digestión Cerrada
Fosfatos como PO ₄ ³⁻	mg/L	13.04	Colorimetría
Aceites y grasas	mg/L	183.43	Gravimetría
Turbiedad	NTU	54	Colorimetría

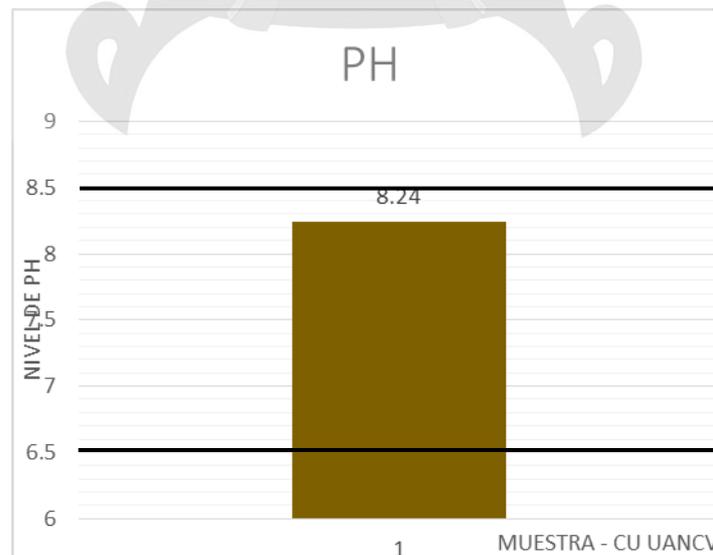
Fuente: Laboratorio de FIQ-UNAP

POTENCIAL HIDROGENO (pH)

PRUEBA 1 (CU - UANCV); Aprox. 45 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 003-2010 MINAM

Imagen N° 19;



Fuente: Cuadro N°06, Características Físicoquímicas efluente – FICP –CU-UANCV.

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – EFLUENTE AGUA DE TANQUE SEPTICO -CU, UANCV.

— : Parámetro Min y Max para efluentes de PTAR.

INTERPRETACIÓN

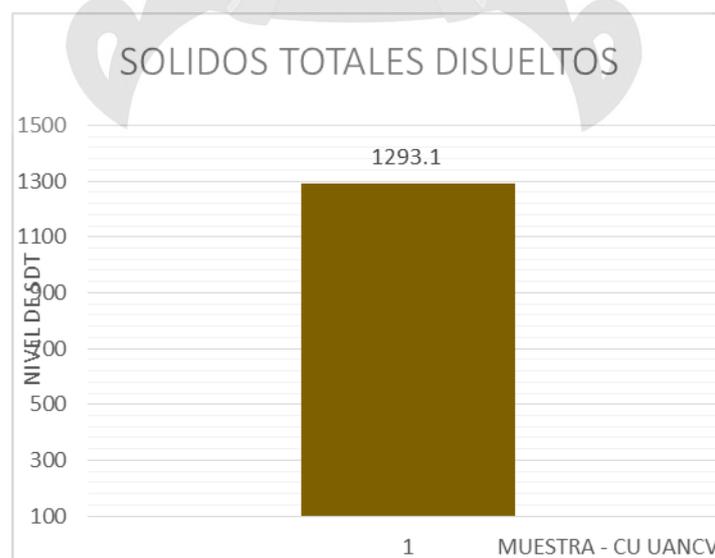
En el cuadro N° 19, se puede apreciar que el pH se encuentra en un valor (8.25) dentro de los parámetros que dicta la norma de LMP para efluentes de PTAR.

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (SDT)

PRUEBA 1 (CU - UANCV); Aprox. 45 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 003-2010 MINAM.

Imagen N° 20;



Fuente: Cuadro N°06, Características Físicoquímicas efluente – FICP –CU-UANCV.

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – EFLUENTE DE TANQUE SÉPTICO- CU, UANCV.

INTERPRETACIÓN

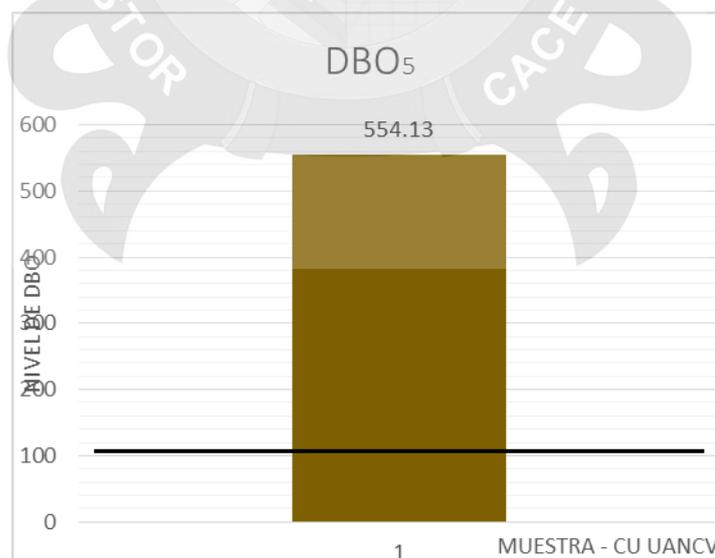
En la imagen N° 20 se puede apreciar que el STD se encuentra en un valor (1293.00 mg/L), Podemos apreciar que el nivel de STD contiene valores dentro de la estructura atómica de los metales que aumentaron con relación a la temperatura.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

PRUEBA 1 (CU - UANCV); Aprox. 45 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 003-2010 MINAM.

Imagen N°21 DBO₅



Fuente: Cuadro N°06, Características Físicoquímicas efluente – FICP –CU-UANCV.

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – EFLUENTE DE TANQUE SÉPTICO -CU, UANCV.

— : Parámetro Max de descarga de efluente de PTAR.

INTERPRETACIÓN

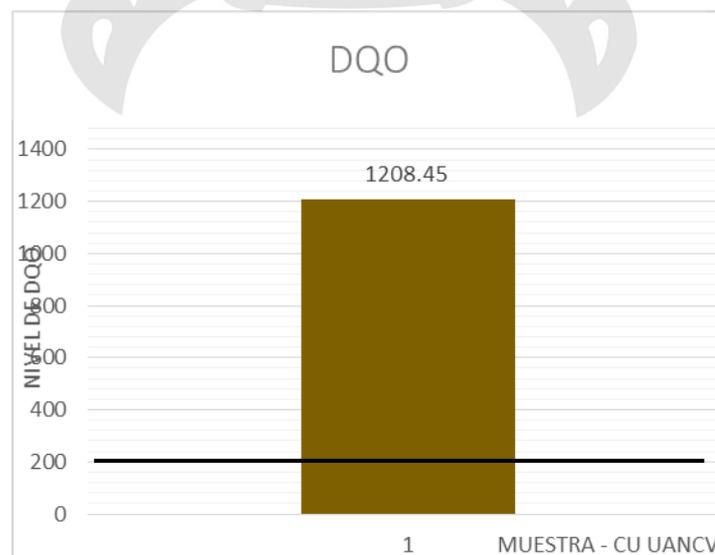
En la imagen N° 21, se puede apreciar que la DBO₅ se encuentra en un valor (554.13 mg/L), lo que indica que el agua tiene alto contenido de materia orgánica, es necesario hacer una desinfección con tratamiento avanzado para bajar los niveles de DBO₅ que son los parámetros más aplicados a contaminación de espacios ambientales.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

PRUEBA 1 (CU - UANCV); Aprox. 45 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 003-2010 MINAM.

Imagen N°22 DQO



Fuente: Cuadro N°06, Características Físicoquímicas efluente – FICP –CU-UANCV.

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – EFLUENTE DE TANQUE SÉPTICO -CU, UANCV.

— : Parámetro Max de descarga de efluente de PTAR.

INTERPRETACIÓN

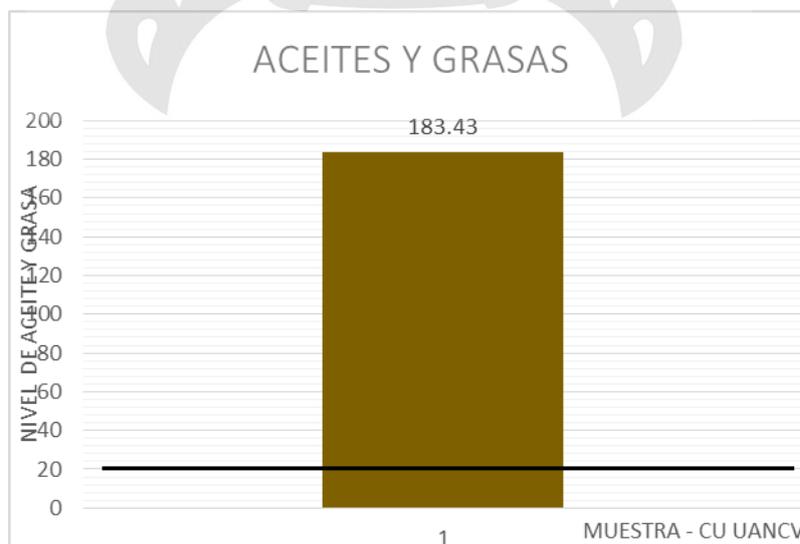
En la imagen N° 22, se puede apreciar que la DQO se encuentra en un valor (1208.45 mg/L), la cual demuestra la alta cantidad de oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte.

ACEITES Y GRASAS

PRUEBA 1 (CU - UANCV); Aprox. 45 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 003-2010 MINAM.

Imagen N°23 ACEITES Y GRASAS



Fuente: Cuadro N°06, Características Físicoquímicas efluente – FICP –CU-UANCV.



Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – EFLUENTE DE TANQUE SÉPTICO -CU, UANCV.

—— : Parámetro Max de descarga de efluente de PTAR.

INTERPRETACIÓN

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad, interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera

Se realizó la prueba de Gravimetría para medir el nivel de ACEITE Y GRASA, y se expresó en mg/l.

En la imagen N° 23, la cantidad de aceite y grasa se encuentra en un valor (183.43 mg/L) que sobrepasa los LMP, y demuestra el nivel de contaminación que genera ya que los aceites y grasas tienen baja biodegradabilidad, y su contacto con fuentes de agua crea películas que ocasiona la disminución de oxígeno.

4.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS

Cuadro N°07, Características Microbiológica de efluente – FICP – CU – UANCV

RESULTADOS

Parámetros	Resultados	Unidades
Coliformes totales (35°C)	0.11×10^6	(NMP/100 ml)
Escherichia Coli (44.5°C)	1.8×10^7	(NMP/100 ml)

Dónde: <1.8 Significa No Presente.

NMP/100 ml: significa Numero Más Probable por cada 100 mililitros de muestra.

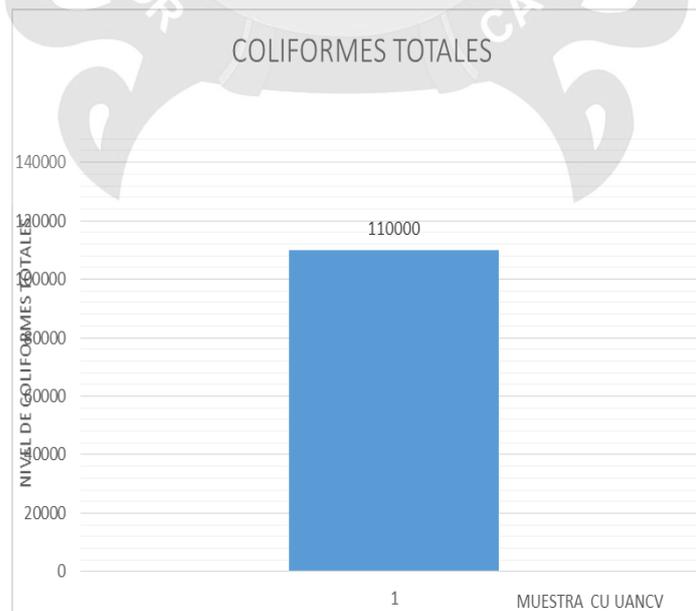
Fuente: Facultad de Ciencias de la Salud - UNAP

COLIFORMES TOTALES

PRUEBA 1 (FICP); Aprox. 30 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 003-2010 MINAM.

Imagen N° 24 – COLIFORMES TOTALES



Fuente: Cuadro N°07, Características Microbiológica de efluente – FICP – CU – UANCV



Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – EFLUENTE TANQUE SÉPTICO CU, UANCV.

INTERPRETACIÓN

Se realizó la prueba de laboratorio para medir la cantidad de coliformes totales a temperatura de 35°C, y se expresó en NMP/100ML; La prueba se realizó cerca de 45 metros de la facultad, en el efluente de descarga del tanque séptico:

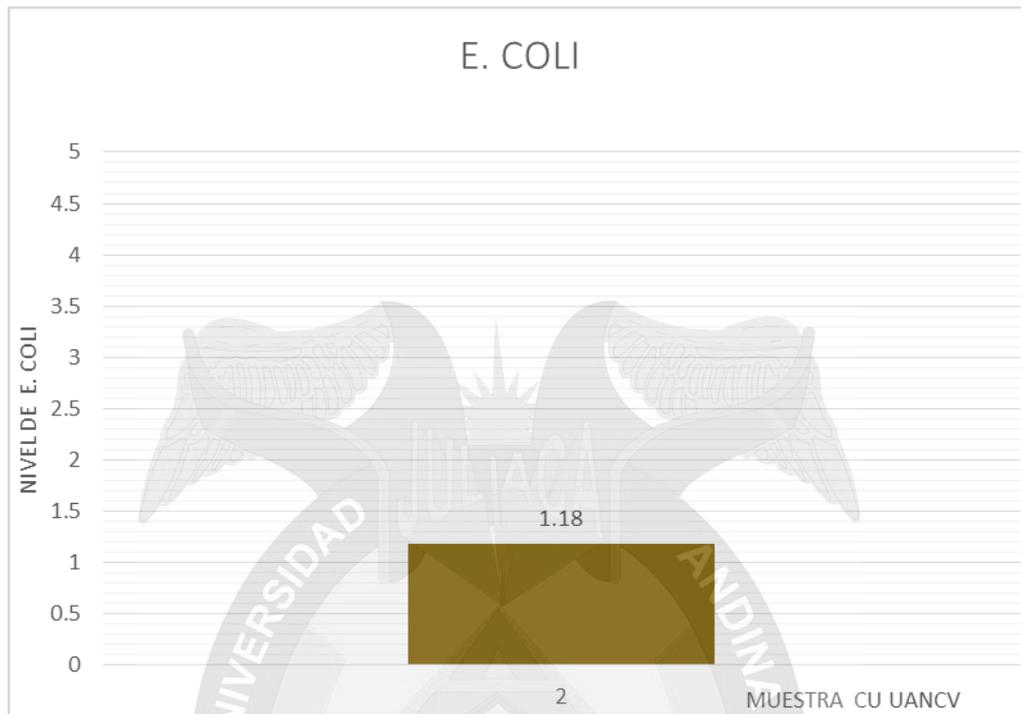
En la imagen N° 24, la cantidad de coliformes totales es (0.11×10^6 mg/L), su concentración aún es muy alta, la cual puede causar contaminación de diferentes tipos, además de sobrepasar los LMP que estipula la norma (DS N°003-2010 MINAM)

ESCHERICHIA COLI

PRUEBA 1 (FICP); Aprox. 45 metros cerca de la facultad.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación y comparándolos con el LMP del DS N° 003-2010 MINAM.

Imagen N° 25 – ESCHERICHIA COLI



Fuente: Cuadro N°07, Características Microbiológica de efluente – FICP – CU – UANCV.

Donde:

1: Muestra de fecha 13/10/2015 – EFLUENTE TANQUE SÉPTICO - CU, UANCV.

INTERPRETACIÓN

Se realizó la prueba de laboratorio para medir la cantidad de ESCHERICHIA COLI a temperatura de 44.5°C, temperatura a la cual se encuentra en buen gradiente para que se realice la medición, y se expresó en NMP/100ML

En la imagen N° 25, se puede apreciar que la cantidad de ESCHERICHIA COLI se encuentra en un valor (1.18×10^7 NMP/100ML), con una concentración así es probada la presencia de alto índice de contaminación con microorganismos patógenos generados por este parámetro.



CONCLUSIONES

Según el análisis de los resultados llegamos a las siguientes conclusiones:

PRIMERA.

El análisis y las pruebas realizadas, se hicieron en el laboratorio de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Luego de realizar las mediciones y análisis al agua de los pozos de 2 diferentes puntos pero con las mismas condiciones contaminantes, se mostraron resultados que sobrepasan en algunos casos los Límites Máximos Permisibles de la Categoría A1 de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua,

El sistema de tratamiento de aguas residuales actual usado por la Universidad, es ineficiente y guarda relación directa con los niveles de parámetros fisicoquímicos encontrados en la estructura acuífera del pozo, tanto en el pozo ubicado en FICP , como el pozo de la FCS, debido a el tanque séptico en ambos casos se encuentra ubicado muy



cerca del pozo donde se capta agua para uso ,consumo, y otros; y la filtración que se hace en el suelo se encuentra saturado y no filtra la cantidad adecuada y así no minimiza los niveles de contaminación a mantos de agua cercanos, eso podría deberse también al tiempo de que lleva instalado el sistema actual y a la falta de mantenimiento que se le da.

El agua analizada en ambos pozos, tiene altos índices de DBO5 Y DQO, lo cual significa que existen las condiciones biológicas y químicas para la existencia de microorganismos, esto es significativo en varios aspectos: ecológicamente en el contacto del agua contaminada con ríos u otros ojos de agua, la materia orgánica presente en esta agua es degradada por los microorganismos y ocasiona que se consuma el oxígeno, matando a la fauna acuática, además la materia orgánica sirve para que proliferen los organismos patógenos.

Cabe también señalar que el agua es captada desde el pozo a los tanques elevados para abastecimiento de la FICP y FCS, ya sea para uso en limpieza, servicios higiénicos, otros, y muchas veces para consumo directo por parte de estudiantes, produciendo en algunos casos problemas gastrointestinales al consumir agua con patógenos, es necesario mitigar este impacto del agua subterránea con tratamientos adecuados y viables a fin de no tener problemas por contaminación, salud pública y otras sanciones por parte de instituciones con jurisdicción que puedan sancionar a la Universidad.



SEGUNDO.

El análisis y las pruebas realizadas, se hicieron en el laboratorio de calidad de la Facultad de Salud de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Los estudios microbiológicos realizados en los pozos de FICP y FCS los comparamos al D.S. N° 002-2008 MINAM.

Observando los resultados obtenidos vemos que el agua del pozo de ambas Facultades (FICP y FCS), se encuentra con presencia de coliformes totales y escherichia Coli, las cuales son las más importantes en cuanto a número de epidemias causadas, están asociadas a la contaminación fecal del agua, su ingesta directa o indirectamente puede producir enfermedades como diarreas acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia, daños hepáticos, además de infecciones del tracto urinario, meningitis neonatal, enfermedades intestinales.

Entonces el sistema de tratamiento de aguas residuales tiene una relación directa en los efectos que producen los parámetros microbiológicos de la estructura acuífera, por lo tanto afirmamos que existe contaminación fecal microbiológica del agua, por la cercanía de estos a las desembocaduras y tanques sépticos de tratamiento del agua residual, por lo cual es necesario tomar las medidas necesarias para mitigar el impacto.



TERCERO.

Para conocer el efecto que tienen las características fisicoquímicas del efluente de agua residual es necesario realizar la caracterización para ver el nivel y grado de contaminación que puede llegar a darse cuando entre en contacto con el ambiente.

El análisis y las pruebas realizadas, se hicieron en el laboratorio de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Las características observadas, luego se confrontaron a los valores del D.S. N° 003-2010 MINAM.

El D.S. N° 003 2010 – Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR, solo considera parámetros relevantes y de más impacto como contaminantes pero por fines de estudio se consideró, conductividad eléctrica, dureza, fosfatos y la turbiedad, como parámetros para poder conocer sus cantidades y si intervienen en tratamientos como floculación o coagulación, además de que son necesarios para eutrofización de las plantas entre otros.

Los resultados arrojan que existe grandes niveles de DBO₅ Y DQO, luego del tratamiento que se da por parte de la Universidad a las aguas residuales, pero que sin embargo en su efluente de salida contienen aun parámetros elevados que causan contaminación



directa al suelo, aire, flora, paisaje, salud pública, y el agua subterránea de la Ciudad universitaria, los mismos que si no se controlan generaran más contaminación, debido a creciente porcentaje de alumnos ingresantes, los mismos que generan residuos en diversas formas y que hacen que los sistemas de tratamiento actuales sean insuficientes e inoperantes, además que la falta de mantenimiento hace que su rendimiento sea el mínimo.

Podemos afirmar con base en los análisis que las características fisicoquímicas de las aguas residuales, si tienen consecuencias directas en la distribución vertical del agua subterránea en la Ciudad Universitaria de la UANCV, para lo cual deben de buscarse tratamientos alternos o métodos de mitigación antes de que el problema se agrande más.

CUARTO

El análisis y las pruebas realizadas, se hicieron en el laboratorio de calidad de la Facultad de Salud de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Las características observadas, luego se confrontaron a los valores del D.S. N° 003-2010 MINAM.

Los coliformes, y en especial el E. Coli son indicios de que el tratamiento de aguas residuales por el que pasaron no es el más adecuado, ya que su cantidad y nivel es alto para ser un efluente



revertido al medio, estas bacterias pueden causar enfermedades, además de desencadenar enfermedades gastrointestinales, diarrea, vómitos. Es posible que la E. Coli cause la muerte en los lactantes, los niños, los ancianos y personas con sistemas inmunes comprometidos; mencionamos a estas personas debido a que la ubicación de la Universidad se encuentra en la Urbanización Néstor Cáceres Velásquez, por donde aún no se tiene el servicio de agua potable por parte de la prestadora de servicios municipal, y los habitantes de esa zona captan agua del subsuelo, con los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos podemos afirmar que estos contaminan a esponjas de agua cercanas.

Las características microbiológicas de las aguas residuales, su efluente vertido causa consecuencias contaminantes directas a la distribución vertical del agua subterránea no solo en la Ciudad Universitaria sino también en los alrededores de la zona es de vital importancia establecer métodos de mitigación u otro sistema.



SUGERENCIAS

PRIMERA.

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, se puede evaluar a partir de las características hidrogeológicas de la zona no saturada o de las capas confinantes supra yacentes.

Para proteger los acuíferos contra la contaminación es esencial controlar las descargas de efluentes y el depósito final de residuos; como ya se vio los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua subterránea se vieron seriamente afectados por la cercanía a tanques sépticos de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto es necesario generar sistemas de tratamiento alternos, y/o tratar el agua contaminada con químicos para potabilizarla, para que esta no cause problemas infecciosos a las personas, ni estudiantes que aprovechen esta agua. Se sugiere:

A corto plazo:

Realizar limpiezas periódicas de todos los pozos de captación de aguas subterráneas para uso, además de la limpieza y desinfección de los recipientes receptores (Tanques elevados, subterráneos, etc.).



Además como desinfección mínima, utilizar la cloración de estas aguas antes de ser utilizadas por estudiantes y/o otros.

Reubicación de los pozos de captación o mejorar el tratamiento de aguas residuales actual (Tanques sépticos y filtros percoladores).

A mediano y largo plazo:

Cambiar el sistema de tratamiento actual que está causando contaminación evidente a los mantos de agua subterránea de la misma, a través de un sistema de tratamiento más efectivo.

SEGUNDO.

No ingerir agua de caños y o pozos, sin desinfección u potabilización, a fin de evitar enfermedades infecciosas.

No utilizar el agua para el lavado de utensilios de contacto directo.

Reubicación de los pozos de captación o mejorar el tratamiento de aguas residuales actual (Tanques sépticos y filtros percoladores).

TERCERO.

Cambiar el sistema de tratamiento actual debido a la falta de efectividad, mantenimiento, y rendimiento.

Mejorar el manejo de los efluentes generados por el sistema de tratamiento actual.



Conocer los caudales y capacidad de los tanques sépticos, a fin de no saturarlos y provocar derrames y rebalses.

Evitar el contacto con residuos sólidos, estos deberían manejarse de otra manera y no tirarlos cerca de los efluentes y sistemas de tratamiento de aguas residuales

CUARTO

Buscar financiamiento tanto en gobiernos locales, regionales y nacionales para la implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales a escala piloto.

Implementar un sistema de tratamiento anaerobio, que tiene buenos resultados en otros países para poder no solo tratar las aguas sino también reaprovechar los subproductos generados por este, lo cual no solo sería más amigable al medio ambiente sino serviría de ejemplo dentro de la región, y se dirigiría a ser una empresa con responsabilidad social.

Tomar acciones para mitigar los efectos contaminantes de los efluentes y aguas residuales en el medio ambiente, para evitar recibir sanciones por los entes pertinentes (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, y otros).



Es necesario la activación de los laboratorios de calidad de agua, aire, suelo la Facultad de Ingenierías y Ciencias puras para la utilización y medición constante de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de las aguas residuales y aguas subterráneas, así como de otros parámetros.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OEFA. "FISCALIZACIÓN EN AGUAS RESIDUALES", Biblioteca Nacional del Perú.
Disponible: http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Antonio Rodríguez Fernández-Alba, Pedro Letón García, Roberto Rosal García, Miriam Dorado Valiño, Susana Villar Fernández, Juana M. Sanz García, "TRATAMIENTOS AVANZADOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES", (2006)
- María Paula Collazo Caraballo y Jorge Montaña Xavier."Manual de aguas subterráneas". Agosto 2012
- IGME, 1991 en Escuder, R. et al.2009
- MIRANDA, J., "Tratamiento Analítico de las aguas Servidas", Chile,
[disponible]: <http://cabierta.uchile.cl/revista/6/aguas.htm> marzo 2007
- Metcalf y Eddy, "Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización", Volumen I, tercera edición, Editorial McGraw-Hill, Madrid, España (1995).



- Y. GONZÁLEZ, y G. SÁNCHEZ, “Evaluación técnica del proceso de tratamiento anaerobio de la planta de aguas residuales de Guanta”,
- Tesis de Grado, UDO, Anzoátegui (2003).
- G. Tchobanoglous y F. Burton. “Tratamiento y depuración de las aguas residuales”, Editorial Labor, S.A., España (1977).
- RIVAS, G. “Tratamiento de aguas residuales”, 2da. Edición, Ediciones Vega, Caracas (1978).
- Babbitt, H. y Baumann, E. “Alcantarillado y tratado de Aguas Negras”. Editorial Continental, S.A., México (1980).
- PUGLIELLE, C. “Adaptación del manual de Operaciones de la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería de Puerto la Cruz a la Norma Riso”, Tomo I, Tesis de grado, UDO, Anzoátegui (1993).
- MARSILLI, A. “Tratamiento de aguas residuales”,
[disponible]: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm> (Diciembre 2005)
- Anónimo, “Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas”,
[disponible]: <http://www.puc.cl/quimica/agua/tratamiento.htm> (marzo 2007)
- Anónimo, “Tratamiento y Recuperación de Aguas Residuales Urbanas”



[disponible]:http://www.geoscopio.org/cgibin/planetatierra/p_comunicab.pl?pagina=/medioambiente/temas/index.htm Mayo 2004.

- Anónimo, “Agua residual y su tratamiento”, [disponible]:
<http://www.tanswer.cl/TA/UASB.htm> Junio 2002.

- Anónimo, “Bases Teóricas de Los Principales Procesos De Tratamiento”, [disponible]:http://cidta.usal.es/Unidad_H/ETAP/unidades/principal/3document.htm Mayo 2004.

- LÓPEZ, J. “Depuración de aguas residuales”, [disponible]:
<http://www2.cbm.uam.es/jalopez/personal/SeminariosVarios/ERARtexto.htm> (abril 2007

- LAFONTANT, J., “Manual de Mediciones”, Planta de tratamiento de aguas residuales Guanta. 2000.

- LAFONTANT, J. “Puesta en Marcha Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para Guanta”. Mayo 2000

APORTE TECNOLÓGICO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS DE LA UANCV

1. ELEGIBILIDAD

Tipo de proyecto

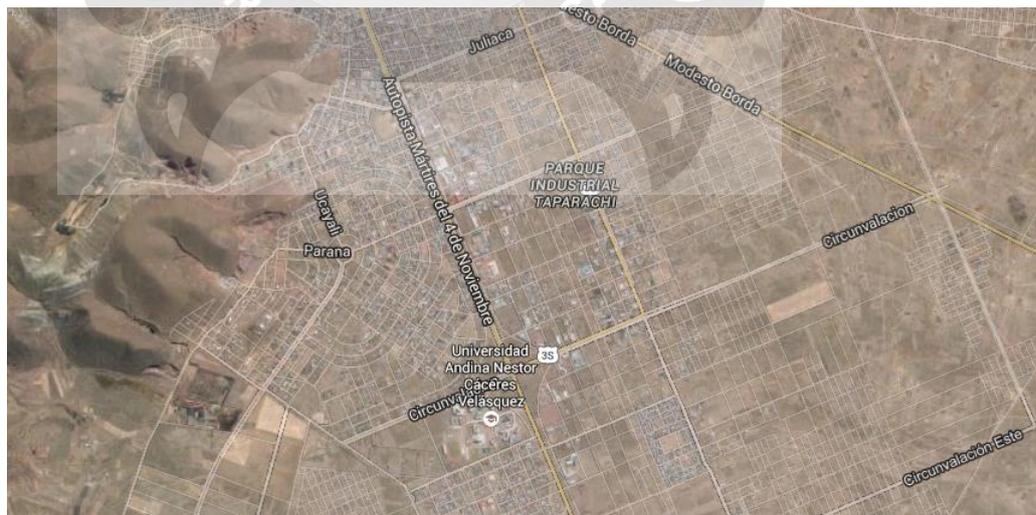
El proyecto pertenecerá al sector de energía limpia y eficiente

Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza dentro de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, del distrito de Juliaca, provincia de San Román, Departamento de Puno.

MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

FIGURA 02



ALCANCE Y DISEÑO DEL PROYECTO

El proyecto incluye el diseño, construcción y operación de una planta de biogás para capturar y utilizar el gas metano para su transformación en energía eléctrica con capacidad de hasta 1.0 MW que suministrara electricidad a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

Actualmente existe un tanque séptico el cual se encarga de sedimentar y filtrar las aguas residuales de los ambientes de la Facultad de Ingenierías y ciencias puras (Pabellón de ingenierías, Laboratorio de Hidráulica, Laboratorio de suelos, Facultad de mecánica eléctrica, y otros).

FIGURA 03





2.- FACTIBILIDAD TECNICA

DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (e.g. H_2 O_2). Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico.

En la digestión anaeróbica, los microorganismos metanogénicos desempeñan la función de enzimas respiratorios y, junto con las bacterias no metanogénicas, constituyen una cadena alimentaria que guarda relación con las cadenas enzimáticas de células aeróbicas.

De esta forma, los residuos orgánicos se transforman completamente en biogás que abandona el sistema. Sin embargo, el biogás generado suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y aprovechamiento del mismo.



BENEFICIOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

En el caso de la degradación anaeróbica, se generan productos del metabolismo con alto poder energético (por ejemplo, alcoholes, ácidos orgánicos y metano), los cuales sirven como nutrientes de otros organismos (alcoholes, ácidos orgánicos), o bien son utilizados con fines energéticos por la sociedad (biogás), además de lodos que pueden utilizarse como abono en actividades de agricultura.

Además, el tratamiento anaeróbico de los residuos orgánicos contribuye a la protección de las aguas subterráneas, reduciendo el riesgo de lixiviación de nitratos. Por otra parte, la digestión anaeróbica elimina el problema de emisión de olores molestos, como por ejemplo, el olor a amoníaco, producto de la acumulación de excretas y orina sin tratar.

La promoción e implantación de sistemas de producción de biogás colectivos, y de digestión, tratamiento conjunto de residuos orgánicos de diferentes orígenes en una zona geográfica, usualmente agropecuarios e industriales permite, además, la implantación de sistemas de gestión integral de residuos orgánicos por zonas geográficas, con beneficios sociales, económicos y ambientales. La digestión anaerobia se puede llevar a cabo con uno o más residuos con las únicas premisas de que sean líquidos, contengan material fermentable, y tengan una composición y concentración relativamente estable. La digestión es una variante tecnológica que puede solucionar problemas o carencias de un residuo, si son compensadas por las características de otro.

El metano es un gas que en la atmósfera terrestre contribuye al efecto invernadero. El contenido de metano en la atmósfera se ha duplicado desde la



última era de hielo a $1,7 \text{ ml m}^{-3}$ en la actualidad. Este valor se ha mantenido constante en los últimos años.

El metano contribuye un 20% al efecto invernadero antropogénico. Entre las fuentes de metano de origen humano, más del 50% corresponde a la ganadería y hasta el 30% provienen a partir del cultivo de arroz. Con el fin de poder comparar el efecto de los diferentes gases de efecto invernadero, a cada uno se le asigna un factor que representa una medida de su efecto invernadero o potencial de calentamiento global, en comparación con el CO_2 que se utiliza como "gas de referencia", el CO_2 equivalente de gases de efecto invernadero se puede calcular multiplicando el potencial de efecto invernadero en relación con la masa del gas respectivo. Indica la cantidad de CO_2 que produciría el mismo efecto invernadero en 100 años, es decir, el CH_4 es un gas de efecto invernadero más potente que el CO_2 en un factor de 21.

MICROBIOLOGIA Y ETAPAS DEL PROCESO DE DIGESTIÓN

PRIMERA ETAPA. HIDRÓLISIS

Materiales poliméricos complejos (polisacáridos, proteínas y lípidos) son hidrolizados mediante enzimas extracelulares a productos solubles de tamaño lo suficiente pequeño para permitir su paso a través de la membrana celular.

SEGUNDA ETAPA: ACIDOGÉNESIS

Los productos solubles procedentes de la hidrolisis son fermentados u oxidados anaerómicamente a ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, dióxido de carbono, hidrogeno y amoniaco

TERCERA ETAPA: ACETOGENESIS

Los ácidos grasos de cadena corta, distintos del acético son convertidos a acetato e hidrogeno gas.

CUARTA ETAPA: METANOGENESIS

Formación de metano a partir del acetato o del hidrogeno, es la única etapa estrictamente anaerobia.

PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL PROCESO ANAEROBIO

Temperatura

Tabla N° 01 Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psycrophilica	4-10 °C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Fuente: Lagrange

CARGA ORGANICA

Contenido de DQO, Solidos totales disueltos (SDT) Y Solidos Volátiles (SV), sustratos a digerir.

VELOCIDAD DE CARGA ORGANICA (VCO)

TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICO (TRH)

GRADO DE MEZCLA: Recirculación – agitación, para homogeneizar, favorecer contacto de microorganismos con sustratos.

pH Y ALCALINIDAD

ETAPA	INTERVALO OPTIMO DE pH
HIDROLITICA	7,2 – 7,4
ACIDOGENICA	6,0
ACETOGENICA	7,0 – 7,2
METANOGENICA	6,5 – 7,5

Alcalinidad: Junto con el pH y la concentración de AGV es uno de los parámetros de control del reactor. La alcalinidad esta directamente relacionada con el pH. En el intervalo de operaciones de los digestores anaerobios, el sistema dióxido de carbono – bicarbonato es el principal tampón.

Alcalinidad al bicarbonato (AB)

Alcalinidad debida a los Ácidos Grasos Volátiles (AV)

Alcalinidad total (AT) = AB + AV

Suficiente capacidad tampón $AB/AT > 0,6$

PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE BIOGÁS

El biogás está compuesto principalmente por CH₄ y CO₂, la velocidad de producción de gas puede utilizarse, no solo como parámetro de control sino también como variable para establecer la estabilidad del reactor.

Porcentaje CH₄ en Biogás:

Residuos orgánicos: 50 – 70%

Aguas Residuales = 70 – 90 %

LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS (METANO) DEL DIGESTOR DEPENDERA:

Características del substrato o agua con contenido de materia orgánica (SV)

Temperatura de operación.



THR (VCO)

ASPECTOS TECNICOS

Los aspectos técnicos bases que debemos de considerar para poder implementar una planta de tratamiento de aguas residuales son

CAPACIDAD

La capacidad de producción de la planta a implementar, se hallara en este caso del caudal del tanque séptico (Q), que vendrá a ser nuestra Velocidad de carga orgánica (VCO), con lo que podremos conocer en promedio la capacidad que deberá requerirse como mínimo para mitigar la filtración de aguas servidas.

MEDICIÓN DE CAUDAL

El tanque séptico ubicado en la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el cual recepciona las aguas residuales utilizadas por esta facultad, está ubicado dentro del subsuelo con dimensiones de:

$$V = LxAxH$$

$$V = 20x10x6$$

$$V = 1200m^3$$

Largo: 20 Metros

Ancho: 10 Metros

Altura: Aprox. 6 metros

Los datos fueron recogidos in situ, cabe resaltar que se pidió información a la Unidad de Infraestructura de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y estos desconocen los valores exactos del tanque.

Con los siguientes datos realizaremos el cálculo del volumen del tanque para tener una referencia de la capacidad volumétrica de este.

$$V = LxAxH$$

$$V = 20x10x6$$

$$V = 1200m^3$$

Donde:

V = Volumen

L= Largo

A= Ancho

H= Altura

Entonces el Volumen del Tanque séptico de la FICP es $1200m^3$

Para la medición del caudal se utilizó el método de FLUJO DE AGUA POR TUBO RECTO, el cual nos dice que el agua que pasa de un nivel más alto a otro más bajo sale del tubo encima de la línea de agua del nivel inferior. Puede determinar la altura midiendo la distancia vertical entre la superficie del agua encima y la línea del tubo debajo.

Si el agua que sale del nivel más alto a otro más bajo sale del tubo debajo de la línea de agua del nivel inferior puede determinar la altura midiendo la distancia vertical entre la superficie del agua encima y la superficie del agua debajo.

Entonces cuando se aplicó el método tenemos:

$$H = H(CD) - H(AB)$$

$$H = 1.20cm - 0.95cm$$

$$H = 25cm$$

Donde:

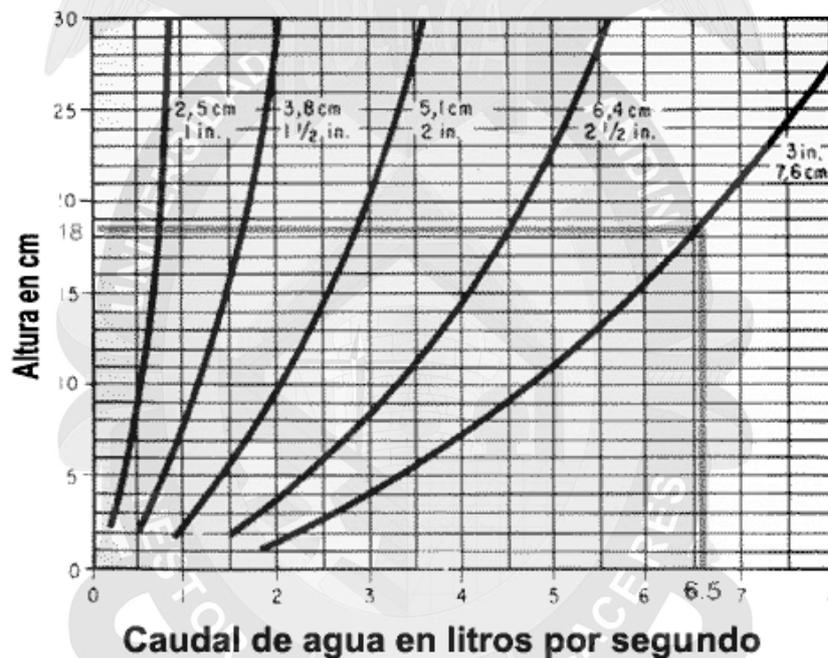
H: Altura

AB: Punto de agua hasta altura de pilar nivelado.

CD: Punto de agua hasta pilar nivelado.

Si la altura es 25cm, y el tubo que se utilizo es de diámetro interior de 2,5 cm; entonces utilizamos la Tabla N°02 (Fuente: Fao.org), para estimar caudales en tuberías rectas de diámetros interiores menores a 9 cm.

Tabla N° 02



Fuente: Fao.org

Entonces ubicándolo en la tabla obtenemos que el caudal es 0.90

$L/S Q = 0.90 l / seg$



ENTONCES:

$$Q = 0.90L / Seg$$

$$Q = 54L / Min$$

$$Q = 3240L / Hora$$

Convirtiendo:

$$Q(M^3) = \frac{3240}{1000}$$

$$Q = 3.24m^3 / Hora$$

Ahora sabemos que la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez trabaja con 3 turnos: desde las 7:00 – 12:15; 14:00 – 20:45; 16:00 - 10:30; acumulando en promedio 14 horas; para fines de estudio consideraremos solo 8 horas de trabajo por día laborable.

$$Q = 3.24m^3 / Hora * 8Horas / dia$$

$$Q = 25.92m^3 / dia$$

Una vez definido el caudal aproximado y el volumen del tanque, podemos definir una capacidad mínima para la planta piloto de tratamiento de aguas residuales para la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Capacidad PTAR = $1000 m^3$ (Considerado a partir de V y Q)

METODOS PARA ESTIMAR LA GENERACIÓN DE BIOGAS

El cálculo a continuación se hace con base a la cantidad de sólidos volátiles biodegradables (SVB) contenidos en la mezcla (lo que realmente se degrada). El cálculo se realiza tomando en cuenta las siguientes condiciones:

CUADRO N°13

DATO	CALCULO
Tiempo de retención de sólidos (días) = TRS	Según bibliografía se obtienen las producciones de biogás más altas a los 25 días, así que se utiliza esa cantidad como promedio
Sólidos totales (Kg)=	Es la masa seca de la mezcla
Sólidos Volátiles (Kg)=SV	$SV = (0.93) * (ST)$
Sólidos volátiles biodegradables (Kg)= SVB	$SVB = (0.70) * (SV)$
Eficiencia esperada de conversión de SVB	95%
Producción de biogás por Kg de SVB (m ³) = V biogás	0,625 a 1,0 m ³ /g de SV y su promedio es 0,8125 m ³ /kg de SV
Composición del gas	%CH ₄ = 60% %CO ₂ =40%

Fuente: Díaz et al. (2009) Revista Kukulcab

Calculando:

$$SV = (0.93) * ST$$

$$SV = (0.93) * (1.2931)$$

$$SV = 1.2026$$

$$SVB = (0.70) * (SV)$$

$$SVB = (0.70) * (1.2026)$$

$$SVB = 0.8418$$

Con el Valor de SVB, hacemos la relación para la producción de biogás

$$0.81.25m^3 \text{ --- } 1kgSV$$

$$X \text{ --- } 0.8418kg(SVBactual)$$

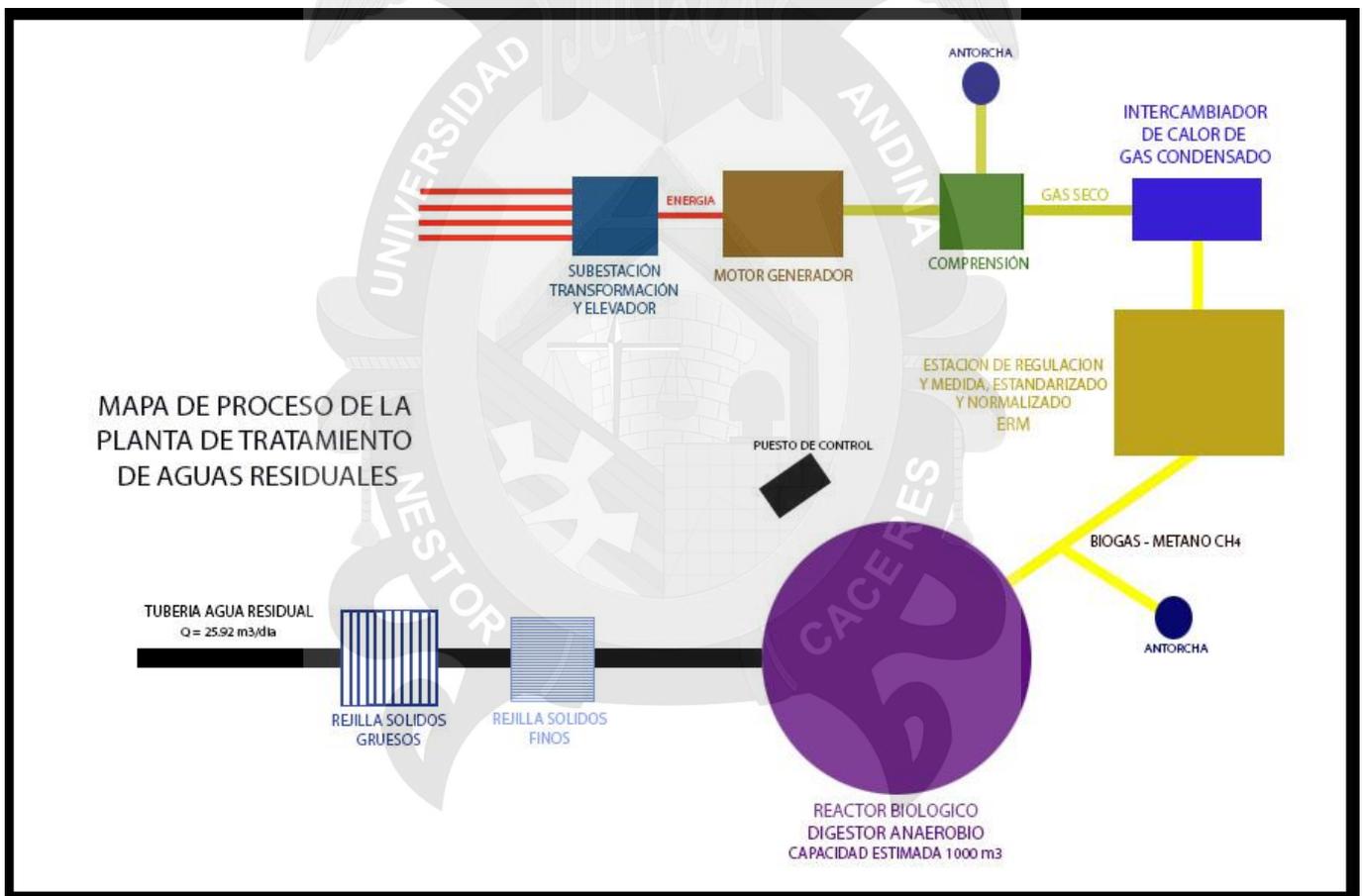
$$X = 0.684Biogas / m^3$$

Entonces; si sabemos que tenemos el caudal ($Q=25.92\text{ m}^3/\text{día}$), y hallamos el promedio de biogás obtenido por m^3 , haciendo la operación correspondiente tenemos:

$$\text{producción.Biogás} = 17.73\text{ m}^3 / \text{día}$$

MAPA DE PROCESO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR DIGESTION ANAEROBIA

FIGURA N°04



Fuente: elaboración propia

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso empieza con la recolección de aguas residuales con tuberías HDPE obtenidas de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y también del tanque séptico y efluentes actuales, las aguas residuales y su caudal estimado de 25.92



m³/día, recorrerán hasta llegar a las REJILLAS DE SÓLIDOS GRUESOS donde quedarán atrapados los plásticos, basura y u otro agente que deteriore el proceso, luego de esto los mismos efluentes pasan por la REJILLA DE SÓLIDOS FINOS, donde se retiran sólidos más finos y evitar obstrucción de tuberías, después los efluentes van al reactor anaerobio donde por digestión anaerobia se da el proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato , son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un grupo de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores, utilizando este proceso es posible convertir gran cantidad del efluente más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiendo solo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano.

Proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores. Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico.



Para mejorar y acelerar el proceso se deberá proporcionar al reactor de flujo continuo agitadores en el interior para mezclar los fluidos y mejorar su eficiencia, además también el reactor anaerobio debe tener un sistema de calefacción interior por convección, el cual se usa para aumentar la temperatura del reactor (25 – 45°C) y reducir el tiempo del proceso y mejorar eficiencia del reactor.

Luego del paso por reactor nos quedamos con biogás crudo el cual debe pasar a una estación donde se medirá, regulara, normalizara y estandarizara el biogás obtenido, a fin de mejorar y acondicionar el flujo, el biogás que sale de este sistema pasa a un sistema intercambiador de calor donde el gas por donde pasa el biogás como condensado y por medio de circuito de agua fría se seca y eliminan las partículas, se manda el condensado a un depósito y el gas a seco llega al compresor donde aumenta presión y fuerza hacia el alimentador del motor generador y el sobrante se quema en la antorcha para producir dióxido de carbono (CO₂) que hace menos 21 veces menos daño que el metano, y así evitar el efecto invernadero, Luego que el gas comprimido pasa al motor generador de energía a través de la combustión interna, el cual será de una capacidad de 1 MW, el biogás ya transformado en energía eléctrica pasara a una estación de transformación y elevador, donde tenemos el transformador elevador que mejora el voltaje requerido y la frecuencia de la energía para así poder ser utilizada en las conexiones necesarias, esta energía pasa a ser distribuida para el alumbrado público de la universidad y/o se entrega a la empresa de encargada de la energía (Electro Puno), para que sea distribuida a otros lugares.



EQUIPOS A UTILIZARSE

REACTOR:

Los reactores de biogás se deberán componer de paneles de acero cubiertos con esmalte de vidrio a base de tecnología de sinterización a alta temperatura.

Está cubierta de esmalte tiene un largo período de vida útil, es químicamente muy resistente a la corrosión y a prueba de golpes. Reactores de biogás se pueden instalar y desmontar rápidamente. La ventaja de un reactor con la cubierta de acero en comparación con un reactor de hormigón es la falta de necesidad de encofrado, la reducción del período de construcción y la posibilidad de la construcción durante todo el año sin influencias meteorológicas. Pozos de registro de acero inoxidable, agujeros reforzados para dispositivos de mezcla, agujeros de acceso - Todo está diseñado teniendo en cuenta las características específicas de la industria de biogás.

AGITADOR

Los mezcladores inclinados están especialmente diseñados para trabajar en el entorno agresivo de los reactores de biogás. Las hélices mezcladoras se fabrican con la ayuda de herramientas especiales que garantizan la precisión milimétrica cuchilla tras cuchilla. Los motores eléctricos de los mezcladores están diseñados para trabajar en los entornos con riesgo de explosión de la EX Zona 1 o EX Zona 2. Todos los componentes, incluyendo la membrana de sellado (hermética) para tubo de conducción, son resistentes a los rayos UV. El mezclador de hélice se monta desde el exterior.



El mezclador de hélice está soportado por dos enlaces superiores u opcionalmente por medio de un gato de cremallera y piñón y se puede ajustar de forma continua a cualquier ángulo de inclinación. El árbol de transmisión, la hélice y la placa de sellado son de acero inoxidable.

UNIDAD DE CALEFACCIÓN

En el interior del reactor de biogás las temperaturas se mantienen constantes con el fin de ofrecer óptimas condiciones de vida a las bacterias. La temperatura en el interior del reactor de biogás es mesófila, que es alrededor de 37 - 40 °C. El calentamiento del reactor se realiza mediante el sistema de calefacción.

La temperatura de calentamiento de entrada en el digestor deberá ser de 80°C. La temperatura de salida deberá ser de 55°C. El sistema de calefacción se compone de una red de tubos colocados en el interior de las paredes del digestor o en la superficie de la pared interior. Si la planta de biogás está equipada con un co-generador, el calor es suministrado desde el sistema de refrigeración del motor. Calderas alimentadas por biogás, gas natural o su mezcla también se pueden utilizar como fuente de alimentación de calor para la planta de biogás.

CUBIERTA DE ALMACENADOR DE GAS

El material del Almacenador de Gas (PVC especial) es resistente al alto voltaje eléctrico, al fuego y resistente a daños causados por objetos cortos punzantes, incluso cuando su superficie está al rojo vivo. El Almacenador de Gas está instalado en un cobertizo ventilado especial. El Almacenador de Gas está diseñado para acumular y almacenar el biogás a presión 0,005-0,01 bar. El suministro de biogás al Almacenador de Gas se realiza por medio de tuberías especiales HDPE



DIN 150. Los almacenadores de Gas están equipados con una válvula de seguridad con el fin de evitar la sobrepresión.

ALMACENADOR DE GAS

El Almacenador de Gas se utiliza para el almacenamiento de biogás. Está montado firmemente en el techo del reactor. El sistema de soporte de gas tiene una estructura de doble membrana.

La cúpula de la cubierta externa está hecha de PVC y producido con aditivos especiales que son resistentes a los rayos ultravioleta y la precipitación. La membrana interna, que está en contacto directo con biogás, está hecha de un material especial PELD. La membrana interna se estira por la presión del biogás producido. Aire es bombeado entre la cúpula de la cubierta y la membrana interna de modo que se proporciona presión a la cara superior de la membrana y le da una forma esférica a la cúpula de cubierta.

La presión de biogás en el interior del Almacenador de Gas tiene un promedio de entre 200 y 500 Pa. El Almacenador de Gas proporciona espacio suficiente para 2-3 horas de almacenamiento de biogás

ANTORCHA

El separador, sistema incluido en el equipo básico de la planta de biogás, se utiliza para la separación de la biomasa digerida en las fracciones sólida y líquida. Los componentes del separador están hechos de acero anti-corrosivo y resistente a la abrasión. El material orgánico es introducido ya sea por gravedad o se alimenta a la cámara de carga por medio de bombas a través de un tubo de derivación de

alimentación. Desde la cámara de carga se alimenta al separador por medio de un juego de barrenas de acero resistente a la abrasión. La cámara de separación es un tamiz cilíndrico hecho también de acero resistente a la abrasión. Fracciones de líquidos y sólidos se separan por medio de presión y la filtración en el separador. La fracción líquida se vierte a través de un sistema de vaciado fijado a la cisterna acumulador. La fracción sólida sale del separador con la ayuda de un descargador y se acumula en un recipiente.

TUBERIAS HDPE

Utilizado para el transporte de aguas residuales y de biogás producido, es un polímero de alta densidad, resistente a la biodegradación, abrasión, no le afecta a oxidación y no es conductor eléctrico, además de su bajo coste de mantenimiento y larga vida útil.

VALVULAS

Durante la instalación de la planta se utilizaran diferentes válvulas de control como:

Válvulas apaga llamas verticales

Válvulas horizontales

Válvula selectora de 3 vías

Válvulas de presión y vacío

Apaga llamas

Indicador de nivel

Válvula de emergencia y boca de hombre

Panel visor

Boca de hombre con fijación clamp

Purgador manual de baja presión



Purgador automático

Purgador manual de alta presión

Regulador de presión de dos entradas

Apaga llamas con fusible térmico

Manómetro

Reguladores

MOTOR Y GENERADOR

Un módulo del motor-generador de combustión interna requerido para la operación del Proyecto, compuesto por un motor a gas, mezcla carburante y sistema de encendido electrónico. Este equipo y sus accesorios (sistema de refrigeración, escape, tableros eléctricos, control, etc.) tiene una capacidad de generación de 1.0 MW.

NORMATIVA QUE DEBERA SER APLICADA EN ESTUDIOS DEFINITIVOS

La constitución Política del Perú es la norma legal de mayor envergadura que regula todas las actividades que se presentan en nuestro país.

Ley Nº 29338 "Ley General de Recursos Hídricos".

En esta ley se pretende regular recursos hídricos que comprenden al agua continental, ya sea superficial o subterránea. Además se define la licencia de uso de agua en el cual el ANA (autoridad nacional del agua) otorga facultades de uso de esta agua, así como lo referido al vertimiento de aguas residuales tratadas que deberán cumplir con los ECAs vigentes.



Ley N° 28611 “Ley general del Ambiente”

Señala que toda persona tiene derecho de vivir en un ambiente saludable y que los recursos naturales son propiedad del estado. Además señala la necesidad de contar con estudios de impacto ambiental y que toda construcción que genera un impacto significativo en el medio ambiente deberá estar sujeta al sistema nacional de evaluación de impacto ambiental (SEIA) En cuanto al cierre de actividades señala que se deben tomar medidas para prevenir o evitar impactos negativos Respecto a las emisiones, efluentes y descargas así como los impactos que se generen en el medio ambiente deberán ser asumidos por el responsable de la operación de las actividades; sin embargo, menciona que existe un riesgo compartido entre los titulares de la operación así como los profesionales o técnicos que elaboraron el expediente.

También menciona que el ente que el estado deberá asegurar la vigilancia y protección de aguas con fines de abastecimiento poblacional y que se promoverá el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización garantizando la calidad necesaria. Por otro lado indica que el estado asume la responsabilidad de autorizar el vertimiento de aguas residuales, pero solo en el caso que no se produzca deterioro ni afecte la reutilización.

Legislativo N° 635, del 08 –04- 91”Delitos contra la Ecología”

Establece que toda persona que vierta residuos sólidos que sobrepasen límites permitidos, deberán ser reprimidos con una pena privativa de la libertad.



Ley N° 26821 “Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los RRNN”

Publicada el 26 de junio de 1997. Esta ley promueve y regula el aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables de modo que se establezca un equilibrio entre la economía y la preservación de recursos naturales.

Ley N° 26786 “Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades”

Menciona que los ministerios comunicaran al Consejo Nacional del Ambiente la regulación en este aspecto.

Ley N° 27314 “Ley General de Residuos Sólidos”

Establece los derechos, atribuciones y responsabilidades para un adecuado manejo de los residuos sólidos.

Ley N° 28256 Ley que regula el transporte de materiales y residuos peligrosos, del 18/06/04

Esta ley regula los procesos, actividades y operaciones en cuanto al transporte terrestre de materiales peligrosos de modo de prevenir daños a terceros, propiedad o medio ambiente.

Ley N° 27446 “Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental”, del 23-04- 2001.

Establece los mecanismos para identificar, prevenir, supervisar y controlar los impactos ambientales que provienen de proyectos de inversión, en donde se detalla las categorías dependiendo del nivel de riesgo y/o impacto ambiental.



Decreto Legislativo N° 757 “Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada”, del 13-11-91.

Una de las funciones más importantes del estado es equilibrar el desarrollo socioeconómico, medio ambiente y uso de recursos naturales.

Ley N° 27117 “Ley General de Expropiación”

Esta ley permite la transferencia de derecho de propiedad privada al estado que tienen que ser autorizada únicamente por ley expresa del Congreso de la Republica previo pago efectivo de la indemnización.

Ley N° 27972 “Ley Orgánica de Municipalidades”

Del 23-05-2003. Menciona que la Municipalidad es la unidad de gestión local y que representan al vecindario, promoviendo la adecuada prestación de servicios públicos.

La Ley N° 28221, vigente desde el 12 de mayo del 2005

La autorización de deposición de aguas en cauces de ríos o álveos provenientes de extracción de materiales es por parte de la municipalidad quien además tiene derecho al cobro por las mismas. Además, puede suspender las actividades si se contaminan gravemente el medio ambiente.

D.S. N° 085 – 2003 - PCM “Reglamento de Estándares Nacional de Calidad Ambiental para Ruido”

Establece los estándares y límites permisibles de ruido considerando la zona y el horario. En la siguiente tabla se presentan dichos valores.



D.S Nº 074-2001-PCM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”

Regula la protección de la calidad del aire, proporciona medidas de mejoramiento, y menciona los mecanismos para informar y educar a la población con respecto a buenas prácticas.

D.S Nº 009-2005-TR “Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo”

Establece el derecho de los trabajadores a buenas condiciones de trabajo considerando un ambiente seguro y saludable; además señala las responsabilidades e implicancias económicas legales del no cumplimiento.

Ley Nº 26338 “Ley General de Servicios de Saneamiento”

Establece disposiciones generales, organismos de regulación y prestación de servicios, tarifas y estado de emergencia.

D.S Nº 028-60-S.A.P.L “Reglamento de Desagües Industriales”

Menciona que está prohibida la descarga de residuos industriales al alcantarillado público, ya sea basuras, restos de comidas, gasolinas, solventes, arenas, etc. Sin embargo, indica que podrán realizarse descargas industriales siempre y cuando cumplan con los requisitos establecidos en este reglamento.

D.S. Nº 021-2009-VIVIENDA “Valores Máximos Admisibles De Las Descargas De Aguas Residuales No Domesticas En El Sistema De Alcantarillado Sanitario”

Establece los valores máximo permisibles para la descarga de residuos sólidos No domésticos referentes a sustancias y/o parámetros físico químicos.



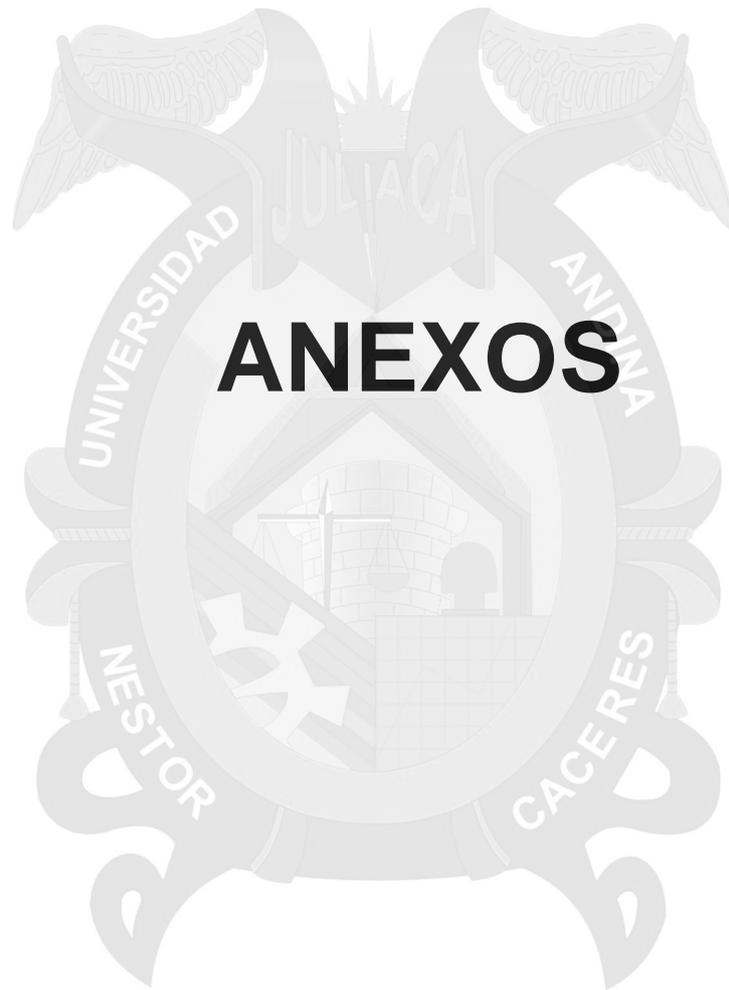
NORMAS INTERNACIONALES

Normas de la OMS

Referente a la calidad del agua Indica las guías referentes a la calidad de agua potable, responsabilidades y mitigación de riesgos; además indica los diferentes patógenos que son transmitidos por el agua. Establece los mecanismos o procedimientos a seguir en situaciones de emergencia y catástrofes referentes a agua envasada, sistemas de desalinización, transformación de alimentos, salubridad en grandes edificios.

Normas de la EPA (Environmental Protection Agency), USA

Establece los mecanismos de protección para el suministro de agua potable, informa sobre contaminantes en agua potable, plantas de tratamiento de aguas de residuos sólidos y protección de aguas subterráneas.



ANEXOS

FOTO 1: EQUIPO HACH / MOD: DRB 200 PARA DIGESTION CERRADA



Fuente: Instrumentos para medición de parámetros DBO, DQO
FOTO 2: PROCEDIMIENTO DIGESTION CERRADA



Fuente: Instrumentos para medición de parámetros.
FOTO 3: PREPARANDO REACTIVOS DIGESTION CERRADA



Fuente: Instrumentos para medición de parámetros.

FOTO 4: MUESTRAS DBO A T° ESTANDAR



Fuente: Instrumentos para medición de parámetros DBO.

FOTO 5: CONDUCTIMETRO HACH/ ION7



Fuente: Instrumentos para medición de parámetros CE

FOTO 6: Titulación de muestras



Fuente: Instrumentos para medición de parámetros de agua.

FOTO 7: Toma de muestras



Fuente: Instrumentos para medición de parámetros de agua.
FOTO 8: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

FOTO 9: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.
FOTO 10: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

FOTO 11: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras
FOTO 12: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

FOTO 13: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras
FOTO 14: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

FOTO 15: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

FOTO 16: Imágenes efluente



Fuente: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

FOTO 17: Imágenes efluentes y pozos



Fuente: Ciudad Universitaria
FOTO 18: Imágenes efluentes y pozos



Fuente: Ciudad Universitaria

FOTO 19: imágenes efluentes y pozos



Fuente: Ciudad Universitaria
FOTO 20: Imágenes efluentes y pozos



Fuente: Ciudad Universitaria

FOTO 21: Imágenes efluentes y pozos



Fuente: Ciudad Universitaria
FOTO 22: Imágenes efluentes y pozos



Fuente: Ciudad Universitaria