

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA UNIVERSIDAD
TECNICA FEDERICO SANTA MARÍA SEDE VIÑA DEL MAR JOSE MIGUEL
CARRERA.**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Técnico Universitario en
CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE.

Alumna:

Srta. Vanessa Constanza Sánchez Muñoz

Profesor Guía:

Sr. Manuel Saavedra González

2018

RESUMEN

KEYWORDS: AGUAS, AGUAS GRISES, REUTILIACIÓN, ANALISIS, FÍSICO, QUÍMICO, BIOLÓGICO, TRATAMIENTO.

En el siguiente documento quiero darle mayor importancia al recurso hídrico a través de una caracterización de aguas residuales provenientes de la Universidad Técnica Federico Santa María sede José Miguel Carrera ubicada en Viña Del Mar, Chile.

Se parte definiendo conceptos básicos relacionados a las moléculas de agua. Dando a comprender que el agua es una molécula compuesta por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, siendo esta molécula esencial para el desarrollo de la vida en el planeta tierra y es la única molécula que podemos encontrar en estado natural en los tres estados de la materia como lo es en estado líquido en los grandes mares y ríos, en estado sólido como nieve o iceberg y en estado gaseoso como vapor de agua o nubes. También se dio a conocer el ciclo del agua el cual es impulsado por la energía del sol en donde este permite que el agua circule de tal manera que el agua logra pasar por los tres estados de la materia una vez comprendido esto es que se comienzan a definir diferentes tipos de agua dependiendo las características que esta tenga. El agua residual proviene de diferentes actividades producidas por los seres humanos la cual es vertida al servicio del alcantarillado para realizar una estandarización de esta y así reincorporarla a causas de agua sin interferir en la biodiversidad y calidad de las personas. Se analiza la posibilidad de dar un segundo uso a las aguas residuales a través de la reutilización de aguas residuales, para ello se realizó una caracterización de aguas residuales de la universidad lo que consiste en analizar muestras de agua midiendo y comparando parámetros físicos, químicos y microbiológicos con la normativa aplicable (NCh N°1.333 “Requisitos de la calidad del agua para diferentes usos”. Se analizaron diferentes puntos de muestreo, pero para el siguiente estudio posteriormente se determinó que serán cuatro muestras de agua residual en puntos aleatorios dentro de la universidad. Los puntos en donde se tomaron las muestras de aguas residuales fueron; el casino, laboratorio de química y medio ambiente, talleres de mecánica industrial y una toma en el conducto final el cual lleva residuos de toda la universidad. Se realizaron análisis físicos como determinación de sólidos totales, sólidos filtrables, sólidos no filtrables, sólidos volátiles, sólidos fijos, temperatura, color y olor por el lado de los parámetros químico se realizaron análisis como pH, oxígeno disuelto, demanda química

de oxígeno, demanda biológica de oxígeno y por último análisis microbiológicos para poder identificar la presencia de ciertas bacterias como coliformes fecales y totales. Al finalizar los análisis se definen los procesos a los cuales son expuestas las aguas residuales para ser tratadas y con ello poder ser depositadas en los cauces de agua natural sin producir impactos ambientales, sin embargo, de volver a reutilizar las aguas residuales de la universidad se deberán cumplir parámetros similares o por debajo de estas exigencias, se deberá realizar una cloración de estas aguas además de tener piscinas para eliminar sólidos, ya que si bien nos basamos en la NCh 1.333 existe normativa de reutilización de aguas como lo es la Ley N° 21.075 “Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises” pero a esta le aún le falta apoyo de normas y decreto es por ello que dejo esta tesis en inspiración del alguien que quisiera realizar un plan de reutilización de aguas grises a partir de esta caracterización de aguas residuales.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
ALCANCE	3
CAPÍTULO 1: EL AGUA COMO RECURSO	4
1. EL AGUA COMO RECURSO	5
1.1. EL AGUA Y SUS CARACTERÍSTICA FÍSICO-QUÍMICA	5
1.2. CARACTERÍSTICAS DE UNA MOLÉCULA DE AGUA	6
1.3. CICLO DEL AGUA.....	7
1.4. PARÁMETROS QUE MIDEN LA CALIDAD DE LAS AGUAS.....	9
1.4.1. Parámetros físicos	9
1.4.2. Parámetro químico	13
1.4.3. Parámetros microbiológicos	16
1.5. CLASIFICACIÓN DEL AGUA:	17
1.5.1. Tipos de agua según sus propiedades	17
1.6. AGUA RESIDUAL.....	18
1.6.1. Procedencia de las aguas residuales.....	19
CAPÍTULO 2: REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS	20
2. REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS	21
2.1. CLASIFICACIÓN DE RESIDUO	21
2.1.1. ¿Qué es un residuo?	21
2.2. 2.2 ESCASEZ HÍDRICA.....	22
2.2.1. Responsables de la sequía.....	23

2.3.	SITUACIÓN ACTUAL DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIVERSIDAD FEDERICO SANTA MARÍA.....	23
2.3.1.	Característica de universidad.....	23
2.4.	MARCO LEGAL.....	25
2.4.1.	Ley N° 21.075 “Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises”	26
2.4.2.	Norma Chilena N° 1.333 “Requisitos de calidad de agua para diferentes usos”	27
2.4.3.	Norma Chilena N°409.	28
2.5.	OPCIÓN DE REUTILIZACIÓN.....	32
2.5.1.	Reutilización de aguas grises.....	32
2.5.2.	Usos que se le pueden dar a las aguas grises reutilizadas	32
	CAPÍTULO 3: PARTE EXPERIMENTAL.	33
3.	PARTE EXPERIMENTAL	34
3.1.	DESARROLLO MUESTREO.....	34
3.2.	PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS	34
3.3.	TOMA Y ALMACENAMIENTO.....	35
3.4.	ANÁLISIS a REALIZAR.....	37
3.4.1.	Determinación Solidos Totales.....	38
3.4.2.	Determinación de Sólidos volátiles y Solidos Fijos.	40
3.4.3.	Determinación Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Disueltos Totales (SDT).....	43
3.4.4.	Determinación de Sólidos Sedimentables.	47
3.4.5.	Determinación de Color y olor	49
3.4.6.	Determinación de pH.....	52
3.4.7.	Determinación de Oxígeno Disuelto (OD) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	53
3.4.8.	Demanda química de oxígeno	57
3.4.9.	Análisis microbiológicos	61
3.4.10.	Determinación de metales por espectrofotometría de absorcion atomica (eaa)	62

3.5.	OBTENCIÓN DE RESULTADOS	65
3.5.1.	Sólidos Totales:.....	65
3.5.2.	Sólidos Volátiles.....	66
Sólidos Fijos	66
3.5.3.	Sólidos disueltos	67
3.5.4.	Sólidos Suspendidos Totales	67
3.5.5.	Sólidos Sedimentables.....	68
3.5.6.	Color y Olor.....	68
3.5.7.	Conductividad.....	69
3.5.8.	pH.....	69
3.5.9.	Oxígeno Disuelto.....	70
3.5.10.	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	70
3.5.11.	Demanda Química de Oxígeno DQO.....	71
3.5.12.	Concentración de metales	71
3.5.13.	Temperatura	72
3.5.14.	Coliformes totales y fecales.....	72
CAPÍTULO 4: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....		73
4.	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	74
4.1.	TRATAMIENTO	74
4.1.1.	Planta de tratamiento de aguas residuales.....	74
4.1.2.	Objetivos del tratamiento.....	75
4.1.3.	Etapas del tratamiento.....	75
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE TRATAMIENTO.....	77
4.2.1.	Pre-tratamiento:	77
4.2.2.	Tratamiento primario:	77
4.2.3.	Tratamiento secundario:	77
4.2.4.	Tratamiento terciario:	78
4.2.5.	Tratamiento para lodos activados:	78
4.2.6.	Puntos que se deben considerar para poder reutilizar las aguas grises según la normativa vigente.....	79

4.3. DISCUSION	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN	82
ANEXOS.	84
ANEXO A: DEFINICIONES	85
ANEXO B: EQUIPOS UTILIZADOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Molécula de agua.....	6
Figura 2-1 Ubicación de la universidad	24
Figura 3-1 Plano de la UTFSM sede Viña del Mar José Miguel Carrera.	35
Figura 3-2 Muestras en bidón 1, 2, 3 Y 4.....	36
Figura 3-3 Muestras en botellas de vidrio (250mL) 1, 2, 3 Y 4.....	37
Figura 3-4 Capsulas a baño María	39
Figura 3-5 Capsulas secas tras el proceso de calcinación.	42
Figura 3-6 Papel filtro tras filtración de las muestras.	45
Figura 3-7 Muestras en cono imboff tras 1 hora.	48
Figura 3-8 Muestras en botellas de vidrio (250mL) 1, 2, 3 Y 4.....	50
Figura 3-9 Proceso antes de incubar las muestras.....	56
Figura 3-10 Tubos de DQO de las cuatro muestras más el blanco.	60
Figura 3-11 Día 1 Siembra de coliformes fecales y totales.	62
Figura 3-12 Proceso determinación de metales	64
Figura 4-1 Planta de tratamiento	75

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1 Ciclo del agua.....	8
Diagrama 2-1 Diseño almacenamiento del agua para regadío.....	25
Diagrama 4-1 Etapas del tratamiento de aguas residuales	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Estado de la materia según temperatura.	7
Tabla 1-2 Parámetros que miden la calidad del agua.....	9
Tabla 1-3 Rango de dureza según concentración de CaCO ₃	13
Tabla 1-4 Rango de dureza según concentración de CaCO ₃ . (Continuación).....	14
Tabla 2-1 Nombre del residuo según su estado.....	22
Tabla 2-2 Usos que se le pueden dar a las aguas grises reutilizadas.....	27
Tabla 2-3 Requisitos físicos del agua para consumo humano.	28
Tabla 2-4 Requisitos químicos del agua para consumo humano.	29
Tabla 2-5 Parámetros establecidos de Conductividad y SD.	30
Tabla 2-6 Concentraciones máximas de elementos químicos.....	31
Tabla 3-1 Muestras para realizar los siguientes análisis.	36
Tabla 3-2 Muestras para realizar los próximos análisis microbiológicos.	37
Tabla 3-3 Pesos de las capsulas secas.	39
Tabla 3-4 Pesos de las capsulas secas + el residuo seco.	40
Tabla 3-5 Pesos de las capsulas después de calcinación.....	42
Tabla 3-6 Pesos del papel filtro.....	46
Tabla 3-7 Pesos del papel filtro + el residuo seco.....	46
Tabla 3-8 mL de tiosulfato gastados.	57
Tabla 3-9 mL de FAS gastados.	60
Tabla 3-10 Sólidos totales.	65
Tabla 3-11 Sólidos volátiles.....	66
Tabla 3-12 Sólidos Fijos.	66
Tabla 3-13 Sólidos disueltos	67
Tabla 3-14 Sólidos Suspendedos Totales	67
Tabla 3-15 Sólidos Sedimentables.	68
Tabla 3-16 Color y Olor.	68
Tabla 3-17 Conductividad.....	69
Tabla 3-18 pH.....	69
Tabla 3-19 Oxígeno Disuelto.	70
Tabla 3-20 DBO ₅	70
Tabla 3-21 DQO.....	71
Tabla 3-22 Concentración de metales	71
Tabla 3-23 Temperatura	72

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

CONAMA	:	Comisión Nacional del Medio Ambiente.
DBO5	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días y a 20°C.
DQO	:	Demanda Química de Oxígeno.
DS90	:	Decreto Supremo 90
FAS	:	Sulfato Ferroso Amoniacal.
NCh	:	Norma Chilena
OD	:	Oxígeno Disuelto.
SDT	:	Sólidos Disueltos Totales.
SMA	:	Super Intendencia del Medio Ambiente.
SSF	:	Sólidos Suspendidos Fijos.
SST	:	Sólidos Suspendidos Totales.
SSV	:	Sólidos Suspendidos Volátiles.
ST	:	Sólidos Totales.

SIMBOLOGÍAS

Ag ₂ SO ₄	:	Sulfato de Plata.
AgNO ₃	:	Nitrato de Plata.
CaCl ₂	:	Cloruro de Calcio.
Ca (OH) ₂	:	Hidróxido de Calcio.

CaCO ₃	:	Carbonato de calcio.
Cd	:	Cadmio.
Cl ⁻	:	Cloruro.
O ₂	:	Oxígeno.
OH	:	Hidróxilo.
CO ₂	:	Dióxido de Carbono.
Cu	:	Cobre.
FeCl ₃ x 6H ₂ O	:	Cloruro de Hexahidrato.
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ x 6H ₂ O	:	Sulfato Ferroso Amoniacal.
FF1%	:	Indicador de Fenolftaleína al 1%.
H ₂ SO ₄	:	Ácido Sulfúrico.
HNO ₃	:	Ácido Nítrico.
K ₂ CrO ₄	:	Cromato de Potasio.
MgSO ₄ x 7H ₂ O	:	Sulfato de Magnesio.
MnSO ₄	:	Sulfato de Manganeso.
N	:	Normalidad.
NaOH	:	Hidróxido de Sodio.
Ni	:	Níquel.
NM 0,1%	:	Indicador de Naranja de Metilo al 0,1%.
NO ₂	:	Dióxido de Nitrógeno.
Pb	:	Plomo.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de nuestro planeta está conformado por agua, la superficie terrestre se compone un 70% agua y el otro 30% constituye al área continental, el agua dulce alcanza tan solo un 2,5% del volumen de agua total presente en nuestro planeta.

A nivel mundial el recurso hídrico es cada vez más escaso, según la Organización mundial de la Salud (OMS, 2013) “la escasez de agua afecta a todos los continentes y a cuatro de cada diez personas en el mundo. La situación está empeorando debido al crecimiento de la población, el desarrollo urbanístico y el aumento del uso de agua con fines industriales” . A nivel nacional el Ministerio del Interior y Seguridad pública, en el año 2013 declara “que la escasez hídrica se concentra entre la región de Coquimbo y la Región de los Lagos principalmente”. (MIS, 2013). El desarrollo exponencial que tuvieron las industrias en la época de la revolución industrial logró aumentar su producción disminuyendo las horas utilizadas, no obstante, se aumentó el consumo de materias primas y recursos naturales.

(Rijsberman, 2003)

El primer factor a considerar es la población. El aumento de los habitantes en el mundo tiene como consecuencia implícita la reducción de disponibilidad de agua dulce por persona. Dicha disponibilidad disminuye con la reducción de la calidad del agua debido a su creciente contaminación. En el siglo XX, el mundo ha triplicado la población y ha multiplicado por seis el uso del agua.

(ONU, 2013)

La escasez de agua afecta ya a todos los continentes. Cerca de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación. Otros 1.600 millones, alrededor de un cuarto de la población mundial, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, donde los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde ríos y acuíferos

Es extremadamente preocupante que una gran parte de los seres humanos no logre tener acceso a agua potable, son estas mismas situaciones las cuales conllevan a que las personas tomen acciones con alto riesgos para su propia salud y calidad de vida. Por ejemplo, abastecerse de agua contaminada proveniente de un río el cual es ocupado como receptor de ciertos residuos sin previo tratamiento, la cual contiene diferentes

agentes patógenos producirá un aumento en las enfermedades en comunas donde la pobreza solo logra empeorar todo.

Existen diversas fuentes hídricas a nivel mundial, estas pueden ser subterráneas o superficiales, tales como lo son ríos, lagos, mares, pozo, ríos subterráneos etc., estas no son aptas para el consumo humano, agrícola e industrial, sin embargo, al aplicar ciertos tratamientos físicos, químicos y biológicos se les puede dar un uso específico. La norma chilena n°1333 fija un criterio de calidad de agua de acuerdo con los requerimientos científicos, según el uso determinado.

El costo del tratamiento que se debe aplicar a un cuerpo de agua para que este se transforme en agua potable, libre de patógenos o sustancias tóxicas y nocivas para la salud de las personas, como también para el recurso hídrico utilizado en la agricultura, industrial y medio ambiente, es cada vez más elevado y asimismo escaso a nivel mundial y nacional.

Es por esto que, en el presente trabajo de título, se realizó un análisis físico, químico y biológico de las aguas residuales de la Universidad Federico Santa María, Sede José Miguel Carrera, Viña del Mar, para plantear una posible reutilización de este recurso.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una caracterización de las aguas residuales, provenientes de las instalaciones de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Viña del Mar José Miguel Carrera.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los conceptos claves para poder comprender lo desarrollado.
- Identificar normativa vigente aplicable a los procedimientos a realizar.
- Conocer los parámetros que miden la calidad de un agua.
- Analizar muestras de agua residual en diferentes puntos de descarga de la universidad.

ALCANCE

Estudio y análisis aplicado a aguas residuales provenientes de descargas al servicio de alcantarillado por parte de una institución universitaria “Universidad Técnica Federico Santa María sede José Miguel Carrera.

CAPÍTULO 1: EL AGUA COMO RECURSO

1. EL AGUA COMO RECURSO

(Ecología.del.agua, 2014)

El agua es apreciada por la extraordinaria belleza de las múltiples formas en que se presenta en la naturaleza, y también por su función esencial en todos los procesos biológicos, tanto en los organismos vivientes más simples, como las bacterias, hasta en los ecosistema más complejos y diversos, como una selva tropical o una ciudad industrial.

El agua es fundamental para el desarrollo de la biodiversidad en el planeta tierra es por ello su importancia y su gran valor, sin embargo, hoy no es valorada como correspondería ya nosotros mismos no la valoramos.

1.1. EL AGUA Y SUS CARACTERÍSTICA FÍSICO-QUÍMICA

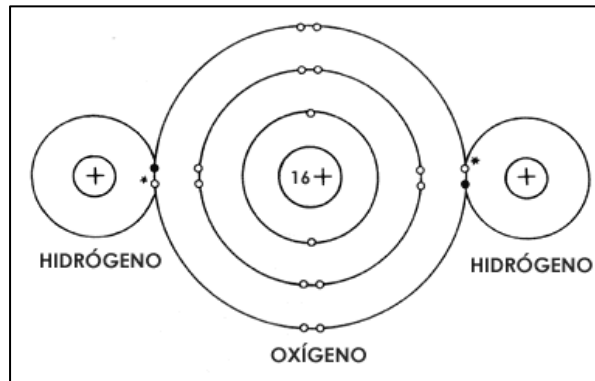
El agua es una molécula que está formada por la unión de dos enlaces covalentes conformado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, se caracteriza por ser una molécula estable y su fórmula molecular es H_2O . El agua tiene propiedades físicas y químicas muy especiales, no hay otro compuesto que se comporte como él. “Es el único compuesto que se encuentra en estado natural en tres estados físicos: líquido, gaseosos y sólido”. (Ecología.del.agua, 2014)

La molécula de agua es polar ya que el oxígeno tiene carga negativa y los hidrógenos cuentan con su carga positiva, es por esto que las moléculas son atraídas entre si también conocidos como puentes de hidrógenos. Cada molécula agua puede formar puentes de hidrógeno con cuatro moléculas más y cada una a su vez con otras cuatro, por ello el agua se define como una red tridimensional de tetraedros.

Los puentes de hidrógeno son de suma importancia para los seres vivos no obstante estos son muy débiles y hacen que estas moléculas se suelten y vuelvan a unirse muy fácilmente. Las moléculas de agua en condiciones normales de presión y temperatura (CNPT) se encuentran en estado líquido, sin embargo, cuando su

temperatura es igual o menor a cero grados Celsius en CNPT está se encuentra en estado sólido conocido como hielo, y en su estado gaseoso lo llamamos vapor ocurrido cuando su temperatura sobrepasa los cien grados Celsius a CNPT.

A continuación, imagen de cómo está conformada una molécula de agua (H_2O).



Fuente: Elaboración propia basada en Química de los Alimentos Salvador Badui 2006.

Figura 1-1 Molécula de agua.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE UNA MOLÉCULA DE AGUA

Al aumentar la temperatura las moléculas de agua moléculas pasan a su estado gaseoso, se encuentran separadas y muy dispersas por la ruptura de enlaces ya que a mayor temperatura mayor excitación de moléculas.

Por otra parte, el agua en estado líquido logra unirse a ciertas moléculas en donde no logran tener forma propia y por ello adoptan la forma del recipiente o conducto que la contenga.

Por último, las moléculas de agua que se encuentran en estado sólido se desarrollan gracias a que las moléculas se agrupan en forma de tetraedro, en el centro se encuentra el átomo de oxígeno y sus vértices están conformados por ambos átomos de hidrógeno los cuales forman fuertes puentes de hidrogeno, dándole así la propiedad de tener forma propia debido a lo unidas que estás se encuentran. A continuación, se

muestras una tabla la cual nos explica los grados de temperatura que debe tener el agua para encontrarse en sus tres estados de la materia:

Tabla 1-1 Estado de la materia según temperatura.

Estado del agua	Temperatura
Gaseoso	Sobre 100° Celsius.
Líquido	Entre 0° - 100° Celsius
Sólido	Bajo 0° Celsius

Fuente: Elaboración propia basada en Química de los Alimentos Salvador Badui 2006.

1.3. CICLO DEL AGUA

El ciclo del agua es el proceso en donde el agua presente se transforma pasando por todos los estados de la materia (líquido, gaseoso, y sólido) en la imagen N° 1-2 se explica.

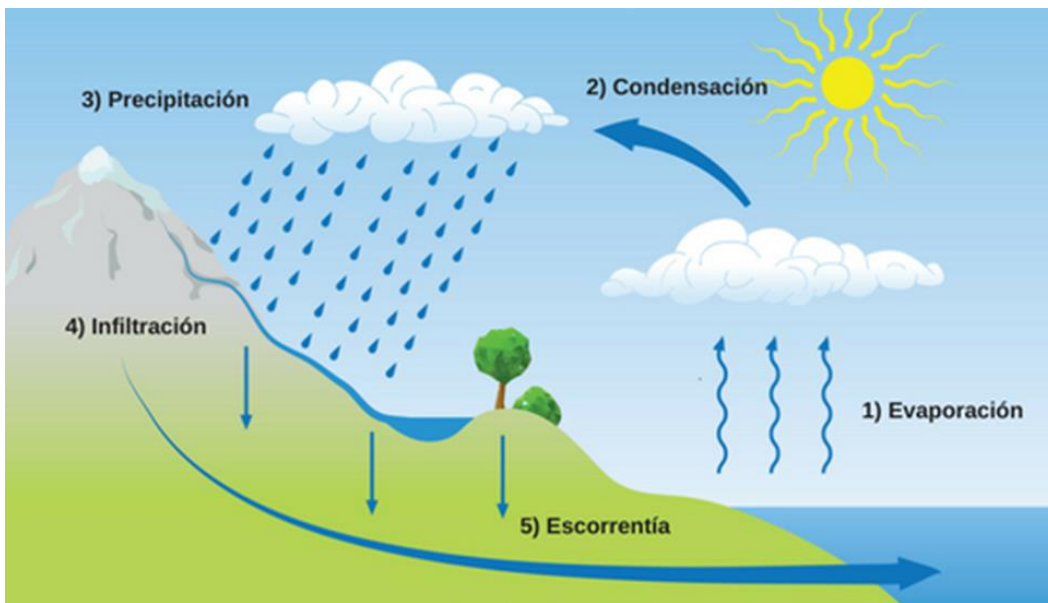
En la naturaleza, el agua circula entre los océanos, la atmosfera, la superficie terrestre y los organismos terrestres impulsados por la energía del sol (ciclo del agua)

Los grandes cuerpos de agua conformada por los océanos día a día desarrollan procesos los cuales generan que los cursos de aguas circulen en un sistema integrado dentro del planeta tierra.

El agua circula entre la atmósfera, la superficie terrestre, los océanos y los organismos terrestres, impulsada por la energía del sol, esto se conoce como el Ciclo del Agua. La superficie del océano y la superficie terrestre se calientan al recibir el calor del sol cada día, evaporando el agua y haciendo que ésta se integre a la atmósfera. Las plantas y animales también aportan humedad al aire; al perder agua por evaporación y por transpiración, todo esto aumenta la humedad relativa en el aire, formando nubes. Al enfriarse las nubes, el agua se junta en gotas más gruesas y precipita en forma de niebla, lluvia, nieve o granizo (Ciclo.del.agua, 2014) “Cerca del 85% del total de las

precipitaciones cae en el mar. El resto cae como lluvia o nieve sobre la superficie terrestre”. El agua que corre por la superficie forma los ríos y lagos, de estos nacen nuevos ríos que llevan de vuelta el agua a los océanos. También el agua se infiltra en el suelo y entre las rocas, llenando los acuíferos que fluyen como agua subterránea que del mismo modo llega al mar, reincorporándose al ciclo del agua. Sin embargo, las precipitaciones no se desarrollan de forma homogénea, hay regiones en donde hay abundantes precipitaciones dando lugar así a bosques húmedos mientras que en otras regiones no llueve y solo existe el desierto. (Ciclo.del.agua, 2014) “Las diferencias en la cantidad de precipitaciones entre distintas áreas geográficas dependen del calentamiento diferencial de la atmósfera terrestre y de la circulación general de los vientos, es decir del clima.

A continuación, un diagrama del ciclo del agua.



Fuente: Significados.com

Diagrama 1-1 Ciclo del agua

La especie humana logro obtener agua limpia para su consumo con el fin de consumirla sin conllevar enfermedades o daños a salud de las personas a través de ciertos procesos físico-químico-microbiológico, es por ello que hoy existen diversos parámetros que no indican la calidad de cierto cuerpo de agua.

1.4. PARÁMETROS QUE MIDEN LA CALIDAD DE LAS AGUAS

- La calidad del agua está definida por ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos.

Tabla 1-2 Parámetros que miden la calidad del agua

PARAMETROS			
Físico- Químicos:	Químicos:	Microbiológicos:	Metales:
-Temperatura	-Ph	-Coliformes totales	-Hierro
-Color y olor	-Dureza	-Coliformes fecales	-Zinc
-Turbidez	-Alcalinidad	-Streptococos fecales	-Plomo
-Densidad	-Carbonatos y bicarbonatos	-Clostridium	-Cobalto
-Conductividad	-Oxígeno disuelto		-Cadmio
-Sólidos totales	-Demanda química de oxígeno		-Níquel
-Sólidos disueltos	-Demanda bioquímica de oxígeno		-Plata
-Sólidos en suspensión	-Carbono orgánico total		
-Sólidos filtrables			

Fuente: Elaboración propia basada en Tratamiento de aguas residuales, R.S. Ramalho.

1.4.1. Parámetros físicos

Estas propiedades son adquiridas en su mayor parte, según sea el contenido total de sólidos en sus diferentes variantes de materiales flotantes, sustancias coloidales y productos disueltos.

1.4.1.1 Temperatura:

La temperatura de los efluentes urbanos no plantea graves problemáticas ya que esta oscila entre los 10° y 20° Celsius, facilitando el desarrollo de la flora y fauna, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente, tanto en verano como en invierno. Afecta la solubilidad de los gases disueltos en el agua.

1.4.1.2 Color:

El color de los efluentes produce ciertos efectos. Comúnmente el color de las aguas residuales indicará a simple vista si estas están contaminadas, este color puede variar de un gris tenue a un gris oscuro y se irá oscureciendo cada vez más dependiendo del tiempo que se tarden antes de darle un adecuado tratamiento. La presencia de color indica la existencia de sustancias extrañas, parte puede deberse a materia en suspensión y parte a la presencia de sustancias disueltas.

1.4.1.3 Olor:

El olor está causado por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica presente la cual contenía ácido sulfhídrico, indol, escatoles, mercaptanos y otras sustancias volátiles.

1.4.1.4 Turbidez:

Parámetro usado habitualmente en aguas naturales como indicador de la presencia de sólidos, especialmente coloidales. Proviene de la erosión y transporte de materia coloidal

1.4.1.5 Conductividad:

La conductividad del agua se refiere a la capacidad que tiene esta para transmitir calor, electricidad o sonido, por las características del agua se considera mal conductora.

La conductividad eléctrica que posea dependerá de la cantidad de electrones libres que estén dispuestos a ser excitados. La conductividad del agua está relacionada directamente con la cantidad de sales disueltas, por lo cual el agua destilada tiene baja cantidad.

1.4.1.6 Densidad:

La densidad es la unidad de medida para determinar cuántos gramos existen en una determinada cantidad de volumen, su unidad de medida es gramos por litro de solución. Las soluciones con densidades más pequeñas pesan menos que las partículas con mayor densidad.

1.4.1.7 Sólidos:

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba a la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Es decir, los sólidos incluyen toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos.

1.4.1.8 Sólidos totales:

Estos nos permiten calcular la cantidad de sólidos presentes en la muestra ya sea que se encuentren en suspensión o disueltos. Luego de someter la muestra a procesos de evaporación, obtendremos los sólidos totales presentes en la muestra.

1.4.1.9 Sólidos suspendidos totales:

Estos sólidos están conformados por partículas que se caracterizan por un diámetro de mayor tamaño que otras partículas presentes, tienen un diámetro que no les permite pasar a través del filtro millipore, por lo cual son llamados sólidos no filtrables. Estos sólidos son indeseables en tuberías ya que podrían causar depósitos en éstas.

1.4.1.10 Sólidos disueltos (filtrables):

Estos sólidos están compuestos por minerales, sales, iones y aniones que lograron pasar a través del proceso de filtración anteriormente mencionado. Podremos obtener este valor restando los sólidos suspendidos no filtrables de los sólidos totales.

1.4.1.11 Sólidos suspendidos (no filtrables):

Estos sólidos están conformados por partículas de menos diámetro los cuales luego de ser filtrados por el filtro millipore no logran pasar a través de éste. No están disueltos.

1.4.1.12 Sólidos sedimentables:

Se definen como todos aquellos sólidos que no permanecen en suspensión luego de un periodo de sedimentación. La cantidad de sólidos sedimentables logran estimar la cantidad de fango que se formará dentro de los tanques de decantación para tratamientos de agua.

1.4.1.13 Sólidos no sedimentables:

Causante de la turbidez. Toda aquella sustancia que logre quedar en suspensión tras un cierto periodo de tiempo de sedimentación.

1.4.1.14 Sólidos volátiles y fijos:

La determinación de éstos permite determinar un promedio del material orgánico presente en la muestra, ya que los sólidos volátiles están compuestos por materia orgánica la cual a una temperatura de 560°C logra volatilizarse y los restantes comprenden a los sólidos fijos.

1.4.2. Parámetro químico

El agua está definida como el solvente universal y los parámetro químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que puedo destacar alcalinidad, dureza, pH entre otros.

1.4.2.1 pH:

El pH se define como menos el logaritmo de la concentración molar de hidrogeniones (H+) en solución. El pH se mide en un rango de 0 a 14 en donde 0 es muy ácido, 14 muy alcalino y 7 viene siendo un medio neutro. La medición de pH es uno de los análisis más utilizados para medir la acidez o basicidad de un cuerpo de agua. El agua pura tiene un pH 7, y en Chile la normativa NCh 409 (Norma chilena que establece la calidad que debe cumplir el agua) establece que el valor aceptado para consumo humano es entre 6,0 y 8,5.

1.4.2.2 Dureza:

Se considera que la dureza es causada por iones metálicos divalentes capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. La dureza se expresa en mg/L de carbonato de calcio (CaCO₃) y afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales. En términos de dureza las aguas se pueden clasificar así:

Tabla 1-3 Rango de dureza según concentración de CaCO₃.

Rango de dureza	Concentración
Muy blanda	0 - 70 ppm CaCO ₃
Blanda	70 - 150 ppm CaCO ₃
Ligeramente dura	150 - 250 ppm CaCO ₃

Fuente: Elaboración propia basada en Aguas residuales urbanas, Mariano Seoáñez Calvo.

Tabla 1-4 Rango de dureza según concentración de CaCO₃. (Continuación)

Rango de dureza	Concentración
Moderadamente dura	250 - 320 ppm CaCO ₃
Dura	320 - 420 ppm CaCO ₃
Muy dura	Superior a 420 ppm CaCO ₃

Fuente: Elaboración propia basada en Aguas residuales urbanas, Mariano Seoáñez Calvo

1.4.2.3 Alcalinidad:

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa

La alcalinidad se expresa en términos de mg/L CaCO₃

1.4.2.4 Oxígeno Disuelto (OD):

El oxígeno disuelto es uno de los componentes más importantes de las aguas naturales, la vida acuática requiere de oxígeno para desarrollarse.

El análisis de oxígeno disuelto mide la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto (O₂) en una solución acuosa. El oxígeno se introduce en el agua mediante difusión desde el aire que rodea la mezcla, por aeración (movimiento rápido) y como un producto de desecho de la fotosíntesis. Cuando se realiza la prueba de oxígeno disuelto, solo se utilizan muestras tomadas recientemente y se analizan inmediatamente. Por lo tanto, debe ser preferentemente una prueba de campo.

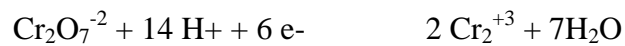
1.4.2.5 Demanda Química de Oxígeno (DQO):

Este es un parámetro químico que se utiliza para medir en el nivel de contaminación de nuestra muestra y con ella poder diseñar los estanques depuradores.

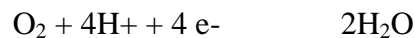
La Demanda Química de Oxígeno mide la fracción de materia orgánica presente en el cuerpo de agua que es susceptible de ser oxidada químicamente al utilizar un agente oxidante fuerte, dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$, se expresa en mg de oxígeno diatómico por litro (ppm O_2).

A continuación, se desarrollan las semirreacciones ocurridas en el proceso.

Semirreacción para dicromato:



Semirreacción para el oxígeno:



Por consiguiente, podemos decir que cada molécula de dicromato consume $6e^-$ al reducirse en cambio la molécula de agua consume solo $4e^-$, por lo tanto, se dice que por cada mol de dicromato consumido se consume 1.5 mol de moléculas de agua.

1.4.2.6 Demanda biológica de oxígeno (DBO₅):

La Demanda Bioquímica de Oxígeno se utiliza para medir la cantidad de oxígeno necesaria para que todo conjunto de microorganismos presente logre degradar la materia orgánica del agua a través de procesos aerobios de oxidación.

Este análisis es uno de los ensayos más importantes dentro de la caracterización de aguas residuales, nos permitirá determinar la contaminación orgánica presente la muestra de agua. Es una manera de estimar la cantidad de oxígeno para estabilizar el carbono orgánico que se encuentra presente

Proceso en donde se determina la reducción oxígeno en un periodo de cinco días consumido por los microorganismos presentes.

1.4.3. Parámetros microbiológicos

Estos parámetros son indicativos de contaminación orgánica y biológica proveniente de hechos naturales o realizador por nuestras actividades humanas.

1.4.3.1 Escherichia Coli

Este tipo de bacterias son la que logran desarrollarse de forma natural en los intestinos de los humanos como también en algunos animales a una temperatura de 37°C. Si bien, no todos generan enfermedades existen otros que podrían llegar a generar diarrea, en casos más graves estas bacterias producen diarrea hemorrágica pudiendo concluir con la vida de la persona que la posea.

1.4.3.2 Concentración de metales

Metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn).

Metales tóxicos son aquellos cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Los términos metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos, pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos.

Algunos metales son indispensables en bajas concentraciones, ya que forman parte de sistemas enzimáticos, como el cobalto, zinc, molibdeno, o como el hierro que forma parte de la hemoglobina. Su ausencia causa enfermedades, su exceso intoxicaciones.

El desarrollo tecnológico, el consumo masivo e indiscriminado y la producción de desechos principalmente urbanos ha provocado la presencia de muchos metales en cantidades importantes en el ambiente, provocando numerosos efectos sobre la salud y el equilibrio de los ecosistemas. Se incorporan con los alimentos o como partículas que se respiran y se van acumulando en el organismo, hasta llegar a límites de toxicidad. Si la incorporación es lenta se producen intoxicaciones crónicas, que dañan los tejidos u órganos en los que se acumulan.

Durante muchos años se usaba el óxido de plomo como pigmento blanco en las pinturas (hoy reemplazado por óxido de titanio) y en muchos países se sigue usando el tetraetil plomo como aditivo de las naftas. Durante la combustión de éstas, las partículas del metal pasan al aire y quedan en el polvo de los caminos. Se usa en soldaduras y como cobertura maleable de algunas pilas, y como elementos en las baterías de los autos.

El mercurio se usa puro o en forma de amalgamas. Su uso en la medicina dental y en algunas pilas es frecuente. El cadmio se usa en diversas aleaciones y también en pilas.

A través de los parámetros anteriormente mencionados es que podemos darles una clasificación a los cuerpos de agua, a continuación, se detallan.

1.5. CLASIFICACIÓN DEL AGUA:

El agua se puede clasificar de distintas formas de acuerdo con las características de la misma que se destaquen.

1.5.1. Tipos de agua según sus propiedades

- Agua dura: Caracterizadas por una baja capacidad de generar espuma a través de jaboncillos, esto producto de la presencia de iones positivos (bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio).
- Agua blanda: Estas son el opuesto a las aguas duras, caracterizadas por tener una composición baja en sales.
- Agua destilada: Agua con bajo contenido mineral, solamente contiene impurezas arrastradas durante el proceso de destilación.
- Agua potable: Tipo de agua que cumple con la normativa aplicable en conformidad con el requerimiento físico-químico-biológico.
- Agua alcalina: Su característica es tener un pH básico (alcalino), siendo este $\text{pH} > 7$.
- Agua ácida: Se consideran aguas ácidas a aquellas en donde su $\text{pH} < 7$.

- Aguas grises: Aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros, excluyendo las aguas negras.
- Aguas negras: Aguas residuales que contienen excretas. Estas excretas son todos aquellos desechos generados por el organismo humano, la cual tiene una alta carga orgánica.
- Aguas servidas domesticas: Aguas residuales que contienen los desechos de una edificación, compuestas por aguas grises y aguas negras.
- Agua residual: Este tipo de aguas está compuesta por descargas líquidas provenientes de hogares o industrias que le incorporaron un valor negativo a la calidad del cuerpo de agua.

1.6. AGUA RESIDUAL

Está ultima es a la cual nos enfocaremos ya que es ella la cual quiero con posterioridad reutilizar dándole un nuevo valor económico. Las aguas residuales están constituidas por todos los efluentes líquidos generados por actividades naturales e industriales las cuales son vertidas a la alcantarilla en donde la empresa responsable de ello es la encargada de dar el tratamiento correspondiente, para luego ser reintegrado a cursos de agua en donde no afecte de ninguna manera el medio ambiente.

Estas aguas contienen diversos tipos de contaminantes, puesto que están formadas por diferentes compuestos que se generan como resultado de usos urbanos y domésticos, duchas, lavadoras, lavaplatos, lavamos entre otros. Estas aguas además de residuos urbanos domésticos contienen residuos pluviales debido al arrastre y residuos líquidos de pequeñas industrias.

Grandes cantidades de aguas residuales son generadas día a día de las cuales son incorporadas directamente al sistema de alcantarillado, pero que pasaría si logramos dar un segundo uso a esta agua, disminuiríamos el consumo de agua potable como también disminución en las descargas de aguas residuales hacia el alcantarillado.

1.6.1. Procedencia de las aguas residuales

A continuación, se detallan las más relevantes a esta investigación.

Aguas provenientes de la institución universitaria: Aguas provenientes de las actividades cotidianas de los estudiantes de la universidad, como lo son: baños, duchas, talleres y el comedor. Se espera encontrar una alta demanda biológica de oxígeno (DBO₅), además de sólidos totales en solución.

Agua proveniente del casino universitario: Estas aguas contienen restos de comida provenientes de los procesos de preparación de alimentos como así también del proceso de limpieza del mismo casino. Se espera encontrar una elevada demanda biológica de oxígeno (DBO₅) debido a restos de materia orgánica y detergentes.

Aguas provenientes del laboratorio químico universitario: Las aguas provenientes de este laboratorio contienen diferentes efluentes de los diversos análisis realizados día a día en ellos, sin embargo, podemos comprender que las concentraciones de ciertos contaminantes no estén en gran cantidad como, por ejemplo: concentración de metales, en donde si bien se espera obtener presencia de ellos no se esperan en gran volumen.

Aguas provenientes del taller mecánico: Todos estos efluentes son originados desde las actividades realizadas por los estudiantes en el taller dentro de sus horarios de clases. Aquí esperamos obtener presencia de metales en bajas concentraciones, grandes cantidades de sólidos y grasas.

CAPÍTULO 2: REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS

2. REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS

En la actualidad, reciclar el agua de ciertos procesos se ha transformado en una herramienta atractiva para algunas industrias. Su aplicación, además de disminuir el impacto sobre el medioambiente, es vital para zonas con déficit o escasez hídrica

2.1. CLASIFICACIÓN DE RESIDUO

En la búsqueda del desarrollo sostenible, se hace cada vez más necesario valorizar las enormes cantidades de residuos que genera la actividad humana. La reutilización está definida como todo proceso en donde a un elemento que fue considerado como desecho se le da valor y vuelve a ser utilizado en cualquier otro proceso que no se el cual le dio origen.

La reutilización es una opción muy viable desde el punto de vista ambiental y presenta varios beneficios, algunos de los cuales son: Momento preciso para desarrollar procesos más eficaces promoviendo la prevención, se aprovechan al máximo los recursos y abarata los costos.

2.1.1. ¿Qué es un residuo?

Se define como “residuo todo material no deseado, originado por la actividad humana, en cualquier estado físico (sólido, líquido, gaseoso y sus respectivas mezclas) que puede ser liberado en cualquier medio receptor (atmósfera, agua, suelo)” (Profesorado del Departamento de Química Orgánica y bioorgánica de la UNED, 2008) En la tabla número 2-1 se detallan los nombre que lleva casa residuo según su estado físico.

Día a día se generan toneladas de desechos las cuales son depositadas en los puntos receptores en donde pierden su valor, a estos se les llaman residuos, además de perder su valor generan grandes amenazas al medio ambiente. Los países desarrollados

suelen generar toneladas de residuos las cuales en países en vías de desarrollo logran ser valorizados, mediante diversos procesos del reciclaje.

Nuestros antepasados generaban basura pero a diferencia nuestra estos eran productos orgánicos y por ende amigable y adaptable por el medio ambiente, posteriormente con la llegada de la revolución industrial logramos aumentar la generación de residuos y en su gran mayoría residuos inorgánicos los cuales por sus características logran durar en su estado por años.

Por el lado de los residuos líquidos destacan las grandes cantidades de aguas contaminadas vertidas a fuentes receptoras, produciendo contaminación de este medio y sus alrededores. Hoy en día los cuerpos de agua que sean depositados a fuentes receptoras deben cumplir con la normativa vigente la cual está diseñada para no interferir en la vida del ecosistema al cual fue incorporado.

Tabla 2-1 Nombre del residuo según su estado

Nombre del residuo	Estado físico
Sólidos	Sólido
Efluentes	Líquido
Emisiones	Gas

Fuente: Elaboración propia basada en Reciclado y tratamiento de residuos, María Pilar Cabildo Miranda y otros.

2.2. 2.2 ESCASEZ HÍDRICA

En la actualidad y a futuro se estima un aumento creciente de la presión sobre las aguas dulces (sobre explotación, crecimiento de la población, contaminación, cambio climático, otros) con daños irreparables a nuestros ecosistemas acuáticos. Algunos datos al respecto muestran que más del 80 % de las aguas residuales del mundo se descargan en ríos, arroyos y océanos sin ningún tratamiento, más del 60% de los servicios ecosistémicos prestados por las aguas dulces se están degradando o se usan de manera insostenible, y se estima que se retiran aproximadamente 4.000 km³ de agua en todo el mundo cada año, que es el triple de lo que se retiró hace 50 años, los cuales continúan

aumentando a una tasa de aproximadamente 1,6 % anual. Se predice que la demanda mundial de agua aumentará en un 55 % entre 2000 y 2050 (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile 27 marzo del 2018).

2.2.1. Responsables de la sequía

(Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2018)

Las causas identificadas más comunes de sequía corresponden a los patrones de precipitaciones irregulares, generalmente percibidas como sequías meteorológicas, y la disminución de los recursos naturales disponibles (masas de agua), percibidas en general como sequías hidrológicas. Otras causas (no relacionadas con la meteorología) son: la sobreasignación de agua en el pasado y actualmente, nuevas demandas de agua de la agricultura y el turismo, entre otros sectores productivos, y tecnologías pocos eficientes en la utilización del recurso. En general los planes hidrológicos de cuencas no son consistentes con prácticas de planificación sólidas.

2.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIVERSIDAD FEDERICO SANTA MARÍA

Hoy la universidad es una gran consumidora de agua potables para poder desarrollar la vida universitaria en ella, con ello a continuación damos a conocer sus características.

2.3.1. Característica de universidad

La Universidad Técnica Federico Santa María sede Viña del Mar José Miguel Carrera (USM-JMC) fue fundada el año 1971, se ubica en la Avenida Federico Santa María N°6090 (límite entre la comuna de Viña del Mar y Quilpué) en la imagen N° se muestra, cuenta con un total de 20 carreras las cuales se encuentran organizadas y distribuidas en 18 edificios, ésta ha ido creciendo con los años conformándose hoy por diversos departamentos de los cuales podemos destacar casino, gimnasio, oficinas,

biblioteca, laboratorios químicos, talleres de construcción, minería, mecánica entre otros, en los cuales se desempeñan las diversas labores docentes.



Fuente: Google Maps.

Figura 2-1 Ubicación de la universidad

Siendo esta universidad constituida por alumnos y funcionarios los cuales consumen alrededor de $4.400(m^3)$ de agua potable al mes, con un costo económico de \$4.000.000 aprox., de los cuales en las temporadas de verano aumentan al doble. A través de esta información evidenciamos la alta demanda hídrica que existe por parte de la universidad.

La universidad cuenta con un estanque en donde recepciona y almacena el agua (potable) para regar las áreas verdes de la USM-JMC. Este estanque tiene un volumen de 2.000 litros, sin embargo, nunca está lleno y tampoco vacío. Solo en la época de verano se alcanzan a consumir alrededor de 4.000 litros de agua potable en el regadío de las áreas verdes de la institución. El diseño se explica a continuación.



Fuente: Encargado de riego en la universidad Giovanni Albailly.

Diagrama 2-1 Diseño almacenamiento del agua para riego.

En el momento en que el agua entra al estanque de almacenamiento se pierden sus propiedades de agua potable ya que este no cumple con el diseño óptimo para no producir contaminación.

La empresa responsable de abastecer a la comunidad universitaria de agua potable y asimismo se encarga del servicio de tratamiento de aguas servidas es ESVAL cumpliendo con la normativa vigente.

2.4. MARCO LEGAL

Existe normativa aplicada la cual define conceptos y parámetro de calidad del agua potable para poder desarrollar análisis y dar caracterización a las aguas. A continuación se menciona la normativa aplicada.

2.4.1. Ley N° 21.075 “Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises”

La reutilización de aguas esta está definida por la Ley 21.075 la cual será definida a continuación.

a) A destacar de la Ley 21.075

Art 3.- Los sistemas de reutilización de aguas grises deberán contar con una autorización sanitaria regional correspondiente a la región.

Art 7.-Las aguas grises deberán conducirse independientemente de las aguas negras, para su posterior tratamiento y reutilización. Las aguas grises podrán ser tratadas y reutilizadas dentro de la vivienda, establecimiento o inmueble del aportante o, alternativamente, ser descargadas a la red de recolección de un sistema domiciliario colectivo o de un sistema de interés público. El sistema de reutilización de aguas grises debe mantener operativa una conexión a un servicio público de recolección de aguas servidas o un sistema particular de aguas servidas para permitir su evacuación en caso de falla, emergencia u otra situación en que no se requiera para su reutilización.

Art 9.-Se prohíbe la reutilización de aguas grises tratadas para los siguientes usos:

- Consumo humano y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas que crecen a ras de suelo y suelen ser consumidas crudas por las personas, o que sirvan de alimento a animales que pueden transmitir afecciones a la salud humana.
- Procesos productivos de la industria alimenticia.
- Uso en establecimientos de salud en general.
- Cultivo acuícola de moluscos filtradores.
- Uso en piletas, piscinas y balnearios.
- Uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- Uso en fuentes o piletas ornamentales en que exista riesgo de contacto del agua con las personas.
- Cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere riesgoso para la salud.

Art 8.-Este reglamento también establece los usos que se le pueden dar a estas aguas reutilizadas a continuación tabla que indica sus diferentes usos.

Tabla 2-2 Usos que se le pueden dar a las aguas grises reutilizadas.

Uso del agua	
Urbanos	En esta categoría se incluyen el riego de jardines o descarga de aparatos sanitarios.
Recreativos	Esta categoría incluye el riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.
Ornamentales	En esta categoría se incluyen las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
Industriales	Incluye el uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.
Ambientales	Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental.

Fuente: Ley N° 21.075.

2.4.2. Norma Chilena N° 1.333 “Requisitos de calidad de agua para diferentes usos”

La Norma Chilena N°1.333 “fija un criterio de calidad de agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a los aspectos físicos, químicos y biológicos según el uso determinado.

Estos criterios tienen por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo u origen”.

Esta norma define los requisitos de calidad del agua para los siguientes usos:

- A. Agua para consumo humano.
- B. Agua para bebida de animales.
- C. Riego.
- D. Recreación y estética.
 - Estética
 - Recreación con contacto directo
 - Recreación sin contacto directo
- E. Vida acuática.

A continuación se detallan los parámetros que deben cumplir estas según su uso:

a) **Requisitos del agua para consumo humano:**

El agua que este dirigida al consumo humano debe cumplir con la Norma Chilena N°409 la cual define los requisitos que debe cumplir el agua potable.

2.4.3. Norma Chilena N°409.

Establece los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable. Se aplica al agua potable proveniente de cualquier sistema de abastecimiento.

A continuación se detallan los requisitos de la norma

2.4.3.1 Requisitos físicos (NCh N° 409).

Tabla 2-3 Requisitos físicos del agua para consumo humano.

Requisito	Unidad	Límite máximo
Turbiedad	Unidades nefelométricas (formazina)	5
Color verdadero	Unidades de escala platino-cobalto	20
Olor	-	Inodora
Sabor	-	Inodora

Fuente: NCh N° 409.

2.4.3.2 Requisitos químicos (NCh N° 409).

El agua potable no debe contener elemento o sustancias químicas en concentraciones totales mayores que las indicadas en la tabla:

Tabla 2-4 Requisitos químicos del agua para consumo humano.

Sustancia	Límite máximo	Sustancia	Límite máximo
Amoniaco	0,25	Hierro	0,3
Arsénico	0,05	Magnesio	125
Cadmio	0,01	Mercurio	0,10
Cianuro	0,20	Nitratos	0,001
Cloruros	250	Nitritos	10
Cobre	1,0	Plomo	0,05
Compuestos fenoles	0,002	Residuos sólidos filtrables	1000
Cromo hexavalente	0,05	Selenio	0,01
Detergentes	0,50	Sulfatos	250
Flúor	1,5	Zinc	5,0

Fuente: NCh N° 409

El agua potable no debe presentar concentraciones de sustancias radioactivas

- b) Requisitos del agua para bebidas de animales.
(No se detallan)
- c) Requisitos del agua para recreación y estética.
(No se detallan)
- d) Requisitos del agua para vida acuática.
(No se detallan)
- e) Requisitos del agua para regadío:

2.4.3.3 Requisitos Físicos (NCh N°1.333).

Conductividad específica y solidos disueltos.

Tabla 2-5 Parámetros establecidos de Conductividad y SD.

Clasificación	Conductividad específica c. μ mhos/cm a 25°C	Solidos disueltos totales, s. mg/l a 105°C
Agua con la cual generalmente no se observan efectos perjudiciales	$c \leq 750$	$s \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < c \leq 1500$	$500 < s \leq 1000$
Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadoso	$1500 < c \leq 3000$	$1000 < s \leq 2000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con método de manejo cuidadoso	$300 < c \leq 7500$	$2000 < s \leq 5000$

Fuente: NCh N° 1.333.

2.4.3.4 Requisitos químicos (NCh N°1.333).

pH: El pH del cuerpo de agua debe estar comprendido entre 5,5 – 9,0.

Elementos químicos:

Tabla 2-6 Concentraciones máximas de elementos químicos.

Elemento	Unidad	Limite máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (citricos) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Niquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato (So ₄ =)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

Fuente: NCh N°1.333.

Pesticidas (Herbicidas e insecticidas): La autoridad competente establecerá en cada caso específico.

2.4.3.5 Requisitos bacteriológicos (NCh N°1.333).

El contenido de coliformes fecales en agua de riego destinada al cultivo de frutas y verduras que se desarrollan a ras de suelo y que habitualmente se consumen en estado crudo, debe ser igual o menos a 1000 coliformes fecales por cada 100ml.

2.5. OPCIÓN DE REUTILIZACIÓN

Tras interiorizar en la normativa aplicada a calidad de las aguas para diferentes usos y reutilización de esta misma es que se define lo siguiente.

2.5.1. Reutilización de aguas grises

Según los requerimientos de calidad que deben cumplir las aguas según su uso, se estimó que la mejor opción para reutilizar las aguas grises de la universidad post tratamiento químico, físico y biológico, es para el uso en el regadío de las áreas verdes de esta misma. Un punto importante a considerar es que la normativa nos hace elegir la reutilización de agua para regadío por el hecho de que sus parámetros de calidad son menores, de las cuales se esperan poder cumplir.

Por el gran consumo de agua por parte de la universidad solo para regadío es que nace la idea de una posible reutilización de aguas residuales provenientes de esta misma institución.

El modelo de tratamiento deberá considerar aguas que no contengan excretas, puesto que en el art N°7 de la ley N° 21.075 dice que la reutilización de aguas solo deberá contar con conductos que solo lleven aguas grises dejando de la lado así el conducto de descarga de aguas negras.

2.5.2. Usos que se le pueden dar a las aguas grises reutilizadas

- a. Usos Urbanos: Se podría crear un conducto en donde los estanques de los baños sean abastecidos por aguas grises tratadas.
- b. Recreativos: En este contexto podemos incluir el regadío con aguas grises reutilizadas de la cancha de futbol de la universidad como también las jardines de libre acceso que la universidad posee.

CAPÍTULO 3: PARTE EXPERIMENTAL.

3. PARTE EXPERIMENTAL

Esta se desarrolla a partir de una investigación la cual lleva consigo experimentos basados en métodos científicos todos ellos realizados en laboratorios de la misma universidad.

3.1. DESARROLLO MUESTREO

Se consideró tomar muestras en 4 puntos estratégicos dentro de la universidad los cuales fueron: el Casino, Departamento de química, medio ambiente y alimentos, Departamento de mecánica industrial y por último en la conexión final en donde están unidos todos los flujos generados dentro de esta institución. Esta toma de muestra se realizó el martes 8 de mayo en el periodo de tiempo de las 14:00 horas a las 17:00 horas, se eligió este día y hora como estrategia en donde la universidad se encuentra en actividades normales de un día común y promedio.

3.2. PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS

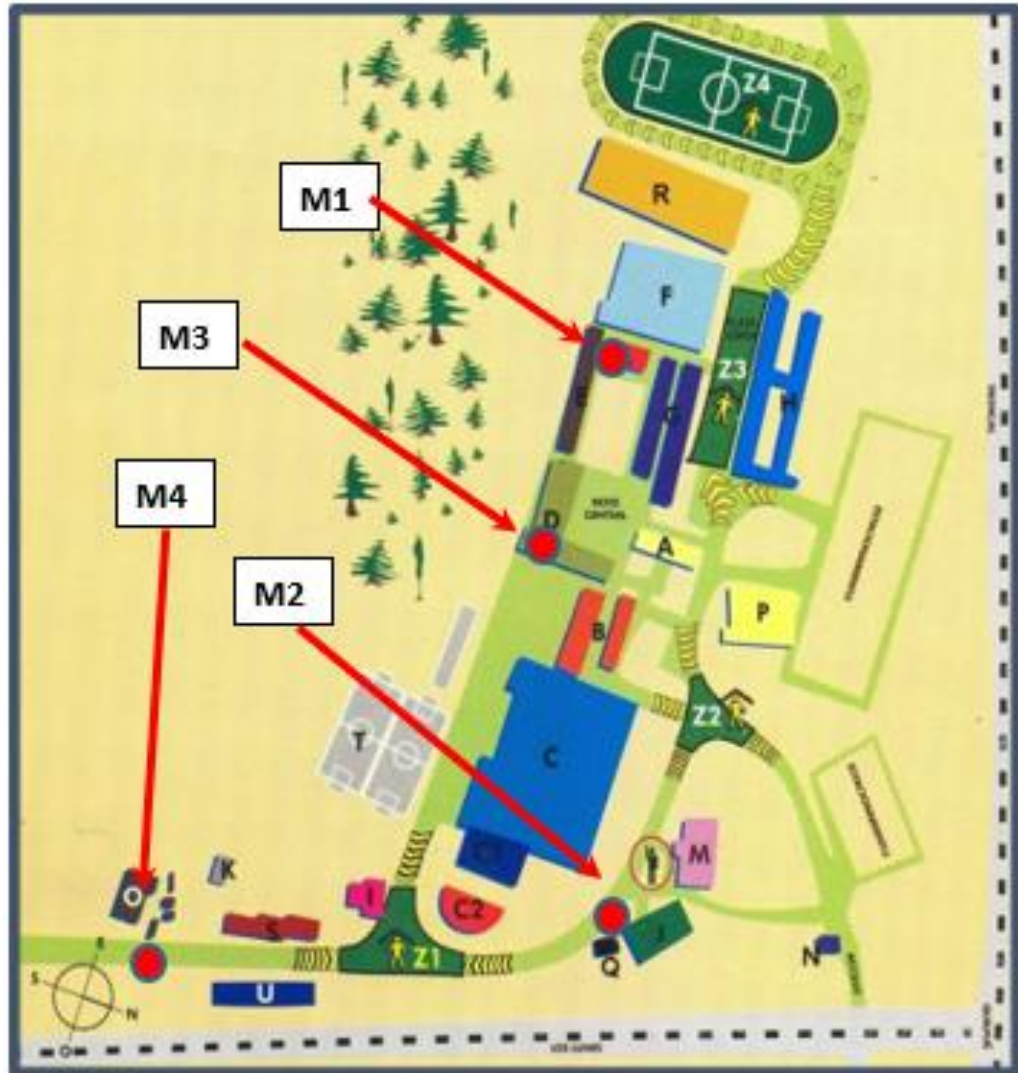
Para los siguientes análisis se tomaron 4 muestras de agua residual en distintos puntos de la universidad los cuales son: (Imagen N°3-1)

Punto 1: Departamento de química y medio ambiente. (M1, edificio E).

Punto 2: Casino de la universidad. (M2, edificio D).

Punto 3: Taller de mecánica industrial. (M3 edificio C).

Punto 4: Conducto final (mezcla de todas las aguas residuales emitidas por la universidad. (M4).



Fuente: UTFSM sede JMC.

Figura 3-1 Plano de la UTFSM sede Viña del Mar José Miguel Carrera.

3.3. TOMA Y ALMACENAMIENTO

Se tomaron muestras de agua residual desde las cámaras de alcantarillado en los cuales se captaron cinco litros de agua residual por cada punto a analizar dentro de bidones de plástico, además de 5 muestras de 250mL tomadas en botellas de vidrio anteriormente esterilizadas.

Para los análisis microbiológicos se tomaron muestras en los mismos puntos, pero dentro de botellas de vidrio de un volumen de 250mL las cuales previamente fueron esterilizadas.

A continuación, material fotográfico de las muestras tomadas.

Muestras para realizar análisis químicos y físicos.



Fuente: Fotografía tomada en terrenos de la universidad

Figura 3-2 Muestras en bidón 1, 2, 3 Y 4

Tabla 3-1 Muestras para realizar los siguientes análisis.

N° de bidón (5 Litros)	Procedencia
1	Laboratorios de química, alimento y medio ambiente.
2	Casino y comedor de la universidad.
3	Taller de mecánica industrial.
4	Conducto final (mezcla final).

Fuente: Elaboración propia basada en la toma de muestras realizadas.



Fuente: Fotografía tomada en terrenos de la universidad

Figura 3-3 Muestras en botellas de vidrio (250mL) 1, 2, 3 Y 4

Tabla 3-2 Muestras para realizar los próximos análisis microbiológicos.

N° Botella (250 ml)	Procedencia
1	Laboratorios de química, alimento y medio ambiente.
2	Casino y comedor de la universidad.
3	Taller de mecánica industrial.
4	Conducto final (mezcla final).

Fuente: Elaboración propia basada en la toma de muestras realizadas

3.4. ANÁLISIS A REALIZAR

A continuación se mencionan los parámetros y tipos de análisis que fueron elegidos para poder caracterizar las aguas residuales de la UTFSM JMC.

Análisis físicos: Sólidos totales, sólidos filtrables, sólidos no filtrables, sólidos volátiles, sólidos fijos, color, olor y conductividad.

Análisis químicos: pH, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

Análisis Microbiológicos: Coliformes totales, coliformes fecales.

Análisis de metales presentes: Cadmio, níquel, cobre, plomo.

3.4.1. Determinación Sólidos Totales

I. Fundamento teórico:

Analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como el residuo obtenido después de someter al agua a un proceso de evaporación a temperaturas comprendidas entre 103 y 105 °C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y suspendido y se expresa como mg/L.

En aguas potables, la determinación de sólidos totales es la de mayor interés, por ser muy pequeña la cantidad existente de sólidos suspendidos. En general se recomienda en aguas para suministro público un contenido de sólidos totales menor de 1000 mg/L.

En cambio, en aguas residuales la determinación de sólidos totales es ordinariamente de poco valor ya que es difícil interpretar su significado en forma real y exacta. (Laboratorio de análisis industrial i-análisis de agua-determinación de sólidos, 2016)

II. Materiales y equipos:

- Capsula de porcelana.
- Pinzas para capsula de porcelana.
- Pipeta 50mL más propipeta.
- Baño María (Memmert UL80).
- Estufa (MemertUL80).
- Balanza analítica (Equilab Sartorius ED2245).

III. Procedimiento:

- Secar en estufa una cápsula de porcelana hasta peso constante.
- Tomar un volumen de muestra, 50, bien homogeneizada y llevar a la cápsula.
- Evaporar en un baño María hasta sequedad.

- Secar la muestra evaporada en estufa por 1 hora a 103-105 °C
- Enfriar en desecador y pesar al 0,1 mg.
- Repetir el ciclo de secado y pesada hasta peso constante.
- Informar el contenido de sólidos totales presentes en la muestra, expresado como mg/L.

IV. Imágenes del procedimiento.



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio química de la UTFM JMC

Figura 3-4 Capsulas a baño María

V. Resultados pesos de las capsulas:

Tabla 3-3 Pesos de las capsulas secas.

Peso de la cápsula seca	Química	Mecánica	Casino	General
1	95,0493 (mg)	66,3811 (mg)	66,3812 (mg)	98,3029 (mg)
2	94,0392 (mg)	97,7307 (mg)	98,0128 (mg)	97,7292 (mg)
3	98,0101 (mg)	98,3035 (mg)	95,0515 (mg)	94,0398 (mg)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

VI. Resultados pesos obtenidos de cada cápsula + el residuo seco.

Tabla 3-4 Pesos de las capsulas secas + el residuo seco.

Peso de la cápsula + el residuo seco	Química	Mecánica	Casino	General
1	95,1045 (mg)	66,7150 (mg)	66,4683 (mg)	98,3594 (mg)
2	94,0932 (mg)	98,0590 (mg)	98,0861 (mg)	97,8139 (mg)
3	98,0645(mg)	98,6334 (mg)	95,1143 (mg)	94,1052 (mg)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

VII. Cálculos para determinar solidos totales

A través la siguiente formula se logran determinar los sólidos totales.

Sólidos totales (mg/L) = ((Peso del capsula + más el peso seco) - peso del crisol)

Por lo tanto: (ejemplo)

ST (Química): $95,0493 - 95,1045 = 0,0552 \text{ (gr/50ml)} = 55,2 \text{ (mg/50ml)} = 1104 \text{ (mg/L)}$.

Solidos totales: 1104 miligramos en un litro (mg/L).

3.4.2. Determinación de Sólidos volátiles y Solidos Fijos.

I. Fundamento teórico:

En aguas residuales y lodos, se acostumbra a hacer esta determinación con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. El procedimiento estándar es el de someter las cápsulas, con el residuo retenido después de completar el análisis para sólidos totales, o el filtro después de completar el análisis para sólidos suspendidos, a calcinamiento en una mufla, a una temperatura de $550 \pm 50 \text{ }^\circ\text{C}$ durante

15 a 20 minutos. La pérdida de peso se registra como mg/L de sólidos volátiles y el residuo como mg/L de sólidos fijos.

El contenido de sólidos volátiles se interpreta en términos de materia orgánica, teniendo en cuenta que a la temperatura de 550 +/- 50 °C la materia orgánica se oxida a una velocidad razonable formando CO₂ y H₂O que se volatilizan. Sin embargo, la interpretación no es exacta puesto que la pérdida de peso incluye también pérdidas debidas a volatilización o descomposición de ciertas sales minerales, como por ejemplo, sales de amonio o carbonato de magnesio no son estables. (Laboratorio de análisis industrial i-análisis de agua-determinación de sólidos, 2016)

II. Materiales y equipos:

- Capsula utilizada en el método anterior.
- Pinzas para capsula de porcelana.
- Mufla (Thermolgre thernouscientific)
- Estufa (MemertUL80).
- (Equilab Sartorius ED2245).

III. Procedimiento

- Incinerar el residuo producido por los métodos anteriores, a peso constante, en un horno de mufla a temperatura de 550 +/- 50 °C por 30 minutos.
- Enfriar la cápsula o crisol hasta que haya disminuido el calor y transferir a un desecador donde deberá permanecer aproximado. unos 20 minutos para su enfriamiento.
- Pesar.
- Repetir el procedimiento de incineración, enfriado, desecación y pesado hasta obtener peso constante.
- La pérdida de peso se registra como mg/L de sólidos volátiles y el residuo como mg/L de sólidos fijos.

IV. Imágenes del procedimiento



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio química de la UTFM JMC

Figura 3-5 Capsulas secas tras el proceso de calcinación.

V. Resultado peso de las capsulas + el residuo seco.

Tabla descrita anteriormente (Tabla N° 3.4 peso de las capsulas + el residuo seco).

VI. Resultados de la cápsula después de la calcinación.

Tabla 3-5 Pesos de las capsulas después de calcinación.

Peso de la cápsula después de calcinación	Química	Mecánica	Casino	General
1	95,0814 (mg)	66,6970 (mg)	66,4333 (mg)	98,3410 (mg)
2	94,0704 (mg)	98,0382 (mg)	98,0540 (mg)	97,7909 (mg)
3	98,0444 (mg)	98,6105 (mg)	95,0818 (mg)	94,0819 (mg)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

VII. Cálculos para determinar sólidos volátiles y fijos (SV y SF)

A través la siguiente formula se logran determinar SV.

Sólidos volátiles (mg/L) = ((Peso del capsula + más el peso seco) – (peso de la capsula después de calcinación))

Por lo tanto: (ejemplo)

SV (Química): $95,1045 - 95,1045 \text{ (mg)} = 0,0231 \text{ (mg/50ml)} = 23,1 \text{ (mg/50ml)} = 462 \text{ (mg/L)}$.

Sólidos volátiles = 462 miligramos en un litro (mg/L).

Sólidos Fijos (SF)

SF (Química) = Sólidos totales – sólidos volátiles = $1.104 \text{ (mg/L)} - 462 \text{ (mg/L)} = 642 \text{ (mg/L)}$

Sólidos fijos: 642 miligramos por litro.

3.4.3. Determinación Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Disueltos Totales (SDT).

I. Fundamento teórico.

Sólidos Suspendidos Totales (SST):

Llamados también sólidos no filtrables. Representan a los materiales que no se disuelven y que son retenidas por un filtro Millipore o por un filtro de fibra de vidrio

El método de determinación se basa en filtrar una muestra bien homogeneizada a través de un filtro de fibra de vidrio estándar y secar el residuo retenido entre 103 y 105 °C. El aumento de masa del filtro representa el contenido de sólidos suspendidos totales y se expresa como mg/L.

Los SST son indeseables en las aguas de proceso porque pueden causar depósitos en las tuberías, calderas, equipos, etc. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, pero en las superficiales varía mucho en función del origen y las circunstancias de la captación. Los sólidos suspendidos, como parámetro, miden la presencia de materiales corpusculares de tamaño mayor que unos 10⁻³ mm y tal como su nombre lo indica, permanecen en suspensión y sólo pueden ser retirados por una barrera física, como, por ejemplo, un filtro. A diferencia de los materiales coloidales, los que se consideran con un tamaño comprendido entre 10⁻⁶ a 10⁻³ mm.

En cuanto a la razón que se debe tener presente para legislar el límite aceptable de sólidos suspendidos en distintas aguas (canales, ríos, lagos, etc.), se considera que el aspecto "sucio" de aguas con más de 100 mg/L de SS reduce el valor escénico (y, por ende, económico) de las aguas; además, el regadío con aguas con altos SS producirá la deposición de esos sólidos en el suelo y, dado que no se especifica su naturaleza, puede dañar seriamente los suelos orgánicos. Pero, una razón evidente es la poca penetración de la luz en aguas turbias quietas, que implica que el desarrollo de algas será reducido y, por ende, se reducirá la fauna total de los cuerpos lacustres.

La determinación de SST y SSV es importante para evaluar la concentración o "fuerza" de aguas residuales y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento. (Laboratorio de análisis industrial i-análisis de agua-determinación de sólidos, 2016)

Sólidos Disueltos Totales (SDT):

Es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua (las especies disueltas se clasifican como menores de 10⁻⁶ mm) y corresponde a la porción de sólidos totales que pasa a través del filtro de Millipore o del filtro de fibra de vidrio.

La determinación se basa en filtrar una muestra bien homogeneizada a través de un filtro de fibra de vidrio estándar y posterior evaporación del filtrado contenido en una cápsula, en baño de agua. El residuo se seca finalmente a 180 °C y el aumento de masa de la cápsula representa el contenido de sólidos disueltos totales expresados como mg/L.

Los SDT pueden ser de origen orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales. Aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseable de 500 ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por si solo suficiente para determinar la bondad del agua. En los usos industriales la concentración elevada de sólidos puede ser objetable por la posible interferencia en procesos de fabricación o como causa de espuma en calderas.

Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición, incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y osmósis de inversa. (Laboratorio de análisis industrial i-análisis de agua-determinación de sólidos, 2016)

II. Materiales y equipos.

- Papel filtro whatmann
- Pipeta de 50 mL + propipeta.
- Aparato de filtración.
- Vidrio reloj.

- Pinzas para vidrio reloj.
- Estufa (MemertUL80).
- Balanza analítica (Equilab Sartorius ED2245).

III. Procedimiento.

SST y SDT.

- Colocar el filtro (Whatman 934-AH, d.47 mm) en el aparato de filtración, aplicar vacío y lavar con 3 porciones sucesivas de 20 mL de agua destilada.
- Continuar la succión para remover totalmente el agua, y descartar el agua de lavado.
- Retirar con pinzas el filtro del aparato de filtración y colocarlo sobre un vidrio de reloj que servirá como soporte.
- Secar en estufa a 103 – 105 °C.
- Enfriar en desecador y pesar en balanza analítica de sensibilidad 0,1 mg.
- Repetir el procedimiento de secado y pesada hasta obtener peso constante.

IV. Imágenes del procedimiento.



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio de química de la UTFSM JMC.

Figura 3-6 Papel filtro tras filtración de las muestras.

V. Resultados peso del papel filtro.

Tabla 3-6 Pesos del papel filtro.

Peso del papel fieltro	Química	Mecánica	Casino	General
1	0,4416 (mg)	0,4701 (mg)	0,4138 (mg)	0,4176 (mg)
2	0,4659 (mg)	0,4549 (mg)	0,4159 (mg)	0,4428 (mg)
3	0,4431 (mg)	0,4598 (mg)	0,4230 (mg)	0,4376 (mg)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

Tabla 3-7 Pesos del papel filtro + el residuo seco.

Peso del papel fieltro + residuo seco	Química	Mecánica	Casino	General
1	0,4603 (mg)	0,5054 (mg)	0,4569 (mg)	0,4282 (mg)
2	0,4885 (mg)	0,4857 (mg)	0,4599 (mg)	0,4568 (mg)
3	0,4637 (mg)	0,4971 (mg)	0,4683 (mg)	0,4511 (mg)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

VI. Cálculos para determinar SST Y SDT.

A través la siguiente formula se logran determinar SDT (solidos filtrables).

Sólidos disueltos (mg/L) = (peso del filtro + el residuo seco) – peso del filtro.

Por lo tanto: (ejemplo)

SDT (Química): $0,4603 - 0,4416 \text{ (mg)} = 0,0187 \text{ (mg/50ml)} = 18,7 \text{ (mg/50ml)} = 374 \text{ (mg/L)}$.

Sólidos Disueltos Totales = 374 miligramos en un litro (mg/L).

A través la siguiente fórmula se logran determinar Sólidos Suspendidos Totales (SST) (sólidos no filtrables).

Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) = Sólidos Totales (ST) (promedio) – Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Por lo tanto: (ejemplo)

SST (Química): $1.090,666 - 374 \text{ (mg)} = 716,666 \text{ (mg/L)}$

Sólidos suspendidos = 716,666 miligramos en un litro (mg/L).

3.4.4. Determinación de Sólidos Sedimentables.

I. Fundamento Teórico.

Son aquellos sólidos suspendidos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica, en un tiempo predeterminado. Constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en el proceso de decantación primaria del agua residual. Por esto su determinación es básica para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación como unidades de tratamiento y para controlar su eficacia.

El método se basa en determinar la fracción de sólidos que sedimenta, luego de una hora de reposo, en un cono Imhoff. El residuo está formado por material en suspensión de mayor tamaño y de densidad mayor a la del agua, y que se deposita por gravedad cuando el sistema está en reposo. Los sólidos mayores que 10-2 mm se definen, en realidad, como sólidos sedimentables pues su tamaño es tal que caen por sí mismos al dejarlos en agua quieta. (Laboratorio de análisis industrial i-análisis de agua-determinación de sólidos, 2016)

II. Materiales y equipos.

- Probeta de 1L.
- Cono Imhoff + soporte.
- Varilla.

III. Procedimiento.

- Llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 L con la muestra bien homogeneizada.
- -Sedimentar por 45 min y agitar suavemente la muestra cerca de la pared del cono con una varilla, sin que se produzca turbulencia.
- -Sedimentar 15 min más y registrar el volumen de sólidos sedimentados en el cono, en ml/L.
- -Si se observa bolsas de líquido entre las partículas sedimentadas mayores, estimar este volumen y sustraerlo del volumen total registrado anteriormente.
- -El método no incluye el material flotante que pueda separarse durante la sedimentación.

IV. Imagen del procedimiento.



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio de química de la UTFSM JMC.

Figura 3-7 Muestras en cono imhoff tras 1 hora.

V. Cálculos para determinar Sólidos Sedimentables

A través la siguiente formula se logran determinar Sólidos Sedimentables.

Sólidos sedimentables (ml/L) = Volumen de solidos que logran decantar.

3.4.5. Determinación de Color y olor

I. Fundamento teórico.

El color del agua se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, sustancias inorgánicas disueltas, así como cuerpos vivos presentes, tales como algas. Cuando hay turbidez, el agua presenta un color evidente y para obtener el color verdadero se recurre a algún mecanismo técnico. El color constituye una característica de orden estético y su acentuada concentración puede causar cierto rechazo.

En el agua, todas las sustancias inorgánicas pueden producir olor y sabor, según la concentración en que se encuentren. Los seres vivos, como las algas, el plancton, etcétera, también pueden producir olor y sabor. Debe recordarse que el cloro, además de ser desinfectante, puede quitar el olor, el sabor, e impedir la proliferación de algas (que producen olor, sabor y color); eliminar el fierro y el manganeso y coagular las materias orgánicas. Sin embargo, cuando el cloro está presente en exceso, puede producir olor y sabor en el agua (principalmente cuando esta tiene fenol). (Análisis físico químico del agua-Facultad de ingeniería en industrias alimentarias,2016)

II. Materiales y equipo.

- I. No son necesarios ya que a simple vista de la muestra podemos determinar el color y olor de las muestras.

III. Procedimiento.

- II. Al tomar las muestras se identifican de inmediato el color y olor de estas a simple vista.

IV. Imágenes del procedimiento:



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio de química de la UTFSM JMC.

Figura 3-8 Muestras en botellas de vidrio (250mL) 1, 2, 3 Y 4

3.4.5.1 Determinación de Temperatura

I. Fundamento teórico.

El color del agua se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, sustancias inorgánicas disueltas, así como cuerpos vivos presentes, tales como algas. Cuando hay turbidez, el agua presenta un color evidente y para obtener el color verdadero se recurre a algún mecanismo técnico. El color constituye una característica de orden estético y su acentuada concentración puede causar cierto rechazo.

En el agua, todas las sustancias inorgánicas pueden producir olor y sabor, según la concentración en que se encuentren. Los seres vivos, como las algas, el plancton, etcétera, también pueden producir olor y sabor. Debe recordarse que el cloro, además de ser desinfectante, puede quitar el olor, el sabor, e impedir la proliferación de algas (que producen olor, sabor y color); eliminar el fierro y el manganeso y coagular las materias orgánicas. Sin embargo, cuando el cloro está presente en exceso, puede producir olor y sabor en el agua (principalmente cuando esta tiene fenol). (Análisis físico químico del agua-Facultad de ingeniería en industrias alimentarias,2016)

II. Materiales y equipo.

No son necesarios ya que a simple vista de la muestra podemos determinar el color y olor de las muestras.

III. Procedimiento.

Al tomar las muestras se identifican de inmediato el color y olor de estas a simple vista.

3.4.5.2 Determinación de la conductividad

I. Fundamento teórico.

La conductividad de una solución es una medida de la facilidad con la cual la corriente eléctrica fluye a través de la solución. Esta varía con la temperatura y con la naturaleza y concentración del soluto. El valor de κ no es una cantidad muy útil para comparar la conductividad de diferentes solutos en soluciones de diferente concentración, esto es debido a que, si una solución de un electrolito tiene mayor concentración que otra, la más concentrada tendrá mayor conductividad por tener más iones. Para establecer una comparación más correcta se necesita una propiedad en la cual se compense la diferencia de concentración en las disoluciones. Kohlrausch introdujo el concepto de conductividad equivalente, que hoy conocemos como conductividad molar, Λ_m . Se define Λ_m como la razón entre la conductividad electrolítica, κ , y la concentración molar, c (mol L⁻¹).

II. Materiales y equipos.

- Vaso ppt 250 mL.
- Conductímetro (Thermo Scientifica Orion 3star).
- Varilla.
- Agitador magnético.
- Cápsula de agitación.

III. Procedimiento

- Rellenar vaso ppt con la capsula de agitación.

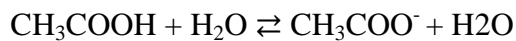
- Posicionar el vaso ppt sobre el agitador magnético.
- Encender el equipo e introducir el electrodo del potenciómetro en la solución. Dejar estabilizar la lectura, aproximadamente por 2 minutos.
- Se introdujo el lector de conductividad y se mide la conductividad.

IV. Se determinó la conductividad de las muestras a través de la lectura en el aparato conductímetro.

3.4.6. Determinación de pH

I. Fundamento teórico.

La fuerza de un ácido o una base es la tendencia que estas sustancias presentan a ceder y aceptar protones, respectivamente. Y en ambos casos, esa tendencia se evalúa frente una misma sustancia: el agua. Se consideran ácidos y bases fuertes aquellas sustancias que a concentraciones moderadas se encuentran completamente disociadas en medio acuoso. Al resto de ácidos y bases se les denomina débiles y se caracterizan por reaccionar de manera incompleta con el agua. Pongamos el ejemplo de un ácido débil, el ácido acético. El equilibrio que se establece es el siguiente:



La constante de equilibrio de esta reacción se denomina constante de acidez y para el caso de disoluciones diluidas adopta la forma: El valor de la constante de acidez es una medida cuantitativa de la fuerza de un ácido, es decir de su tendencia a ceder protones. A mayor K_a , mayor es la fuerza del ácido. (Análisis físico químico del agua- Facultad de ingeniería en industrias alimentarias,2016)

II. Materiales y equipos.

- Vaso ppt 250 mL.
- Phímetro
- Varilla.
- Agitador magnético.
- Cápsula de agitación.

III. Procedimientos.

- -Rellenar vaso ppt con la capsula de agitación.
- -Posicionar el vaso ppt sobre el agitador magnético.
- -Encender el equipo e introducir el electrodo del potenciómetro en la solución. Dejar estabilizar la lectura, aproximadamente por 2 minutos.

Se introdujo el lector de pH y medir pH.

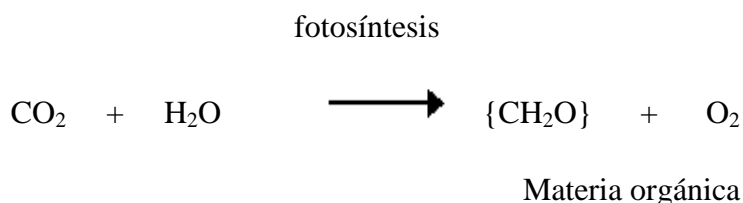
IV. Se determinó pH de las muestras a través de la lectura en el phímetro.

V. Cada muestra de agua fue analizada con un Phimetro en separado

3.4.7. Determinación de Oxígeno Disuelto (OD) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

I. Fundamento teórico.

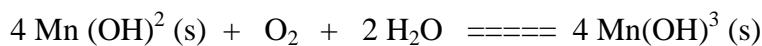
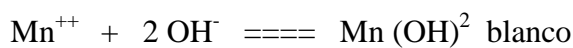
El oxígeno disuelto (OD) es un componente esencial de las aguas superficiales, puesto que la vida de los organismos depende de este gas. La oxigenación del agua se debe principalmente a la solubilización del oxígeno atmosférico y minoritariamente a su generación en la fotosíntesis, principalmente de algas. Sin embargo, el oxígeno así formado durante el día se consume en parte durante la noche, cuando las algas consumen oxígeno para su metabolismo (después de la muerte de las algas la degradación de esta biomasa también consume oxígeno)



El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. (Laboratorio de análisis industrial I-análisis de agua-determinación de parámetros indicativos de contaminación orgánica,2015)

Método de Winkler

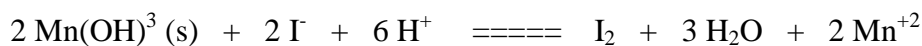
La esencia del método de Winkler es convertir el OD presente en la muestra en una cantidad de yodo que sea químicamente equivalente y que pueda ser valorado en forma cuantitativa. Para lograr esta conversión, a la muestra se le agrega sulfato de manganeso, hidróxido de sodio, yoduro de potasio y, eventualmente, azida de sodio (estos últimos reactivos son los constituyentes del reactivo yodo-azida). El hidróxido de manganeso (II) blanco producido reacciona rápidamente con el oxígeno disuelto para formar hidróxido de manganeso (III) de color café:



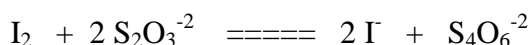
Blanco

café

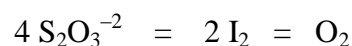
Posteriormente se acidifica la muestra, produciéndose la oxidación del yoduro a yodo y la reducción del manganeso (III) a manganeso (II):



Finalmente, el yodo producido, equivalente al oxígeno disuelto que había en la muestra, puede ser valorado con solución estándar de tiosulfato sódico, en presencia de almidón como indicador, según la reacción:

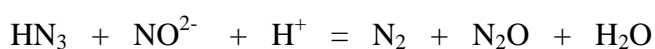
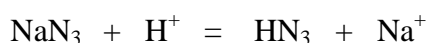


Debido a que un mol de oxígeno equivale a dos moles de yodo, se requerirán cuatro moles de tiosulfato por cada mol de oxígeno disuelto. Por lo tanto, las relaciones químicas que han de mantenerse para que el método Winkler proporcione con exactitud la concentración de OD son:



de lo que se concluye que 1 milimol de tiosulfato es equivalente con 8 mg de O₂.

La adición de azida de sodio sólo es necesaria cuando en la muestra de agua hay presencia de iones nitritos. La interferencia debida a los nitritos es destruída con la azida de sodio y las reacciones que ocurren son las siguientes:



Con objeto de que no se pierda muestra, o bien se introduzca aire en la misma, deberán extremarse las precauciones durante la medición.

II. Materiales y equipos.

- Pipeta 2mL + propipeta.
- Botellas para DBO5.
- Bureta 50 mL + soporte.
- Estufa a temperatura ambiente (Heraus TSM0100102600001).

III. Procedimiento.

Control del agua de dilución:

- Tomar 2 botellas de DBO limpias y secas y llenar ambas con agua de dilución. Para evitar que, entre aire dentro de la botella durante la incubación, se debe emplear un sello de agua. Esto se logra llenando la botella completamente hasta rebalse y poniendo cuidadosamente la tapa de modo que al tapanla se desplace el exceso de agua sin dejar burbujas. Cubrir el sello de agua con una cubierta de plástico, o una caperuza de papel de aluminio, para evitar la evaporación del agua durante la incubación.
- -Medir el OD inicial a una botella.
- -Incubar la otra botella a 20 °C por 5 días y medir el OD final al 5° día.
- -El oxígeno consumido entre el 1° y 5° día no debe ser mayor de 0,2 mg/L.

IV. Preparación de la muestra:

- -Neutralizar las muestras a pH 6,5 a 7,5 con H₂SO₄ 1N o NaOH 1N según corresponda. Procurar no diluir la muestra más que 0,5 %.
- -Con una pipeta de punta ancha, tomar en duplicado un volumen de muestra (según indicaciones) homogeneizada y llevar a las botellas de DBO de capacidad conocida (limpias y secas) que contengan agua de dilución.
- -Llenar las botellas con suficiente agua de dilución, de tal modo que la inserción del tapón desplace todo el aire, sin dejar burbujas.
- -Marcar cada duplicado con “muestra inicial” y “muestra final”
- -Medir el OD a la botella marcada con “muestra inicial”.

- -Incubar la botella marcada con “muestra final” a 20 °C por 5 días.
- -Medir el OD final al 5° día.

V. Medición del oxígeno disuelto por el método de Winkler:

- -Agregar a las botellas de DBO 1 mL MnSO_4 48% y 1 mL del reactivo yodo-azida. -Tapar cuidadosamente evitando la formación de burbujas y homogeneizar invirtiendo la botella varias veces muy suavemente.
- -Dejar que el precipitado sedimente (hasta aproximadamente 1/3 de la capacidad de la botella) y adicionar luego 1 mL H_2SO_4 conc. Volver a tapar y mezclar con precaución por inversión varias veces hasta que la disolución sea completa.
- -Titular botella de DBO con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N hasta que la solución café se torne amarillo pálido.
- -Agregar 1 ml de almidón 2% y continuar la valoración hasta la primera desaparición del color azul (despreciar cualquier reaparición del color azul).
- Informar la DBO de la muestra expresada como $\text{mg O}_2/\text{L}$ considerando sólo las diluciones de la muestra cuyo consumo de OD sea mayor de 0,2 mg/L .

VI. Imagen de parte del procedimiento.



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio de química de la UTFSM JMC

Figura 3-9 Proceso antes de incubar las muestras.

Tabla 3-8 mL de tiosulfato gastados.

mL de tiosulfato	Química	Mecánica	Casino	General
Día 1	2,2 mL	2,5 mL	2,4 mL	2,3 MI
Día 5	2 MI	2 mL	1,4 mL	1,9 mL

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

VII. Cálculos para determinar Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

A través de la siguiente fórmula se logran determinar DBO₅

$DBO_5 \text{ (mg/L)} = (\text{Oxígeno disuelto día 1} - \text{Oxígeno disuelto día 5}) / (\text{ml muestra} / \text{ml botella})$

$\text{Oxígeno disuelto (OD)} = \text{ml de tiosulfato} \times \text{Normalidad del tiosulfato} \times \text{Peso Equivalente del O}_2 \times 1000$

Por lo tanto:

$OD \text{ día 1 (Química)} = 2,2 \text{ ml} \times 0,1020 \text{ N} \times 8 \times 1000 / 200 \text{ ml} = 8,976 \text{ mg/L}$

$OD \text{ día 5} = 2 \text{ ml} \times 0,1020 \text{ N} \times 8 \times 1000 / 200 \text{ ml} = 8,16 \text{ mg/L}$

$DBO_5 = (OD1 - OD5) / (1/300) = 244,8 \text{ (gr/L)}$

3.4.8. Demanda química de oxígeno

I. Fundamento teórico.

La DQO es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de los constituyentes orgánicos e inorgánicos de un agua. La oxidación se realiza con dicromato de potasio en caliente, en medio de ácido sulfúrico, con lo cual el carbono es convertido en CO₂ y el hidrógeno en agua. Puesto que la acción de esta oxidante afecta a toda la materia oxidable el valor de la DQO es siempre mayor que el de la DBO. Tanto la temperatura como el tiempo de calentamiento dependerán del oxidante que se use, de su concentración, de la concentración del ácido y del catalizador

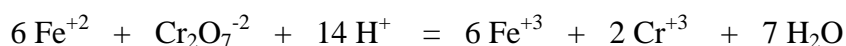
usado. Como todos los compuestos no tienen la misma velocidad de oxidación e incluso algunos, como los compuestos alifáticos de cadena recta, son difíciles de oxidar, se recurre a la adición de sulfato de plata (Ag_2SO_4 se prepara en medio de H_2SO_4 conc.) como catalizador de la oxidación, aumentando también la velocidad de oxidación de los alcoholes y ácidos, pero no la de los hidrocarburos aromáticos. La presencia de altas concentraciones de halogenuros (yoduros, bromuros o cloruros) que interfieren por precipitación de la plata y que puede entregar resultados mayores que los reales, se evita agregando sulfato de mercurio II el cual forma complejos insolubles con los halógenos.

Después de la digestión, la cuantificación de la DQO se realiza mediante una retro valoración del exceso de dicromato, agregado en cantidad exactamente conocida, después de ocurrida la oxidación de las sustancias químicamente oxidables. Para la retro valoración se utiliza una solución de sulfato de amonio y hierro II (sal de Mohr). La cantidad de sustancias oxidadas que están presentes en la muestra es directamente proporcional a la cantidad de dicromato consumida. Las reacciones implicadas en la DQO son:

Durante la digestión:



Después de la digestión:



La DQO también se expresa en ppm de O_2 . Las aguas contaminadas tienen valores de la DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Las aguas con valores elevados de DQO, pueden dar lugar a interferencias en ciertos procesos industriales. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm. En las aguas residuales industriales la concentración depende del proceso de fabricación de que se trate. La relación entre los valores de la DBO y la DQO es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor que 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y si es mayor que 0,6 como orgánico. (Laboratorio de análisis industrial I-análisis de agua-determinación de parámetros indicativos de contaminación orgánica, 2015)

II. Materiales y equipos.

- Pipeta de 2mL + propipeta.

- Tubos de ensayos.
- Matraz Erlenmeyer de 250mL.
- Varilla.
- Digestor (Hanna Instruments Hi839800)

III. Procedimiento.

- -Colocar 2 ml de muestra, con una DQO inferior a 900 mg/L, en un tubo de ensayo para DQO. En casos de muestras con DQO más elevada, debe diluirse hasta el rango de análisis (ej. Dilución 10/100 o 20/100 u otra y alícuota de 2 mL de la dilución).
- -Agregar 1,5 mL de solución de dicromato de potasio 0,25 N y con mucho cuidado 2 mL de H₂SO₄ conc. Homogeneizar.
- -Agregar una cantidad de HgSO₄ de acuerdo al contenido de cloruros presentes en la muestra, razón HgSO₄: iones cloruros de 10 : 1
- -Añadir, con precaución, 3,5 ml de solución de Ag₂SO₄ preparada en medio de H₂SO₄ concentrado, de tal manera que la solución escurra lentamente por las paredes del tubo.
- -Tapar los tubos herméticamente, agitar el contenido y colocarlos en el bloque digestor (Hanna HI 839800 o similar), que debe estar previamente a 150 °C.
- -Mantener las muestras en digestión durante 2 horas a 150 °C. Después de esto, retirar los tubos y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- -Vaciar cuantitativamente el contenido de los tubos en un matraz Erlenmeyer de 50 mL, lavando su interior con 1-2 mL de agua que se vierten al matraz. Agregar gotas de indicador ferroín y titular con solución estándar de Fe (NH₄)₂(SO₄)₂ x 6H₂O (FAS) 0,25 N hasta que se produzca un cambio de color desde verde-azulado a café-rojizo.
- -En forma paralela hacer un blanco de reactivos, utilizando un volumen de agua destilada igual al volumen de muestra analizada y digerir por 2 horas.

IV. Imagen del procedimiento.



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio de química de la UTFSM JMC

Figura 3-10 Tubos de DQO de las cuatro muestras más el blanco.

Tabla 3-9 mL de FAS gastados.

mL de FAS	Química	Mecánica	Casino	General
1	8 mL	8 mL	0 mL	5 mL
2	8 mL	7 mL	0 mL	5 mL
3	8 mL	8 mL	0 mL	4 mL

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

mL blanco = 1mL

V. Cálculos para determinar Demanda química de oxígeno (DQO)

A través de la siguiente fórmula se logran determinar DQO

$$\text{DQO (mg/L)} = (\text{mL de fas} - \text{ml blanco}) \times N \text{ fas} \times \text{peso equivalente del O}_2 \times 1000 / (\text{mL de muestra})$$

DQO = Por lo tanto:

$$\text{DQO (Química)} = (8-1) \times 0,2584 \times 8000 / 2\text{ml} = 8,976 \text{ mg/L}$$

3.4.9. Análisis microbiológicos

I. Fundamento teórico.

Este método se fundamenta en determinar el número y tipo de microorganismos presentes en una muestra de agua de proceso, por medio de la filtración de la misma a través de una membrana filtrante con poros de tamaño adecuado (0,45 μm de diámetro), la consiguiente retención de los microorganismos sobre dicha membrana y el cultivo de los mismos en diferentes agares de acuerdo al tipo de microorganismo. (Brock-Biología de los microorganismos. 8ª Edición. Prentice Hall International, 1999).

II. Materiales y equipos.

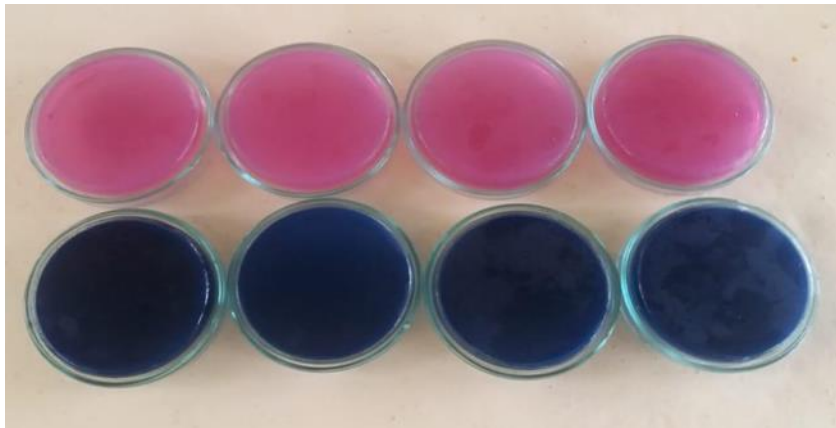
- Aparato de filtración esterilizado.
- Membrana filtrante.
- Pinzas.
- Embudo.
- Placas Petri.
- Bureta 200mL.

III. Procedimiento.

- -Colocar una membrana filtrante estéril, bajo condiciones asépticas, sobre el centro del portafiltro, usando pinzas estériles, con la superficie cuadrículada hacia arriba.
- -Ensamblar el equipo, colocando el dispositivo de filtración y asegurando con una pinza.
- -Verter 100 mL de la muestra de agua, en el portafiltro y proceder a filtrar.
- -Lavar el embudo con aproximadamente 100 mL de agua peptonada al 0,1%.
- -Remover la parte superior del portafiltro, y con una pinza estéril transferir la membrana a la placa de Petri que contiene el medio de cultivo correspondiente al microorganismo que se va a identificar: Coliformes en agar endo, bacterias aerobias mesófilas en agar para recuento en placas, mohos y levaduras en agar Sabouraud y Pseudomonas aeruginosa en agar cetrimide.

- -Al colocar la membrana, evitar la formación de burbujas entre ésta y el medio de cultivo.
- -Esperar aproximadamente 20 minutos, para permitir la adhesión de la membrana al medio.

IV. Imagen placas Petri.



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio de microbiología de la UTFSM JMC.

Figura 3-11 Día 1 Siembra de coliformes fecales (azul) y totales (rosa).

V. Resultados.

Tras esperar dos días desde el proceso de siembra se observa proliferación de microorganismo, característica de las colonias lo cual indica que hay coliformes totales y fecales.

3.4.10. Determinación de metales por espectrofotometría de absorcion atomica (eaa)

I. Fundamento teórico

Al suministrar una determinada cantidad de energía a un átomo cualquiera en estado fundamental (E_0), ésta es absorbida por el átomo de tal forma que se

incrementará el radio de giro de sus electrones de la capa externa llevando al átomo a un nuevo estado energético (E1) que llamamos excitado.

Cuando éste vuelve a su estado fundamental, cede una cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinadas.

Cuando los átomos en estado fundamental se encuentran con las mismas radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de las mismas, desplazándose el equilibrio hacia la izquierda y pasando los átomos del estado fundamental al excitado. El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda en el caso particular en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental se conoce como Espectroscopía de Absorción Atómica.

En EAA se emplean lámparas específicas dependiendo del elemento que se va a determinar. Estas son capaces de emitir una línea atómica característica. Existen dos tipos fundamentales: lámparas de cátodo hueco (LCH) y lámparas de descarga sin electrodos (EDL). (Medicina Legal y Toxicología-Barcelona, 2004)

II. Materiales y equipos

- Matraz Erlenmeyer 250mL.
- Embudo de vástago largo.
- Varilla.
- Matraz aforado de 100mL.
- Pipeta aforada de 50mL.

III. Procedimiento

- Medir una alícuota de muestra de 100 mL (o según indicaciones) y llevar a un vaso de pp.
- Agregar 5 mL de HNO_3 conc y evaporar suavemente en plancha calefactora, hasta tener un volumen de app. 10-20 mL.
- Adicionar más HNO_3 conc. y continuar calentando hasta que la digestión sea completa, lo que se nota por la obtención de una solución levemente coloreada. Evitar la sequedad de las muestras durante la digestión.

- Filtrar, sólo si es necesario, a través de papel filtro endurecido (Whatman N°50 o 542) y transferir cuantitativamente a un matraz aforado de 100 mL. Homogeneizar.
- Leer la absorbancia de las muestras en el EAA, a la longitud de onda del elemento de interés, contra un blanco de agua destilada.

IV. Imágenes



Fuente: Fotografía tomada en laboratorio de espectrofotometría de la UTFSM JMC.

Figura 3-12 Proceso determinación de metales

V. Resultados.

Se hace lectura a través del espectrofotometro.

3.5. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se muestran tablas con los resultados de los análisis realizados anteriormente acompañados de los parámetros exigidos por la NCh N°1.333 sobre calidad de aguas.

3.5.1. Sólidos Totales:

Tabla 3-10 Sólidos totales.

Sólidos totales	Química	Mecánica	Casino	General	NCh N°1.333
1	1104 (mg/L)	6678(mg/L)	1742(mg/L)	1130(mg/L)	<500 (mg/L)
2	1080(mg/L)	6566(mg/L)	1466(mg/L)	1694(mg/L)	<500 (mg/L)
3	1088(mg/L)	6598(mg/L)	1308(mg/L)	1308(mg/L)	<500 (mg/L)
Promedio	1090,7(mg/L)	6614(mg/L)	1505,3(mg/L)	1377,3(mg/L)	<500 (mg/L)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.2. Sólidos Volátiles

Tabla 3-11 Sólidos volátiles.

Sólidos volátiles	Química	Mecánica	Casino	General	NCh N°1.333
1	462 (mg/L)	360(mg/L)	700(mg/L)	368(mg/L)	No específica
2	456(mg/L)	416(mg/L)	642(mg/L)	460(mg/L)	No específica
3	402(mg/L)	458(mg/L)	650(mg/L)	466(mg/L)	No específica
Promedio	440(mg/L)	411,3(mg/L)	664(mg/L)	432,3(mg/L)	No específica

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

Sólidos Fijos

Tabla 3-12 Sólidos Fijos.

Sólidos fijos	Química	Mecánica	Casino	General	NCh N°1.333
1	642 (mg/L)	6.318(mg/L)	1.042(mg/L)	702(mg/L)	No específica
2	624 (mg/L)	6.150(mg/L)	816(mg/L)	1234(mg/L)	No específica
3	686(mg/L)	6.140(mg/L)	658(mg/L)	842(mg/L)	No específica
Promedio	650(mg/L)	6.202,6(mg/L)	838.6(mg/L)	946(mg/L)	No específica

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.3. Sólidos disueltos

Tabla 3-13 Sólidos disueltos

Sólidos disueltos	Química	Mecánica	Casino	General	NCh N°1.333
1	374 (mg/L)	706 (mg/L)	862 (mg/L)	212 (mg/L)	< 500 (mg/L)
2	452 (mg/L)	616 (mg/L)	880 (mg/L)	280 (mg/L)	< 500 (mg/L)
3	412 (mg/L)	746 (mg/L)	906 (mg/L)	270 (mg/L)	< 500 (mg/L)
Promedio	412,666 (mg/L)	689,333 (mg/L)	882,666 (mg/L)	254 (mg/L)	< 500 (mg/L)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.4. Sólidos Suspendidos Totales

Tabla 3-14 Sólidos Suspendidos Totales

Sólidos suspendidos	Química	Mecánica	Casino	General	NCh N°1.333
1	730 (mg/L)	6318 (mg/L)	430 (mg/L)	762(mg/L)	No especifica
2	628 (mg/L)	5950 (mg/L)	824 (mg/L)	1234 (mg/L)	No especifica
3	676 (mg/L)	6140(mg/L)	658 (mg/L)	842(mg/L)	No especifica
Promedio	678 (mg/L)	6136 (mg/L)	637,333 (mg/L)	946 (mg/L)	No especifica

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.5. Sólidos Sedimentables.

Tabla 3-15 Sólidos Sedimentables.

Sólidos sedimentables	Química	Mecánica	Casino	General	NCh N°1.333
1	7ml	14ml	8ml	7ml	No específica
2	7ml	16ml	8ml	7ml	No específica
3	7ml	15ml	8ml	8ml	No específica
Promedio	7ml	15 ml	8ml	7ml	No específica

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.6. Color y Olor.

Tabla 3-16 Color y Olor.

Muestra	Color	Olor	NCh N°1.333
Química	Café oscuro	Desague	No específica
Mecánica	Negro	Grasas	No específica
Casino	Café claro	Putrefacción	No específica
General	Café	Descomposición	No específica

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.7. Conductividad.

Tabla 3-17 Conductividad.

Conductividad	Química	Mecánica	Casino	General	NCh N°1.333
1	6,46	39,4	8,57	8,68	< 750
2	6,63	40,0	8,68	8,86	< 750
3	6,55	39,3	8,66	8,88	< 750
Promedio	6,546	39,566	8,636	8,806	< 750

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.8. pH

Tabla 3-18 pH

pH	Química	Mecánica	Cocina	General	NCh N°1.333
1	7,1	6,9	6,9	7,2	5,5-9,0
2	7,2	6,7	6,9	6,9	5,5-9,0
3	7,0	6,8	6,9	7,5	5,5-9,0
Promedio	7,1	6,7	6,9	7,2	5,5-9,0

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.9. Oxígeno Disuelto.

Tabla 3-19 Oxígeno Disuelto.

Oxígeno Disuelto	Química	Mecánica	Casino	General	NCh N°1.333
Día 1	8,976 (mg/L)	10,2 (mg/L)	9,792 (mg/L)	9,384 (mg/L)	No específica
Día 5	8,16 (mg/L)	8,16 (mg/L)	5,712 (mg/L)	7,752 (mg/L)	No específica

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.10. Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅

Tabla 3-20 DBO₅

Promedio	Química	Mecánica	Casino	General
DBO₅	244,8 (mg/L)	612 (mg/L)	1224 (mg/L)	489,6 (mg/L)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.11. Demanda Química de Oxígeno DQO.

Tabla 3-21 DQO.

DQO	Química	Mecánica	Cocina	General	NCh N°1.333
1	7235,2 (mg/L)	7235,2 (mg/L)	0	4134,4 (mg/L)	No especifica
2	7235,2 (mg/L)	6.201,6 (mg/L)	0	4134,4 (mg/L)	No especifica
3	7235,2 (mg/L)	7235,2 (mg/L)	0	3100,8 (mg/L)	No especifica
Promedio	7235,2 (mg/L)	6.890,666 (mg/L)	0	3789,9 (mg/L)	No especifica

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.12. Concentración de metales

Tabla 3-22 Concentración de metales

Elemento/Concentración	Química	Mecánica	NCh N°1.333
Cadmio	0,018 (mg/L)	0,016 (mg/L)	<0,010 (mg/L)
Cobre	1,125 (mg/L)	0,584 (mg/L)	<0,20 (mg/L)
Plomo	0,705 (mg/L)	1,840 (mg/L)	<5,00 (mg/L)

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.13. Temperatura

Tabla 3-23 Temperatura

T°	Química	Mecánica	Casino	General	N° Ch N°1333
1	15,6°C	14,8°C	16,4°C	15,5°C	No específica
2	16,5°C	15,6°C	16,3°C	14,9°C	No específica
3	15,4°C	15,3°C	15,9°C	15,1°C	No específica
Promedio	15,83°C	15,23	16,2°C	15,2°C	No específica

Fuente: Elaboración propia basada en los análisis realizados en el laboratorio UTFM JMC.

3.5.14. Coliformes totales y fecales

Se logró identificar presencia de coliformes en las cuatro muestras sin embargo no se logró estimar la cantidad específica.

CAPÍTULO 4: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

A continuación, se detallan los procesos tradicionales los que se enfrenta una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual busca por objetivo devolver las aguas grises a cursos de agua natural en donde estas cuenten con las características necesarias para no interferir en la calidad de vida de las personas como el medio ambiente.

En el país, existen más de 260 sistemas de tratamientos de aguas servidas operando y autorizados por la Superintendencia, los que atienden a más de once millones y medio de habitantes de todo el País. La tecnología de tratamiento predominante corresponde a Lodos Activados con casi un 60% respecto al número de PTAS. (Súper Intendencia de Servicios Sanitarios)

Las tradicionales plantas de tratamiento contemplan tres grandes procesos el primero un tratamiento físico luego continúa un tratamiento biológico y se termina con un tratamiento químico a continuación se detallan.

4.1. TRATAMIENTO

El tratamiento de purificación del agua puede llevarse a cabo principalmente, con vistas a reciclar o desechar aguas residuales. El tipo y grado de tratamiento va a depender tanto de la procedencia como el uso que se le vaya a dar.

4.1.1. Planta de tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales urbanas provenientes del diario común de la humanidad son depositas en la red de alcantarillado las cuales llevan desechos provenientes de las duchas, lavamanos, cocinas, lavadoras, inodoros etc, estas luego son llevadas a estaciones depuradoras de aguas residuales para ser tratadas y posteriormente puedan ser reincorporadas a los grandes cuerpos de agua (ríos, lagos, mares entre otros) sin interferir en el medio ambiente o la calidad de las personas.



Fuente: Servicios sanitarios de los lagos S.A. www.essal.cl

Figura 4-1 Planta de tratamiento

4.1.2. Objetivos del tratamiento

- Eliminación de residuos, aceites grasos, flotantes entre otros.
- Eliminación de material decantable orgánico e inorgánico.
- Eliminación de material orgánico disuelto.
- Eliminación de compuestos amoniacales y que contengan fósforo.
- Transformación de los fangos.

4.1.3. Etapas del tratamiento

Cada etapa en el proceso de tratamiento de aguas es fundamental para poder eliminar los contaminantes presentes en el agua residual generados por nosotros mismo, estas etapas se llevan a cabo por una serie de procesos físicos, químicos y biológicos.

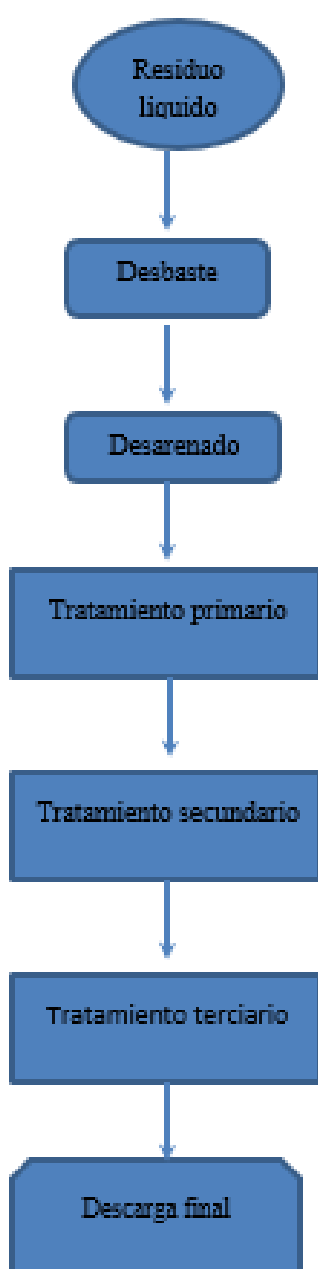
(Empresa de servicios sanitarios de los lagos, s/f)

La depuración de las aguas servidas a través de plantas de tratamiento de lodos activos comienza con la remoción de las partículas gruesas (ramas, elementos inorgánicos, arenas, etc) que no participan en el proceso biológico.

El sistema de tratamiento biológico funciona por la acción de bacterias que al degradar la materia orgánica aumentan su tamaño y peso, decantando al fondo del estanque. El lodo decantado y estabilizado se convierte en biosólido, el cuál es retirado, pudiendo ser utilizado para el acondicionamiento de suelos.

Finalmente, el agua se desinfecta a través de radiación ultravioleta evitando que las bacterias, virus, hongos y otros microorganismos puedan reproducirse.”

Empresa de servicios sanitarios de los lagos, essal.cl



Fuente: Elaboración propia basada en Tratamiento de aguas residuales, R.S. Ramalho.

Diagrama 4-1 Etapas del tratamiento de aguas residuales

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE TRATAMIENTO

Cada planta de tratamiento realiza diversos análisis físico, químico y biológico para poder estabilizar las aguas residuales a continuación se detallan las etapas de tratamiento de un planta de agua residual basado en (Tratamiento de aguas residuales, s/f).

4.2.1. Pre-tratamiento:

Desbaste: Separación de objeto de gran tamaño. A través de mayas es que logramos separar contaminantes de un volumen mayor los cuales son fáciles de recolectar.

Desarenado: Separación de grasas y arenas producto de diferencia de densidad. Los aceites se posicionaran en la parte superior de los estanques por su baja densidad y las arenas en la parte inferior por tener mayor densidad.

4.2.2. Tratamiento primario:

El objetivo de este tratamiento está enfocado en disminuir la demanda biológica de oxígeno a través de procesos físicoquímico.

Este simple proceso se lleva a cabo dejando reposar el cuerpo de agua por un determinado momento para que los sólidos suspendidos puedan depositarse al fondo del estanque, hay veces en que en este proceso se agregan sustancias química quelantes que hacen que la sedimentación sea más rápida.

Es acá en donde se estabiliza el pH y se eliminan contaminantes volátiles como el amoníaco.

4.2.3. Tratamiento secundario:

Al igual que el tratamiento primario uno de los objetivos principales disminuir la demanda biológica de oxígeno sin embargo se adiciona la disminución de la demanda

química de oxígeno presente en el efluente, ambos procesos desarrollado por procesos biológicos.

El tratamiento secundario más reconocido es el de lodos activados, los cuerpos de agua son llevados a estanques en donde se comienzan a saturar de oxígeno para así proporcionar un rápido cultivo de bacterias y otro microorganismo que degradan la materia orgánica presente propinando una mezcla de solidos suspendidos y bacterias las cuales conforman los lodos activados, el cual posteriormente será retirado y estabilizado.

Las aguas resultantes de este proceso logran disminuir la DBO en casi un 90% de la que tenía al principio del proceso.

4.2.4. Tratamiento terciario:

El objetivo de este tratamiento es purificar al máximo las aguas provenientes de los procesos antes mencionados para posteriormente depositarla en la fuente receptora que exista.

Este proceso trata de eliminar contaminantes orgánicos como lo son los iones de fosfato, nitrato y cualquier exceso de sales minerales.

Si bien este tratamiento es totalmente necesario no siempre es realizado por las empresas, esto debido al alto costo.

4.2.5. Tratamiento para lodos activados:

Estos son provenientes del proceso decantación y del tratamiento biológico, están constituidos un 95-99% de agua por ende ocupan un gran espacio y son difíciles de manipular. A demás poseen una gran cantidad de materia orgánica (fácilmente entra en descomposición) y de organismos patógenos.

Los fangos son espesados para ser llevados a aun tratamiento de estabilización, es decir se lleva a digestión para con ello eliminar su concentración fermentable. Posteriormente son deshidratados y son estos los que pueden llevarse a vertederos o reutilizados como abono.

El tratamiento de aguas residuales que anteriormente se menciono es el tratamiento ideal al cual debería ser expuestas las aguas residuales para poder reutilizarlas en el regadío de las dependencias de la Universidad Técnica Federico Santa María sede José Miguel Carrera. Esta podría ser una posibilidad a futuro con un costo de inversión el cual no está considerado pero que se estima en un alto costo. Sin embargo existe la posibilidad de poder reutilizar estas mismas aguas residuales para regadío aplicando pequeños tratamientos como lo son:

- Separación de sólidos de gran volumen, grasa y arenillas.
- Cloración del agua para eliminar patógenos.

4.2.6. Puntos que se deben considerar para poder reutilizar las aguas grises según la normativa vigente.

- Solo se podrán reutilizar aguas grises.
- Diseñar y crear sistema que diferencie las descargas de aguas grises de las negras.
- El sistema de recolección además deberá contar más de una piscina de almacenamiento por posible colapso de una.
- El sistema deberá eliminar la mayor cantidad de solidos presentes en ella.
- Por flotación se podrán eliminar espumas y aceites.
- A las aguas grises se le deberá aplicar una solución de cloro (Hipoclorito de Sodio) la cual ayudará a disminuir la turbiedad y olor del agua además de eliminar patógenos presentes en esta.
- Las aguas grises reutilizadas deberán estar destinadas al regadío de áreas verdes de la universidad como también rellenar los estanques de los inodoros

4.3. DISCUSION

Como anteriormente se mencionó en el capítulo N° 2, la ley N°21.075 es la que regula el marco legal sobre la reutilización de aguas grises en donde especifica que solo serán estas la que se podrán reutilizar dejando así de lado la reutilización de aguas negras, sin embargo, por la pronta promulgación de esta en el presente año (15 de febrero de 2018) es que se encuentran vacíos en ella, por lo pronto se espera normativa asociada vigente a esta ley la cual ayude a definir y detallar los puntos más específicos. Por ello es que nos apegamos a la Norma Chilena N°1.333 la cual define la calidad que debe cumplir un cuerpo de agua para diferentes usos.

Obtención de resultados:

Tras haber realizado la correspondiente caracterización de aguas a las aguas residuales de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Jose Miguel Carrera notamos que las muestras analizadas poseían ciertos olores desagradables lo que es un indicador de sulfuros a través de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica existente. El color de las muestras en su mayoría opacas, pero cabe mencionar el color de la muestra de mecánica la cual era de un color gris oscuro, indicador de presencia de sustancias extrañas disueltas o en suspensión. Se calculó que existe una alta presencia de Solidos Totales (según la N°1.333) en las 4 muestras analizadas lo que nos indicaría una alta concentración tanto de materia orgánica como inorgánica, cabe destacar que la cantidad de sólidos sedimentable obtenidos en los análisis es considerable a la hora de plantear piscinas de precipitación por la cantidad de fango a formar. La conductividad de las muestras se encuentra por debajo de la norma y el pH de todas las muestras se encuentra en los parámetros establecidos por la norma de igual manera. La DBO5 en las muestras es elevada la que más resalta por volumen es la del casino superando niveles industriales lo cual podría provocar grandes cantidades de materia en descomposición y con ello malos olores. Existe presencia de coliformes en todas las muestras analizadas por ello se pueden llamar aguas negras, esto podría traer grandes daños a la salud de las personas por ello deben ser eliminadas o redireccionadas el flujo que las genere (baños). Por último, la cantidad de metales analizados dieron un resultado por debajo de la norma.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Objetivos realizados:

- Se definieron conceptos claves para interiorizar en el tema como también se comenzó explicando de lo más pequeño (Moléculas) o lo más grande (tratamiento de aguas).
- Se identificó la normativa vigente aplicable y se determinó que se trabajaría bajo la NCh N°1333 sobre calidad de aguas para diferentes usos.
- Se realizó análisis de laboratorio en triplicado para todos los parámetros consideramos en la NCh N°1333.
- Se tomaron diferentes muestras para realizar los análisis Físico Químico y microbiológico.

Al interiorizar en los temas sobre recurso hídrico se puede comprender que esta se caracteriza por tener una alta demanda a nivel mundial, nacional, así como también a nivel local, la cual genera que se desarrolle una escasez hídrica a nivel mundial.

Históricamente la Revolución industrial trajo consigo grandes beneficios a nivel económico, pero su vez dejó grandes costos al medio ambiente que actualmente apreciamos puesto que (por lo tanto, las empresas de hoy generan) existen grandes cantidades de descarga de agua residual los cuales son depositados e incorporados a cursos de agua, la cual se plantea reutilizar.

La reutilización de aguas dentro de las dependencias de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Jose Miguel Carrera se podría realizar siempre y cuando estas pasen por un proceso mínimo de cloración ya que a través de los diversos análisis realizados se determinó que todos los puntos de muestras cuentan con presencia de escherichia coli.

Cabe destacar como otra consideración para la reutilización de las aguas residuales el planteamiento de poder separar las aguas residuales entre aguas negras y aguas grises para así poder disminuir la contaminación por patógenos presentes en las aguas negras.

Si la universidad logra reutilizar el agua residual en el regadío de las mismas dependencias de esta se lograrán reducir como mínimo un 20% el consumo de agua total.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

PAGINAS WEB:

PORTAL.UNED. Profesorado del Departamento de Química Orgánica y bioorgánica de la UNED - Reciclado y tratamiento de residuos (2008) [en línea] http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,661362&_dad=portal&_schema=PORTAL [consulta: septiembre 2018].

SISS. Superintendencia de servicio Sanitario [en línea] <http://www.siss.gob.cl> [consulta: 5 de Mayo 2018].

WHO. Organización Mundial de la Salud [en línea] http://www.who.int/features/factfiles/water/water_facts/es/ [consulta: octubre 2018].

LIBROS:

BADUI DERGAL, Salvador. Química de los alimentos. 4ta edición. México: Pearson Educación, 2006. 736p. ISBN 9702606705.

CABILDO MIRANDA, María del Pilar, AGUILERA ARILLA, María José, GONZALEZ YANCI, María Pilar. Reciclado y tratamiento de residuos. España: UNED, 2008. 390 p. ISBN 8436255046.

RAMALHO, Rubens Sette. Tratamiento de aguas residuales. España: REVERTE, 1990. 716 p. ISBN 9788429179750.

SEOANEZ CALVO, Mariano. Aguas residuales urbanas. España: MUNDI-PRENSA LIBROS S.A, 1995. 368 p. ISBN 9788471145451.

SEOANEZ CALVO, Mariano. Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo. España: MUNDI-PRENSA LIBROS S.A, 2004. 464 p. ISBN 9788484762263.

NORMATIVA APLICADA:

Instituto Nacional de Normalización (Chile). Calidad del agua para consumo humano. NCh. 409/1. Of. 1984. Santiago, Chile: 1984.

Instituto Nacional de Normalización (Chile). Norma para calidad del agua potable. NCh. 409/2. Of. 2005. Santiago, Chile: 2005.

Instituto Nacional de Normalización (Chile). Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y de alcantarillado. NCh. 1105. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (Chile). Sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos. NCh. 1333. Of. 1978. Santiago, Chile: 1978.

LEY 19.300: aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente. Diario oficial de la República de Chile, Santiago, 09 de marzo de 1994.

LEY 21.075: regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises. Diario oficial de la República de Chile, Santiago, 15 de febrero de 2018.

Ministerio de obras públicas. Ley general de servicios sanitarios. Decreto de fuerza de ley N° 382. Santiago, Chile: 1988.

Ministerio de obras públicas. “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado. Decreto Supremo N° 609. Santiago, Chile: 1998.

ANEXOS.

ANEXO A: DEFINICIONES

Aguas grises	:	aguas residuales provenientes de tinajas, duchas lavatorios, lavaplatos y otros similares, excluyendo las aguas negras.
Aguas negras	:	aguas residuales que contienen excretas.
Agua potable	:	agua que cumple con todos los requisitos físicos, químicos, bacteriológicos y de desinfección establecidos en la Norma NCH 409/1, que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano
Aguas residuales	:	aguas que se descargan después de haber sido usadas en un proceso, o producidos por este.
Aguas residuales domésticas	:	Se componen fundamentalmente de materia orgánica en forma soluble o coloidal, además de sólidos en suspensión.
Aguas residuales urbanas	:	Aguas con procedencia de actividad humana.
Analito	:	Es una especie química cuya presencia o contenido se desea conocer, identificable y cuantificable, mediante un proceso de medición química.
Blanco	:	Muestra que contiene todos los componentes de la matriz excepto el analito
(CNPT)	:	Condiciones normales de presión y temperatura.
Coliformes fecales	:	comprende todos los bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que: a) en la técnica de filtración por membrana, produzcan colonias de color azul dentro de 24 ± 2 h.
Coliformes totales	:	comprende todos los bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que: a) en la técnica de filtración pro-membrana, produzcan colonias con un brillo verde dorado metálico dentro de las 24 ± 2 h de incubación, a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, en medio mEndo; y/o b) en la técnica de tubos múltiples, fermenten la lactosa con producción de gas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dentro de 48 h.

- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) : cantidad de desechos orgánicos biodegradables del agua que requieren de oxígeno para ello.
- Excretas : aguas residuales que contienen sólidos y líquidos que contienen las heces humanas principalmente.
- Recurso Hídrico : Cuerpo de agua existentes en el planeta, desde océanos, ríos, lagos, entre otros.
- Valoración : Método para determinar una concentración desconocida a partir de una concentración conocida.

ANEXO B: EQUIPOS UTILIZADOS

Plancha: TYPE2200 THERMO SCIENTIFIC.

pH-metro: ORION 3STAR THERMO SCIENTIFIC.

Digestor (dgo): HI839800 HANNA INSTRUMENTS.

Espectrofotómetro: SAVANTA 6BC SCINTIFIC EQUIPMET.

Estufa: MEMMERT UL80.

Balanza analítica: ED2245 EQUILAB SORTORIUS.

Agitador magnético: SPEEDSAFE.

Mufla: THERMOLGRE THERMOSCIENTIFIC.