



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica  
Escuela Profesional de Ingeniería Química**

**Diseño informático en un proceso de tratamiento  
de aguas superficiales**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Químico**

**Autoras**

**Gamarra Chavez Andrea Milagros**

**Chavez Antúnez Marielena**

**Asesor**

**Dr. Carreño Cisneros Edgardo Octavio**

**Huacho – Perú**

**2023**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y  
METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL ... INGENIERIA  
QUIMICA

### INFORMACIÓN DE METADATOS

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Gamarra Chavez Andrea Milagros	72218035	25-04-2023
Chavez Antunez Marielena	48455910	25-04-2023
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Carreño Cisneros Edgardo Octavio	03631561	0000-0001-7063-7072
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CODIGO ORCID</b>
Sanchez Guzman Alberto Irhaam	15758117	0000-0003-1575-8466
Coca Ramirez Victor Raul	15601160	0000-0002-2287-7060
Castañeda Chirre Elvira Teofila	15744138	0000-0002-1953-8869

# DISEÑO INFORMÁTICO EN UN PROCESO DE TTO AGUAS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org)

Fuente de Internet

1%

2

[repositorio.upp.edu.pe](http://repositorio.upp.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

3

[repositorio.unsa.edu.pe](http://repositorio.unsa.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.upeu.edu.pe](http://repositorio.upeu.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad San Francisco de Quito

Trabajo del estudiante

1%

6

[dspace.ups.edu.ec](http://dspace.ups.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

7

[repositorio.ucv.edu.pe](http://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

8

[documentop.com](http://documentop.com)

Fuente de Internet

1%

9

[repositorio.upt.edu.pe](http://repositorio.upt.edu.pe)

Fuente de Internet

1 %

---

10 [es.scribd.com](https://es.scribd.com) Fuente de Internet <1 %

---

11 [repositorio.ulasamericas.edu.pe](https://repositorio.ulasamericas.edu.pe) Fuente de Internet <1 %

---

12 [patents.google.com](https://patents.google.com) Fuente de Internet <1 %

---

13 [repositorio.urp.edu.pe](https://repositorio.urp.edu.pe) Fuente de Internet <1 %

---

14 [repositorio.ucss.edu.pe](https://repositorio.ucss.edu.pe) Fuente de Internet <1 %

---

15 [repository.javeriana.edu.co](https://repository.javeriana.edu.co) Fuente de Internet <1 %

---

16 [revistas.unitru.edu.pe](https://revistas.unitru.edu.pe) Fuente de Internet <1 %

---

17 [dspace.unitru.edu.pe](https://dspace.unitru.edu.pe) Fuente de Internet <1 %

---

18 [repositorio.autonomadeica.edu.pe](https://repositorio.autonomadeica.edu.pe) Fuente de Internet <1 %

---

19 Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante <1 %

---

20 [repositorio.ug.edu.ec](https://repositorio.ug.edu.ec) Fuente de Internet

<1 %

---

21 [spenagroup.com](http://spenagroup.com)  
Fuente de Internet

<1 %

---

22 [www.metarevistas.org](http://www.metarevistas.org)  
Fuente de Internet

<1 %

---

23 Submitted to Universidad de San Martín de  
Porres  
Trabajo del estudiante

<1 %

---

24 [github.com](http://github.com)  
Fuente de Internet

<1 %

---

25 [repositorio.unac.edu.pe](http://repositorio.unac.edu.pe)  
Fuente de Internet

<1 %

---

26 [www.cocef.org](http://www.cocef.org)  
Fuente de Internet

<1 %

---

27 [repositorio.upla.edu.pe](http://repositorio.upla.edu.pe)  
Fuente de Internet

<1 %

---

28 [www.dqi.uem.br](http://www.dqi.uem.br)  
Fuente de Internet

<1 %

---

29 Julio Cesar Rubiano Godoy, María del Pilar  
Perdomo, Laura Mariela Pramparo. "Estudio  
respirométrico de la biodegradación de  
Diclofenaco", Entre ciencia e ingeniería, 2017  
Publicación

<1 %

---

[www.repositorioacademico.usmp.edu.pe](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe)

30	Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
32	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	revistaseug.ugr.es Fuente de Internet	<1 %
35	web.sia.unam.mx Fuente de Internet	<1 %
36	www.cepis.ops-oms.org Fuente de Internet	<1 %
37	patty09.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
38	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
39	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

**Título de la tesis**

**DISEÑO INFORMÁTICO EN UN PROCESO DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES**



**Dr. Edgardo Octavio Carreño Cisneros**

**Asesor**

**Miembros del jurado**

**Dr. SÁNCHEZ GUZMÁN, ALBERTO IRHAAM**

**Presidente**

**M(o). COCA RAMÍREZ, VÍCTOR RAÚL-**

**Secretario**

**Ing. CASTAÑEDA CHIRRE, ELVIRA TEÓFILA**

**Vocal**

## **Dedicatoria**

A mis padres y familiares motivo de superación en vuestra vida personal y profesional.

Andrea

## **Dedicatoria**

A padres por estar siempre a mi lado en las buenas y malas y encaminarme correctamente.

Marielena

## **Agradecimiento**

A nuestro creador Dios por todo lo que nos brinda y a vuestros docentes por encaminaron académicamente.

Andrea

Marielena

## ÍNDICE

<b>Título de la tesis</b> .....	ii
<b>Miembros del jurado</b> .....	iii
<b>Dedicatoria</b> .....	iv
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
Indice.....	vii
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	14
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	144
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	14
1.2 Formulación del problema .....	15
1.2.1 Problema general .....	15
1.2.2 Problemas específicos Seleccionar la materia prima más idónea .....	15
1.3 Objetivos de la investigación .....	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos .....	15
1.4 Justificación de la investigación .....	15

1.5 Delimitación del estudio .....	16
1.6 Viabilidad de estudio .....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Antecedentes .....	17
2.1.1 Internacionales .....	17
2.1.2 Nacionales.....	19
2.2 Bases teóricas.....	23
2.3 Definiciones conceptuales. ....	27
2.4 Formulación de la hipótesis .....	28
2.4.1. Hipótesis general.....	28
2.4.2. Hipótesis específicas.....	28
CAPÍTULO III.....	29
<i>METODOLOGÍA</i> .....	29
3.1 Diseño metodológico .....	29
3.1.1. Tipo de investigación.....	29
3.1.2. Nivel de investigación.....	29
3.1.3. Enfoque .....	29
3.2. Población y muestra. ....	29
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	29

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información .....	29
CAPÍTULO IV .....	30
RESULTADOS.....	30
4.1 Análisis de los resultados.....	30
CAPÍTULO V.....	33
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	33
5.1 Discusión de resultados.....	33
5.2 Conclusiones .....	34
5.3 Recomendaciones .....	34
CAPÍTULO VI.....	35
FUENTES DE INFORMACIÓN .....	35
6.1. Fuentes bibliográficas .....	35
6.2 Fuentes hemerográficas .....	35
6.3 Fuentes documentales .....	38
6.4 Fuentes electrónicas .....	39
ANEXO 01: Matriz de consistencia.....	40

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros que inciden en el proceso de coagulación.....	26
---	----



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tanque se solución de coagulante. ....	21
Figura 2.. Nivel de descarga según tiempo. ....	31

## RESUMEN

El estudio pretende elaborar un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales, se consideró las sustancias químicas requeridas para el proceso de floculación y sedimentación, teniendo en consideración a dosificación óptima que ayude en las plantas de tratamiento de aguas a optimizar los recursos químicos y por ende los procesos inherentes al tratamiento de aguas superficiales. Se diseño un programa basado en el paradigma orientado a objetos usando para ello el Python, el mismo se ejecutó en la nube (colab). El diseño permite modelar y evaluar el vaciado y altura de un tanque en un tiempo determinado.

**Palabras Clave:** Coagulación, floculación, tratamiento de aguas

## **ABSTRACT**

The study aims to develop a computer design in a surface water treatment process, the chemicals required for the flocculation and sedimentation process were considered, taking into account optimal dosage that helps water treatment plants to optimize chemical resources. and therefore, the processes inherent to the treatment of surface waters. A program based on the object-oriented paradigm was designed using Python, it was executed in the cloud (colab). The design allows modeling and evaluating the emptying and height of a tank in a given time.

Keywords: Coagulation, flocculation, water treatment

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas superficiales es de suma importancia, las necesidades de la población, de la industria y por ende de la agricultura requieren que estas sean tratadas para el consumo respectivo; así mismo, las aguas residuales producto del consumo requieren también un tratamiento antes de ser vertidas en los ríos, lagos u otras fuentes de agua a fin de evitar contaminación y estas puedan ser recicladas. Esta preocupación se viene dando por la alta tasa de incremento de la población, la misma que requiere de este líquido, el mismo que debe. El estudio pretende elaborar un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales, se consideró las sustancias químicas requeridas para el proceso de floculación y sedimentación, teniendo en consideración a dosificación óptima que ayude en las plantas de tratamiento de aguas a optimizar los recursos químicos y por ende los procesos inherentes al tratamiento de aguas superficiales.

El presente se ha dividido en diferentes capítulos.

Capítulo 1, nos muestra la realidad problemática, indicando sus síntomas y causas que la originan; así como la propuesta de solución.

Capítulo 2, referido principalmente a los antecedentes donde se indican los estudios relacionados a las variables en estudio, así mismo las bases teóricas de los constructos.

Capítulo 3, Marco metodológico, se plasma el tipo de estudio, la población y muestra, las técnicas de recojo y procesamiento de la información.

Capítulo 4, se plasma los resultados del estudio.

Capítulo 5, se indica la discusión conclusiones y recomendaciones derivadas de los objetivos del estudio.

Capítulo 6, se establecen las referencias usadas para fortalecer el estudio.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción de la realidad problemática.

Actualmente la administración de los recursos en el tratamiento de aguas, requieren herramientas informáticas que alineen al concepto de sostenibilidad como herramienta de optimización, aplicándose muchas veces a la simulación de la regeneración o cuidado del medio ambiente, entre los que podemos destacar, el cuidado de vertidos de aguas residuales a los cuerpos naturales como es el caso de ríos; así como la optimización en el tratamiento de aguas para uso doméstico e industrial, los cuales cada vez se ven amenazados por la actividad humana. (Molenat , Grunberger y Voltz, 2012).

En el Perú, según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014), generalmente el agua destinada al consumo humano es utilizada en diferentes actividades, como: domésticas, comerciales e industriales, originando aguas residuales. Posteriormente son vertidas y/o utilizadas en otras actividades. Es así que en las aguas superficiales esta se ve influenciada y ensuciada por la presencia de materia orgánica, entre los factores determinantes de la turbiedad del agua (Maartens, Swart, y Jacobs, 1999).

Es así que, el remover los contaminantes contenidos como partículas en las aguas superficiales, es uno de las prioridades para los procesos en el tratamiento de aguas según el destino que se le requiera, ya sea industrial, consumo humano, agrícola, etc. El caso del consumo humano se estaría protegiendo a la población de diversas enfermedades principalmente gastrointestinales, en el caso de la industria el cuidado y corrosión de sus equipos.

Es por ello que en el tratamiento convencional de aguas en la gestión se requieren muchas veces de diferentes procesos desde la captación, hasta distribución, entre los que podemos destacar la coagulación y floculación. Dichos procesos requieren el uso de sales químicas que ayuden a la desestabilización de los sólidos y posteriormente la aglomeración y por efectos físicos la sedimentación. Para lo cual es necesario contar con simuladores que optimicen su efectividad.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿De qué manera se puede elaborar un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales?

### **1.2.2 Problemas específicos Seleccionar la materia prima más idónea**

¿De qué manera se puede automatizar el proceso de coagulación?

¿De qué manera estimar el proceso de dosificación?

## **1.3 Objetivos de la investigación.**

### **1.3.1 Objetivo general**

Elaborar un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Modelar el proceso de coagulación de una Planta de tratamiento de aguas residuales.

Modelar el proceso de dosificación de una Planta de tratamiento de aguas residuales

#### **1.4 Justificación de la investigación**

El presente estudio se realiza ante la necesidad de optimizar los recursos en plantas de tratamiento de aguas, estableciendo instrumentos que permita simular los sistemas, a fin de determinar los parámetros de operación de sus reactores, estableciendo de esa manera criterios de diseños, según corresponda. Permitiendo de esa manera ahorro de dinero y tiempo.

#### **1.5 Delimitación del estudio**

##### **Delimitación espacial**

El estudio realizado en base a simulación de un tanque de preparado de coagulantes floculantes

#### **1.6 Viabilidad de estudio**

El estudio en viable se dispone de herramientas informáticas en la nube y de acceso libre que permite hacer la modelación y codificación respectiva.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Internacionales

Maxi, (2022), en su estudio “Diseño de un sistema mecatrónico para la dosificación de Sulfato de Aluminio en la Planta de Tratamiento de Mahuar cay (EMAPAL-EP)”, Para optar el título de Ingeniero mecatrónico en la Universidad Politécnica Salesiana- sede Cuenca, Ecuador. El objetivo del estudio fue diseñar un sistema para la dosificación de Sulfato de Aluminio en la Planta de Tratamiento de Mahuar cay (EMAPAL-EP). En el aspecto metodológico se consideró valores de caudal y turbiedad, para evaluar la dosificación de la solución, se empleó el simulador Labview, donde el sistema de control al 2% para la dosis de la solución madre se logró la obtención de fórmulas requeridas para el diseño de control de válvula siendo simulados

Ríos, González, López, Plottier, Broggi, Gómez y Lanfranconi. (2000.). “Un aporte a la modelación matemática del proceso de floculación en potabilización de aguas”. El objetivo fue determinar una expresión matemática que se ajuste a los resultados experimentales, de la función de desagregación de partículas, que, en conjunto con la función de agregación, represente el proceso de floculación, dentro de los tiempos de retención y gradientes de velocidad habitualmente utilizados en los sistemas de tratamiento. Se empleó el ensayo de jarras, para cada agua bruta ensayada, obteniéndose la gradiente de agregación K. Concluyendo que los parámetros determinados para el modelo de la ecuación obtenida indican que para cada tipo de agua existe una gradiente.

Skorohodov, Nikitin, Biryukov, Kitaev (2020). En su artículo “A mining-industrial waste water treatment technology: Justification of parameters using computer simulation”, Una tecnología de tratamiento de aguas residuales minero-industriales: tuvo como objetivo demostrar que una forma eficaz de tratamiento de aguas residuales mineras es la floculación de impurezas y partículas en suspensión y la posterior flotación de los flóculos resultantes. Se basó en el uso de AWDA que aplica la interacción de flóculos formados de impurezas y partículas suspendidas con burbujas de aire, en cuya superficie se forma una capa de tensioactivo heteropolar antes de que ingresen al volumen de trabajo de la máquina de flotación. Se realizó una simulación por computadora de la coagulación y agregación de partículas finas en el proceso tecnológico de tratamiento de aguas residuales mineras a partir de impurezas disueltas. El modelado permitió revelar la cinética de sorción de componentes contaminantes por la superficie de las partículas coloidales formadas de hidróxido de hierro, el tamaño y la vida útil de los flóculos.

Acosta (2021) en su estudio análisis de Dinámica de Fluidos Computacional del Proceso de Coagulación-Floculación empleando Almidones de Malanga (*Colocasia esculenta*) como Agentes Floculantes, tuvo como objetivo diseñar un modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) que incluyó un submodelo de balance de población en la descripción del tamaño de flóculos para comparar el efecto del floculante en la distribución del tamaño y en las variables hidrodinámicas más relevantes. Con respecto a los experimentos en prueba de jarras, la dosis óptima de sulfato de aluminio fue de 24 mg/L en el tratamiento de muestras con turbiedad inicial de 200 UTN obteniendo eficiencias de remoción de 93.1% y 94.7% de turbiedad y de color, respectivamente. Al realizar experimentos con la ayuda del floculante, la

dosis óptima de sulfato se redujo a 12 mg/L empleando 0.5 mg/L de almidón alcanzando eficiencias de remoción muy similares. Por su parte, el análisis de imagen permitió demostrar que la proporción de partículas más grandes incrementa cuando se emplea el floculante. Finalmente, la renderización CFD permitió observar la sedimentación durante la floculación, mostrando que sedimentan mayor cantidad de partículas usando floculante. Como resultado de este estudio, se ha demostrado que la Dinámica de Fluidos Computacional tiene un amplio rango de aplicación en el proceso de coagulación-floculación.

Morales, Ana; Ramírez-Caballero y Barajas-Meneses (2022). En su estudio “Prediciendo la dosis de sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas”, tuvo como objetivo predecir con redes neuronales las dosis de sulfato de aluminio. Muestra estrategias utilizadas para mejorar el proceso de clarificación en la planta de agua desmineralizada en la planta GENSA S. A. E. S. P., de Termopaipa, localizada en Boyacá, Colombia. En el estudio se emplearon datos de laboratorio generados mediante el ensayo de prueba de jarras. Las variables independientes fueron pH, turbiedad, conductividad eléctrica y color del agua cruda, junto con la dosis de polímero floculante. La variable respuesta del modelo fue la dosis del coagulante. Se empleó el modelo de una red neuronal de tres capas, siendo validado generando diez neuronas en la capa oculta, por optimización no lineal. El cálculo de chi cuadrada utilizado para la evaluación del modelo demostró ser eficiente en un 90% de nivel de confianza. Concluyendo que los valores mayores de pH, conductividad eléctrica, floculante de hasta 1 ppm y menores valores de color permiten mantener la dosis de coagulante entre 35 y 39 ppm cuando la turbiedad no es relativamente alta. Después de un valor límite de turbiedad de alrededor de 26 ppm, ni el pH, conductividad, color y uso de floculantes favorecen una reducción en la dosis de coagulante y eleva hasta valores entre 54 y 59 ppm.

Colomina, Pérez-Sánchez; Sanchis y Díaz-Madroño (2020). En su estudio “Análisis de la capacidad necesaria en los procesos de tratamiento de aguas mediante programación matemática. Un caso de estudio”. Tuvo como objetivo mejorar la gestión de las estaciones de depuración para reducir el coste de explotación teniendo en cuenta las variaciones temporales en las cargas de contaminante, así como las condiciones de contorno de los diferentes procesos. Propone un modelo de programación matemática para la planificación de la capacidad y gestión de instalaciones depuradoras de agua, que, mediante dilución, reduzca el consumo energético en la fase de aireación. El modelo ha sido aplicado a una planta depuradora situada en la provincia de Alicante que presenta una entrada de agua residual de 30.000 t/día. Concluye que el modelo matemático propuesto es útil de un probable uso como herramienta que regule eficientemente la distribución de flujos, inventario y líneas activas entre procesos y unidades de regeneración, de tal forma que en función del tiempo de permanencia (en procesos y unidades de regeneración), se obtenga la minimización de costes atendiendo a las funciones objetivo establecidas.

Vesga-Rodríguez, Donado-Garzón y Weber-Shirk (2019). En su estudio “Evaluación del desempeño de un modelo a escala del tanque de alta tasa de sedimentación en el tratamiento de agua potable”. El objetivo fue analizar los parámetros que pueden afectar el desempeño del tanque HRS incluyendo velocidad, densidad del manto de flóculos y ubicación de las láminas de sedimentación en un modelo de tanque de sedimentación de alta tasa a escala de laboratorio. Diferentes velocidades fueron evaluadas y el desempeño del manto de flóculos fue estudiado a través de mediciones continuas de turbidez del agua. Los resultados demostraron que el tanque de alta tasa permite la generación del manto de flóculos y, cuenta con un diseño versátil y

accesible. Adicionalmente, el desempeño del tanque de sedimentación mejora a bajas velocidades; sin embargo, este estudio sugiere que el uso de láminas de sedimentación en la parte superior del tanque permite estabilizar el manto de flóculos a velocidades mayores, debido a la función desempeñada en la formación de flóculos más densos. Manto de flóculos, AguaClara, velocidad de flujo ascendente, láminas de sedimentación.

### **2.1.2 Nacionales**

Obando, Ramos y Burgos (2019). En su estudio “Influencia del peso y tiempo de agitación de coagulantes naturales en la remoción de turbiedad del agua del río Pollo-Otuzco”. tuvo como objetivo determinar la influencia del peso y tiempo de agitación de coagulantes naturales en la remoción de la turbiedad del agua del río Pollo. La investigación fue experimental, Se trabajó a nivel de laboratorio en base a una muestra de 50 litros de agua, extraída de este río. Se aplicó un diseño considerando como factores, el tipo de coagulante natural (cáscaras, de papa, de yuca y de tuna), el peso y el tiempo de agitación, con 2 repeticiones por tratamiento; validando los datos a través del Turbidímetro. Los resultados evidenciaron que a un peso de 0.2 gramos del coagulante natural de la cáscara de yuca influye significativamente en la turbiedad de agua en el río Pollo con un porcentaje de remoción del 30,50%.

Davalos y Barreto (2017), en su tesis: “Investigación tecnológica para la simulación y tratamiento de aguas residuales en fibras orgánicas”, tuvo como objetivo investigar

tecnológicamente la simulación y tratamiento de aguas residuales en fibras orgánicas a través del método JAR TEST a nivel de laboratorio, Se realizó mediante un diseño factorial lineal. Se desarrollo una prueba de jarras con diversas dosificaciones, usando Ferrolin a una concentración del 2% y Chemlok 2040 al 2%. Concluye que se puede implementar el tratamiento químico usado en la industria textil para alcanzar los VMA exigidos por el ministerio de vivienda

Ching y Corrales (2016). En su tesis: “Diseño de automatización del proceso de floculación y coagulación del agua para disminuir los niveles de turbidez pre-filtrado en la empresa avo Perú S.A.C”. El estudio tuvo como objetivo elaborar una propuesta de automatización del proceso de floculación y coagulación del agua para disminuir los niveles de turbidez pre-filtrado. De acuerdo a los datos recolectados diariamente se obtuvo que los niveles de turbidez eran muy altos en las salidas de los procesos y los caudales de inyección del coagulante y floculante no eran los adecuados ya que estos en la empresa son valores constantes. Se realizó los cálculos respectivos y se obtuvo que los niveles de turbidez se pueden mejorar si los caudales de inyección se aplican de acuerdo los niveles de turbidez medidos en tiempo real, por consiguiente, se obtuvo que la mejor solución para este caso sería la automatización de los procesos de coagulación y floculación. En el presente trabajo de investigación se realiza el diseño de la automatización de los procesos de Coagulación y Floculación del agua; seleccionando los equipos e instrumentos de acuerdo a los diferentes escenarios que se nos presentó en la empresa y también teniendo en cuenta las necesidades operativas del sistema. Para la ubicación de nuestros equipos en nuestro diseño se realizó un diagrama de instrumentación (P&ID) con todos los equipos seleccionados.

## 2.2 Bases teóricas

Generalmente en las aguas superficiales se observan partículas en suspensión de diversos tamaños provenientes del arrastre por erosión de suelos, minerales y de materia orgánica por descomposición, reacciones biológicas y fotoquímicas. En la que debemos considerar además descargas de residuos domésticos, vertimiento industrial y agrícolas que caen en las aguas superficiales (Rodríguez, 2003; Andia, 2000).

En ese sentido, el agua tal como se le encuentra en la naturaleza no es pura; por lo tanto, no es apta para su uso, ya sea consumo humano ni industrial, a través de los diferentes medios en que tiene contacto se va contaminando, ejemplo el agua de lluvia se contamina por contacto, entre las que destacamos las partículas del aire, humo, bacterias (van Bremen, 2001). Es así que la presencia de diferentes partículas y/o sustancias o sus diferentes impurezas requiere un tratamiento especial para el uso al que se requiera, obteniéndose un líquido claro y limpio. En ese sentido el agua es importante tratarla antes de usarla o verterla a otras fuentes a fin de preservar el medio ambiente (Degrémont, 1979, p.4).

El tratamiento de aguas requiere del uso de sustancias químicas utilizadas para la coagulación y floculación (van Bremen, 2001).

Según Vargas y Romero (2006), quienes citan van Bremen (2001) y Degremont (1991), manifiestan que las sustancias presentes en el agua están clasificadas en tres categorías: Sólidos suspendidos; partículas coloidales y sustancias disueltas. Muchas de ellas responsables de la turbiedad, color del agua procedentes de bacterias, plancton, algas, virus descomposición de seres vivos

Tal como lo manifiesta Villabona-Ortíz, Tejada-Tovar y Ortega (2019), citando a Pantoja-Espinosa et al., 2015 y Sohrabi et al., 2018, las aguas residuales una vez recolectadas en sistemas de alcantarillado, estas se tratan empleando procesos físicos, biológicos y químicos. En ese sentido, en el proceso de coagulación-floculación química las partículas suspendidas son removidas del agua cuando su tamaño oscila entre 5 a 200 nm (partículas coloidales), y depende de factores como temperatura, fuerza iónica, pH, tipo y dosis de material coagulante, tamaño y tipo de distribución, concentración y propiedades de los materiales orgánicos y partículas coloidales en suspensión.

De ello se desprende que los floculantes tienen acción de atracción sobre partículas coloidales y otras, para formar partículas de mayor tamaño (flóculos) sobre todo en fase líquida, esta acción al desestabilizar las partículas las separa estable para luego por decantación separarlas del líquido. (Salehizadehet al., 2018).

Por lo tanto, se han aplicado ampliamente para la eliminación de turbidez, sólidos disueltos y suspendidos, adecuación y facilidad en la demanda química de oxígeno en procesos de clarificación y sedimentación (Tehet al., 2016) (Leeetal., 2014). Tradicionalmente en el acondicionamiento químico de aguas residuales se han utilizado floculantes poliméricos y coagulantes inorgánicos; estos agentes floculantes son costosos, y generalmente consisten en sales metálicas de origen sintético, que provocan afectaciones en los cuerpos de agua si se desechan sin tratamiento previo, ya que su estabilidad al corte y biodegradabilidad son bajas (Kamaret al., 2015); además, afectan a humanos salud ya que sus principios activos son cancerígenos, provocan intoxicaciones y neurotoxicidad (Patale & Pandya, 2012). Ejemplos de estos son el cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), hidroxiclорuro de aluminio (PAC), sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), entre otros (Guo & Chen, 2017)



Es necesario considerar que según Lapeña (1989) quien manifiesta que entre las condiciones físicas que se toman en cuenta en el tratamiento del agua tenemos: El color, el cual no se puede atribuir factor alguno, esta característica es inducida por a presencia de materia orgánica, absorbiendo radiaciones del espectro visible. Considerando la naturaleza del colos se puede adicionar en su proceso la cloración. Por otro lado, la Turbidez, como factor que impide la transmisión de la luz como consecuencia de la presencia de partículas en suspensión, partículas sólidas y coloides; según su contenido y tamaño de partículas presentan dificultad de ser decantadas y filtradas, muchas veces originas colmatación de filtros en equipos, etc. dificultando las conducciones del líquido. Este parámetro se le mide mediante un nefelómetro cuya función es establecer la intensidad de la luz que se ha difractado por presencia de un foco luminoso a través de las partículas en suspendidas. Su unidad es el NTU (Unidad Nefelométrica).

Con respecto a las partículas en suspensión Andia (2000), indica que: en aguas superficiales estas provienen a consecuencia de la erosión del suelo, de la presencia o disoluciones de minerales y de también de la reducción o descomposición de materia orgánica. Emisiones de aguas residuales de origen doméstico, industrial e incluso agrícola. Aunque muchas veces la turbiedad en el agua es causada por la presencia de descomposición de materias inorgánicas

En ese sentido, Norde (2011) citado por Villanueva y Quispe (2020), manifiestan que a fin de optimizar algunos procesos en el tratamiento de aguas, es necesario conocer algunos factores que inciden en la coagulación y predecir dosis óptimas requeridas para el tratamiento de aguas, según se muestra en tablas 2

Tabla 1

*Parámetros que inciden en el proceso de coagulación*

<b>Parámetros</b>	<b>Definición</b>
Temperatura	Este parámetro modifica el tiempo de formación del floc, cuanto más fría sea el agua la reacción es más lenta y el tiempo de formación del floc aumenta (Restrepo, 2009).
pH	Es un factor importante para determinar el tipo de coagulante a usar, el pH recomendable es de 6.5 a 8.5 (Barrera, 2014).
Dosis óptima	La intervención de este factor se debe a la variación de turbidez en función con la dosificación del coagulante (López, 2018).
Tiempo de mezcla y floculación	Es el tiempo transcurrido entre la agregación del coagulante y el final de la agitación a una velocidad que dificulte la decantación de materias floculadas (Pérez y Urrea, 2011).
Turbidez	Este parámetro da a entender la cantidad de dosis a introducir. Cuando la turbidez se incrementa se agrega una dosis de coagulante mínima, debido a la posibilidad de colisión entre las partículas (Campos, 2020).

**Modelado de Planta de tratamiento de aguas.**

Para Sánchez (2021) citando a Brannock y col., 2010<sup>a</sup>, quien pone de manifiesto que “Los modelos se pueden utilizar para establecer criterios de diseño y funcionamiento para las PTAR, lo cual resulta en operaciones más eficientes y efectivas” (p. 28); así mismo el modelado matemático se considera como un instrumento operativo que permite diseñar y optimizar plantas de tratamiento de aguas residuales (Valdés-Parada y Valdés-Parada 2021, p. 911).

Por lo que, los modelos permiten a priori tomar medidas preventivas y correctivas superando dificultades operativas en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), teniéndose la ventaja de optimizar en forma sencilla los recursos al no ser necesario la implementación o existencia física de un proceso; así mismo con el modelado matemático se pueden establecer los parámetros de diseño y u operatividad. (Rittmann y col., 2018).

Generalmente los modelos matemáticos se diseñan por observación o por sus principios Valdés Parada, (2014). Indica que en modelado por observación se requiere con datos productos de experimentos siendo su respaldo las teorías existentes. Estos modelos pueden ser aceptados considerando el nivel de concordancia según las predicciones ofrecidas y los datos obtenidos durante la experimentalción. En cambio, el modelado por principio se puede ajustar según el sistema descrito.

El Python, es un lenguaje de código abierto de multipropósito, usado en diferentes sistemas operativos, ejecuta instrucciones y algoritmos (Cervantes, Báez, Arízaga y Castillo, 2017). El Python, no compila códigos, trabaja en base a script, es multiplataforma y orientado a objetos, es tipado dinámico, para lo cual no se requiere declarar el tipo de dato con el cual se está trabajando haciendo que la variable se adapte al trabajo (González, 2011).

### **2.3 Definiciones conceptuales.**

**Agua residual.** Aquella que ha sido alterada por la actividad humana y no es apta para ser usada directamente.

**Coagulante.** - compuesto químico usado en el tratamiento de aguas que producen reacciones logrando precipitados de partículas en el agua.

**Floculación.** Proceso mediante el cual los coloides se forman en partículas y que requiere de la coagulación.

**Prueba de jarras.** Equipo que simula los procesos para la coagulación y floculación a escala de laboratorio para determinar las dosis +óptimas de coagulantes, considerando muchas veces el pH.

## **2.4 Formulación de la hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La elaboración de un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales permitirá simular los procesos de tratamiento de aguas.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

La elaboración de un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales permitirá automatizar el proceso de coagulación en tratamiento de aguas

La elaboración de un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales permitirá simular el proceso de dosificación en tratamiento de aguas

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **3.1.1. Tipo de investigación.**

La investigación es de tipo mixta, se basa principalmente en plantear un tema rutinario en la industria sanitaria, donde se analiza el proceso de descarga de un proceso de mezcla.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

La investigación tiene un nivel aplicativo

##### **3.1.3. Enfoque.**

Cuantitativo y cualitativo

#### **3.2. Población y muestra.**

No se considera una población no se han tomado datos para procesarlos, dado que se parte de un script para apertura a corrida de un algoritmo.

#### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se parte del diseño de un tanque para analizar su descarga en el tiempo

#### **3.4. Técnicas para el procesamiento de la información**

El análisis se basa en la ejecución de un programa basado en Python colab, el cual es un servicio gratuito y corre en la nube.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de los resultados

El programa informático ha sido considerado como un sistema inestable de un tanque con orificio en la base

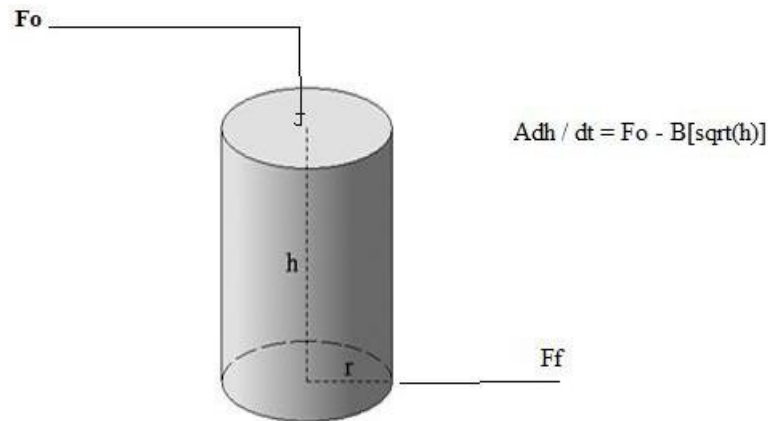


Figura 1. Tanque se solución de coagulante.

#### # PROGRAMAS PARA CREAR MATRICES Y VECTORES

```
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt
```

#### # INGRESO DE LOS DATOS DEL TANQUE DE MEZCLA.

```
def tank(h,t):
    Fo=1      # m^3/min
    A=12     # m^2
    K=5
```

#### #DESARROLLO DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL

```
dhdt=Fo/A-K/A*np.sqrt(h) #m/min
return dhdt
```

**# DATOS: vector tiempo; K= constante**

```
t = np.linspace(0,60)
```

**# condiciones de entrada**

```
ho = 0
```

```
h = odeint(tank, h0,t)
```

**#comandos para obtener imagen del comportamiento del vaciado de tanque.**

```
plt.plot(t,h)
```

```
plt.xlabel("tiempo,[minutos]")
```

```
plt.ylabel("altura del tanque,[m]")
```

```
plt.show()
```

```
print("The value of h is: ', h)
```

```
print("The value of t is: ', t)
```

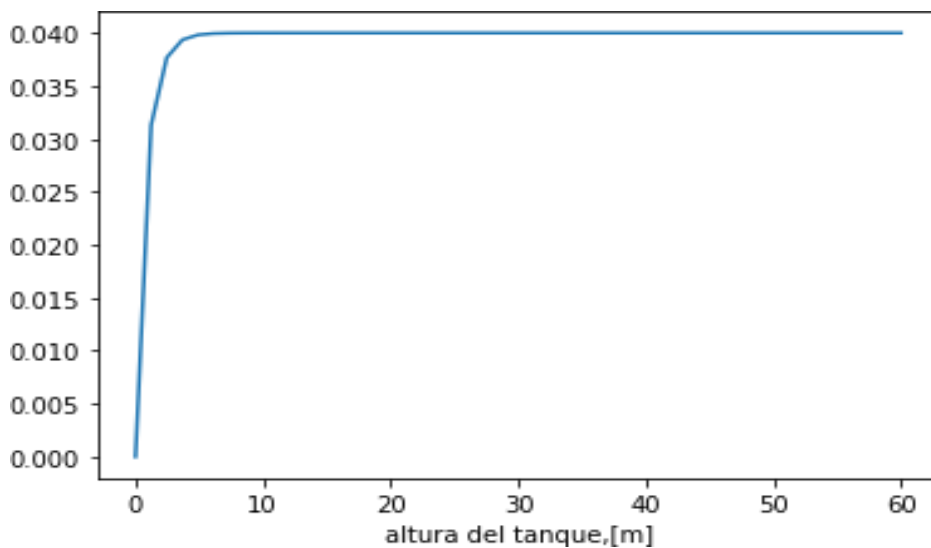


Figura 2. Nivel de descarga según tiempo.

The value of h is: [[0. ]

```
[0.03130769]
```

```
[0.03994997]
```

```
[0.03999969]
```

```
[0.03767044]
```

```
[0.03998603]
```

```
[0.03999992]
```

```
[0.03935626]
```

```
[0.0399961 ]
```

```
[0.03999998]
```

```
[0.03982073]
```

```
[0.03999891]
```

```
[0.03999999]
```

[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]
[0.04 ]	[0.04 ]	[0.04 ]]
[0.04 ]	[0.04 ]	
[0.04 ]	[0.04 ]	

**The value of t is:**

[ 0.0000000	1.22448980	2.44897959	3.67346939	4.89795918
6.12244898	7.346938780	8.57142857	9.79591837	11.02040816
12.24489796	13.46938776	14.69387755	15.91836735	17.14285714
18.36734694	19.59183673	20.81632653	22.04081633	23.26530612
24.48979592	25.71428571	26.93877551	28.16326531	29.38775510
30.6122449	31.83673469	33.06122449	34.28571429	35.51020408
36.73469388	37.95918367	39.18367347	40.40816327	41.63265306
42.85714286	44.08163265	45.30612245	46.53061224	47.75510204
48.97959184	50.20408163	51.42857143	52.65306122	53.87755102
55.10204082	56.32653061	57.55102041	58.7755102	60.0000000 ]



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Discusión de resultados.

Según el objetivo, elaborar un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales, se observa que el programa de algoritmo reporta los resultados pertinentes al vaciado de un tanque. Coincidentemente con el estudio de Maxi (2020) quien simulo una válvula, y el estudio de Ríos, et al (2000) quien mediante modelo matemáticos modela para diversos tipos de agua.

En cuanto al objetivo Modelar el proceso de coagulación de una Planta de tratamiento de aguas residuales, comparado con el estudio de Acosta (2021) quien manifiesta que este permitió analizar el proceso de sedimentación junto con la floculación, indicando que de partículas sedimenta con usando. Por lo que la Dinámica de Fluidos Computacional se puede aplicar en el proceso de coagulación-floculación del sistema de tratamiento de agua.

En el objetivo específico modelar el proceso de dosificación de una Planta de tratamiento de aguas residuales, con el estudio de Colomina, et al. (2020) el modelo matemático propuesto es útil de un probable uso como herramienta que regule de manera eficiente diferentes tareas o procesos, logrando que el tiempo de permanencia, los niveles y descargas, logre minimizar los costos en atención de la meta establecida.

## **5.2 Conclusiones**

- El diseño informático permite simular la descarga de un tanque en un proceso de tratamiento de aguas superficiales con apoyo del Python.
- Con el modelamiento del proceso de coagulación de una Planta de tratamiento de aguas residuales se puede optimizar la descarga.
- El modelamiento del proceso de dosificación de una Planta de tratamiento de aguas residuales es posible mediante el diseño dinámico

## **5.3 Recomendaciones**

- Realizar análisis predictivos en los procesos de tratamiento de aguas a fin de simular el consumo y optimización de la producción.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS DE INFORMACIÓN

#### 6.1. Fuentes bibliográficas

Ana Laura Acosta Bastar (2021). Análisis de Dinámica de Fluidos Computacional del Proceso de Coagulación-Floculación empleando Almidones de Malanga (*Colocasia esculenta*) como Agentes Floculantes . <http://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3822>

Cervantes, O., Báez, D., Arízaga, A. y Castillo, E. (2017). Python con aplicaciones a las matemáticas, ingeniería y finanzas. Primera Edición. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de CV México.

González Duque, R. (2011). Python para todos.

Lapeña, M.. (1989). Tratamiento de aguas Industriales: aguas de proceso y residuales, Marcombo, S.A, Editorial Alfaomega

#### 6.2 Fuentes hemerográficas

Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua: coagulación y floculación. Documento técnico. Planta de Tratamiento de Agua Sedapal, Lima

Brannock, M., Wang, Y., Leslie, G. (2010b). Mixing characterisation of full-scale membrane bioreactors: CFD modelling with experimental validation. *Water Research* 44, 3181–3191.

Camareno, M. V., & Esquivel, L. G. R. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 19(4), 37-41.

- Ching Rojas, Jonathan Yang Corrales Anticona, Peter Franks (2016). Diseño de automatización del proceso de floculación y coagulación del agua para disminuir los niveles de turbidez pre-filtrado en la empresa avo Perú S.A.C.
- Colomina, M., Pérez-Sánchez, M., Sanchis, R., & Díaz-Madroño, M. (2020). Análisis de la capacidad necesaria en los procesos de tratamiento de aguas mediante programación matemática. Un caso de estudio. *Economía Agraria y Recursos Naturales-Agricultural and Resource Economics*, 20(1), 37-51. DOI: 10.7201/earn.2020.01.02
- Degrémont (1979, p.4). Manual técnico del agua. Cuarta Edición. Editorial GRAFO, S.A. España.
- Maartens, A., Swart, P., y Jacobs (1999). Removal of natural organic matter by ultrafiltration: Characterisation, fouling and cleaning. *Water Sci, Technol.* 40, 113-120.
- Morales, Ana; Ramírez-Caballero y Barajas-Meneses (2022). Prediciendo la dosis de sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas. *Tecnología y Ciencias del Agua.* 11(6), Pages 339 – 367. DOI 10.24850/J-TYCA-2020-06-08
- Molenat, J., Grunberger, O. y Voltz, M. (2012). Préservation et restauration de la qualité de l'eau. In : Hubert B. (dir.) *Ressources en eau : préservation et gestion.* Montpellier: Agropolis International, 2012, (14), p. 24-25. (Les Dossiers d'Agropolis International; 14). ISSN 1628-4240
- Obando, A. R., Ramos, I. V., & Burgos, M. A. (2019). Influencia del peso y tiempo de agitación de coagulantes naturales en la remoción de turbiedad del agua del río Pollo-Otuzco. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN ESTADÍSTICA* (ISSN: 2708-1125), 2(1).
- Rittmann, B.E., Boltz, J. P., Brockmann, D., Daigger, G.T., Morgenroth, E., Sørensen, K.H., Takács, I., van Loosdrecht, M., Vanrolleghem, P.A. (2018). A framework for good

- biofilm reactor modeling practice (GBRMP). *Water Science and Technology* 77, 1149–1164.
- Rodríguez Vidal, F. (2003). *Procesos de potabilización de agua e influencia del tratamiento de ozonización*. Editorial Diaz Santos.
- Salehizadeh, H., Yan, N., & Farnood, R. (2018). Recent advances in polysaccharide bio-based flocculants. *Biotechnology Advances* 36, 92- 119.  
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.10.002>
- Skorohodov, V., Nikitin, R., Biryukov, V., & Kitaev, A. (2020). A mining-industrial waste water treatment technology: Justification of parametres using computer simulation. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 20(5.1), 3-10
- Sohrabi, Y., Rahimi, S., Nafez, A. H., & Mirzaei, N. (2018). CHEMICAL COAGULATION EFFICIENCY IN REMOVAL OF WATER TURBIDITY 10, 188-194.
- Villabona-Ortíz, A., Tejada-Tovar, C., & Ortega Toro, R. (2019). Comparative study of the use of starch from agroindustrial materials in the coagulation-flocculation process. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, 19(2), 593-601.  
<https://doi.org/10.24275/rmiq/IA740>
- Valdés Parada, F.J. (2014). *Breviario sobre modelado matemático*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Vargas, M. y Romero, L. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 19(4). 37-41

Van Breemen, A. N. 2001. Water Treatment 1 Conventional and advance Treatment Methods. International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, Holanda.

### 6.3 Fuentes documentales

Davalos, O. y Barreto, M. (2017). Investigación tecnológica para la simulación y tratamiento de aguas residuales en fibras orgánicas. [Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Recuperado de: URI: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5636>

Maxi, Martín (2022). Diseño de un sistema mecatrónico para la dosificación de Sulfato de Aluminio en la Planta de Tratamiento de Mahuarca (EMAPAL-EP)”. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21974/1/UPS-CT009600.pdf>

Ríos, D, González, E, López, J, Plottier, D, Broggi, G, Gómez, C y Lanfranconi, A. (2000.). Un aporte a la modelación matemática del proceso de floculación en potabilización de aguas. EN: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: Las Américas y la acción por el medio ambiente en el milenio (27o. : 3-8 de diciembre, 2000 : Porto Alegre, Brasil).. 10 p

Santiago D. Salas. (18 de junio de 2022). *Simulación de un tanque dinámico usando Python* [Archivo de Vídeo]. Youtube. [https://youtu.be/v9fGOHQMeIA\\_4nTCHtJs](https://youtu.be/v9fGOHQMeIA_4nTCHtJs)

Villanueva, L. y Quispe, L. (2020). Polímeros naturales para sustituir floculantes químicos en el tratamiento de aguas para consumo humano. Una revisión. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3323>

## 6.4 Fuentes electrónicas

Andía Cárdenas, Y. (2000). Tratamiento de agua- coagulación y floculación (Sedapal). Sedapal.

En Biotecnología, T. D. M., & Vargas, I. J. S. (2021). Modelado multiescala de un biorreactor de membrana para el tratamiento de aguas residuales con contenidos de grasas y aceites. [https://www.researchgate.net/profile/Jessica-Sanchez-Vargas-2/publication/350447697\\_Modelado\\_multiescala\\_de\\_un\\_biorreactor\\_de\\_membrana\\_para\\_el\\_tratamiento\\_de\\_efluentes\\_con\\_contenidos\\_de\\_grasas\\_y\\_aceites/links/6060274a92851cd8ce6fc672/Modelado-multiescala-de-un-biorreactor-de-membrana-para-el-tratamiento-de-efluentes-con-contenidos-de-grasas-y-aceites.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jessica-Sanchez-Vargas-2/publication/350447697_Modelado_multiescala_de_un_biorreactor_de_membrana_para_el_tratamiento_de_efluentes_con_contenidos_de_grasas_y_aceites/links/6060274a92851cd8ce6fc672/Modelado-multiescala-de-un-biorreactor-de-membrana-para-el-tratamiento-de-efluentes-con-contenidos-de-grasas-y-aceites.pdf)

Norde, W. (2011). Colloids and Interfaces in Life Sciences and Bionanotechnology (Second Edi). CRC Press. [http://dl.booktolearn.com/ebooks2/engineering/chemical/9781439817186\\_colloids\\_and\\_interfaces\\_in\\_life\\_sciences\\_and\\_bionanotechnology\\_d0af.pdf](http://dl.booktolearn.com/ebooks2/engineering/chemical/9781439817186_colloids_and_interfaces_in_life_sciences_and_bionanotechnology_d0af.pdf)

Vesga-Rodríguez, C. P., Donado-Garzón, L. D., & Weber-Shirk, M. (2019). Evaluación del desempeño de un modelo a escala del tanque de alta tasa de sedimentación en el tratamiento de agua potable. Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, (90), NA. <https://link.gale.com/apps/doc/A583655062/IFME?u=anon~de1a6fd0&sid=google Scholar&xid=ed9c2696>. DOI: 10.17533/udea.redin.n90a02

**ANEXO 01: Matriz de consistencia**

**Título: DISEÑO INFORMÁTICO EN UN PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES**

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema principal</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable 1.</b> Diseño informático  <b>Dimensiones V1</b>  <b>Variable 2.</b> <b>Dimensiones V2</b> Tratamiento de aguas superficiales.	<b>Población: -</b> <b>Muestra:</b> Scrip de datos.  <b>Enfoque.</b> Mixto  <b>Tipo de Investigación</b> Investigación aplicada  <b>Nivel de investigación:</b> Aplicativa  <b>Diseño:</b> Experimental
¿De qué manera se puede elaborar un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales?	Elaborar un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales.	La elaboración de un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales permitirá simular los procesos de tratamiento de aguas		
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>		
¿De qué manera se puede automatizar el proceso de coagulación?	Modelar el proceso de coagulación de una Planta de tratamiento de aguas residuales.	La elaboración de un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales permitirá automatizar el proceso de coagulación en tratamiento de aguas,		
¿De qué manera estimar el proceso de dosificación?	Modelar el proceso de dosificación de una Planta de tratamiento de aguas residuales	La elaboración de un diseño informático en un proceso de tratamiento de aguas superficiales permitirá simular el proceso de dosificación en tratamiento de aguas.		