



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE REACTIVOS ALTERNATIVOS (QUITOSANO Y  
MAGNAFLOC) AL SULFATO DE ALUMINIO EN LA REDUCCIÓN DE LA  
TURBIDEZ DE LAS AGUAS DEL RÍO DE LA QUEBRADA DE JICAMARCA 2016**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**ENCARNACIÓN VALVERDE, NÉSTOR FÉLIX**

**ASESOR:**

**DR. LORGIO VALDIVIEZO GONZALES**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
INGENIERÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**LIMA-PERÚ**

**2016-I**



JURADO

Autor: Néstor Félix Encarnación Valverde

Tesis titulada “Evaluación de reactivos alternativos (Quitosano y Magnafloc) al Sulfato de Aluminio en la reducción de la turbidez de las aguas del Río de la quebrada de Jicamarca 2016”.

---

Dr. Ing. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzáles  
Presidente

---

Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores  
Secretario

---

Dr. Ing. Rita Cabello Torres  
Vocal

## Dedicatoria

Dedico el estudio con esfuerzo y dedicación a: Mis queridos padres Néstor y Yenny porque siempre confiaron en mí, por la educación que me brindaron, por el amor que siempre me han demostrado y porque constituyen los principales pilares de mi vida, a mi amada hija Ivanna Katuska, por ser mi mayor motivación para lograr todos los objetivos que me he planteado y porque desde que vino al mundo me cambio la vida y a mi compañera adorada Katuska porque siempre está a mi lado en todo

## Agradecimiento

Primeramente agradezco a Dios por derramar su bendición sobre mí y permitirme hacer realidad este sueño tan anhelado y sobre todo por regalarme cada segundo de vida para disfrutar de ella con las personas que tanto quiero.

A mis padres, con quienes siempre estaré en deuda por todo lo que hicieron para hacer de mí un hombre de bien y lograr que ahora más que nunca se sientan orgullosos al verme cumplir este primer gran paso en mi vida profesional, mi agradecimiento con ellos siempre será eterno, a todos mis familiares que me brindaron su apoyo, a mi hermana Gisella por sus consejos y todo su cariño, a la madre de mi hija por comprenderme y apoyarme en momentos difíciles. A mi abuelita adorada Eugenia por enseñarme que todo se puede con mucho esfuerzo.

A la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A todos mis maestros por enseñarme siempre algo nuevo.

A todos mis amigos y compañeros que logre hacer en la universidad en todo mi periodo de estudios, quiero agradecerles por regalarme algo tan preciado que se llama amistad y por hacer de la universidad una segunda casa, muy acogedora y de entrañables recuerdos que estoy seguro siempre voy a extrañar.

A la Directora de la Escuela Académica de Ingeniería Ambiental Dra. Verónica Tello, quien en algún momento también fue mi profesora, por su esfuerzo y dedicación y sobre todo por su amistad

A mi asesor de tesis, Dr. Lorgio Valdiviezo, por su paciencia y motivación, su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

### Declaración de autenticidad

Yo, ENCARNACIÓN VALVERDE NÉSTOR FÉLIX con DNI N° 42532268, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticas y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto por las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, julio del 20016

ENCARNACIÓN VALVERDE, NÉSTOR FÉLIX  
**Nombres y Apellidos del tesista**

## Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada: “Evaluación de Reactivos alternativos (Quitosano y Magnafloc) al Sulfato de Aluminio en la reducción de la turbidez de las aguas del Río de la quebrada de Jicamarca 2016”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Néstor Félix Encarnación Valverde

# INDICE GENERAL

JURADO .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Declaración de autenticidad .....	vi
Presentación .....	vii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática .....	1
1.2 Trabajos Previos.....	2
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	8
Tipos de Floculación.....	17
1.4 Formulación del problema.....	20
1.5 Justificación del estudio .....	20
1.6 Hipótesis.....	20
1.7 Objetivos.....	21
II. MÉTODO .....	22
2.1 Diseño de investigación .....	22
2.2 Variables, operacionalización.....	22
Variables independientes: Dosis de reactivos ( <i>cuantitativa</i> ).....	22
Variables dependientes: Turbidez del agua ( <i>cuantitativa</i> ).....	22
2.3 Población y muestra.....	25
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	26
2.5 Métodos de análisis de datos.....	30
2.6 Aspectos éticos.....	30
III. RESULTADOS .....	30
3.1 ETAPA I: Fase de campo – Colecta de muestras .....	30
3.3 ETAPA II: Prueba de Jarras.....	36
3.4 ETAPA III: Determinación de Volumen de lodos .....	46
3.5 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS REACTIVOS.....	48



IV. DISCUSIÓN .....	63
V. CONCLUSIÓN .....	65
VI. RECOMENDACIONES .....	66
VII. REFERENCIAS.....	67
ANEXOS .....	69
Instrumentos de recolección.....	77

## Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	23
Tabla 2. <b>Ficha de ubicación de Puntos de Muestreo</b> .....	31
Tabla 3. <b>Ficha de ubicación del Punto N° 2 de Muestreo</b> .....	33
Tabla 4. <b>Ficha de ubicación del Punto N° 3 de Muestreo</b> .....	34
Tabla 5. Matriz de parámetros del agua .....	36
Tabla 6. Matriz de parámetros de los reactivos .....	37
Tabla 7. Ensayo con Sulfato de Aluminio .....	42
Tabla 8. Ensayo con Quitosano.....	43
Tabla 9. Ensayo con Magnafloc .....	44
Tabla 10. Determinación del volumen de lodo de las muestras con mayor eficiencia (1L).....	47
Tabla 11. Masa de crisoles vacíos.....	47
Tabla 12. . Cálculo de la eficiencia por tipo de reactivo utilizado .....	49
Tabla 13. Tabla de datos para evaluación estadística .....	50
<b>Tabla 14. Comparación de medias en relación a la eficiencia en la reducción de la turbidez del quitosano en relación al sulfato de aluminio .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 15. ANOVA de un factor .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 16. Comparación de medias en relación a la eficiencia en la reducción de la turbidez del magnafloc en relación al sulfato de aluminio.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 17. ANOVA de un factor .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 18. Comparación de medias en relación a la eficiencia en la reducción de la turbidez empleando sulfato de aluminio, quitosano y magnafloc.....</b>	<b>54</b>

## Índice de Figuras

Figura 1. Quitosano.....	11
Figura 2. Doble capa de una partícula coloidal.....	11
Figura 3. Coagulación.....	12
Figura 4. Fragmentos de floc reestablecido.....	14
Figura 5. Fases de la coagulación.....	15
Figura 6. Floculación.....	17
Figura 7. Secuencia Metodológica.....	24
Figura 8. Equipos: Turbidímetro, pH metro y GPS.....	29
Figura 9. Punto N° 1. Toma de muestras aguas arriba (cabecera del río).....	32
Figura 10. Valores de pH que presentan los puntos muestreados en el área de estudio.....	35
Figura 11. Valores de turbidez de los puntos muestreados en el área de estudio.....	35
Figura 12. Reactivos a utilizar en la prueba de jarras.....	38
Figura 13. Jeringas empleadas en los experimentos como dosificadores.....	38
Figura 14. Equipo turbidímetro con calibrador para medir la turbidez.....	39
Figura 15. Configuración del equipo de test de jarras.....	40
Figura 16. Muestras con alta turbidez puestas en el test de jarras (antes de tratamiento).....	41
Figura 17. Muestras con baja turbidez (después de tratamiento).....	41
Figura 18. Valores de turbidez obtenidos con el turbidímetro.....	42
Figura 19. Gráfica de eficiencia del $Al_2(SO_4)_3$ según dosificación del reactivo.....	43
Figura 20. Gráfica de eficiencia del Quitosano según dosificación del reactivo.....	44
Figura 21. Gráfica de eficiencia del Magnafloc según dosificación del reactivo.....	45
Figura 22. Cuadro comparativo de eficiencia entre los tres reactivos utilizados.....	45
Figura 23. . Materiales empleados en laboratorio para determinar volumen y lodo seco de las muestras.....	46
Figura 24. Mufla para secado de muestras.....	47
Figura 25. Cantidad de lodo obtenido luego del proceso de secado.....	48
Figura 26. Resumen de resultados.....	49
Figura 27. Grafica de medias del % de eficiencia en la reducción de la turbidez utilizando sulfato de aluminio y quitosano.....	51
Figura 28. Grafica de medias del % de eficiencia en la reducción de la turbidez utilizando sulfato de aluminio y magnafloc.....	53
Figura 30. Grafica de concentración de sulfato de aluminio (dosis suministradas) y el % de reducción de turbidez.....	56
Figura 31. Grafica de concentración de quitosano (dosis suministradas) y el % de reducción de turbidez.....	58
Figura 32. Grafica de concentración de magnafloc (dosis suministradas) y el % de reducción de turbidez.....	60
Figura 33. Grafica de concentración de reactivos (dosis suministradas) y el % de reducción de turbidez.....	61

## Índice de Anexos

Anexo N° 1. Área de estudio .....	69
Anexo N° 2. Muestreo .....	69
Anexo N° 3. Procedimiento de trabajo en campo .....	71
Anexo N° 4. Resultados de análisis Punto N° 1.....	72
Anexo N° 5 Resultado de análisis Punto N° 2 y Punto N° 3.....	73
Anexo N° 6. Resultado DE análisis Punto N° 3 .....	74
Anexo N° 7.Replica ensayo 1 .....	75
Anexo N° 8. Replica ensayo 3 .....	76
Anexo N° 9. Algunos datos del Magnafloc.....	76

## RESUMEN

El objetivo general del trabajo de investigación fue comparar la eficiencia que tienen los reactivos Quitosano y Magnafloc frente al Sulfato de Aluminio al disminuir la alta turbidez de una muestra de agua del río de la quebrada de Jicamarca y determinar la concentración del reactivo más eficiente con la intención de encontrar un posible reemplazo al sulfato de aluminio, ya que este coagulante químico está asociado según diversos estudios científicos con problemas neurológicos como el Alzheimer.

En la primera parte del procedimiento, se realizó un muestreo preliminar en el área de estudio para contrastar la contaminación de sus aguas y sobre todo para evidenciar que estas presenten alta turbidez, de manera que el punto de muestreo con mayor turbidez sirviera de fuente principal para la colecta de las muestras, se tomó 40 litros de muestra con alta turbidez (510 NTU) y estas fueron llevadas al laboratorio de fisicoquímica de la Universidad César Vallejo para su análisis y tratamiento. La segunda parte consistió en poner a prueba los reactivos: Quitosano y Magnafloc (polímeros amigables con el medio ambiente), junto con el coagulante químico Sulfato de aluminio en el equipo de prueba de jarras para realizar el proceso de coagulación. En la tercera parte se cuantificó la cantidad de lodo que se genera para cada uno de los tres reactivos, calculando volumen y masa de los lodos: obteniendo 93 mL y 39.70 g de lodo con el sulfato de aluminio, 84mL y 36.70 g con el quitosano y 87mL de volumen y 33.71 g de lodo con el magnafloc. La eficiencia promedio para reducir la turbidez de los reactivos fue de %97.54, %92,04 y %94. 3 para cada uno de ellos siguiendo el mismo orden.

Palabras clave: Coagulación, Prueba de Jarras, turbidez, Quitosano, Magnafloc.

## ABSTRACT

The overall objective of the research is to compare the efficiency with the Chitosan and Magnafloc reactive with aluminum sulfate to reduce the high turbidity of a sample of water from the river gorge Jicamarca and determine the concentration of the most efficient reagent with the attempt to find a possible replacement to aluminum sulfate, as this chemical coagulant is associated with neurological disorders such as Alzheimer's.

In the first part of the procedure, a preliminary sampling was conducted in the study area to test the pollution of its waters and above all to show that these present high turbidity, so that the sampling point more turbidity serve as the principal source for the collection of samples, 40 liter sample was taken with high turbidity and these were taken to the laboratory of physical chemistry at the University Cesar Vallejo for analysis and treatment. The second part consisted of test reagents: Chitosan and Magnafloc (polymers friendly to the environment), along with the chemical coagulant aluminum sulfate test equipment pitchers to perform the coagulation process. In the third part the amount of sludge that is generated for each of the three reagents, calculating volume and mass of sludge was quantified: obtaining 93 ml and 39.70 g of clay with aluminum sulfate, 84ml and 36.70 g with chitosan and 87ml volume and 33.71 g mud with Magnafloc. The average efficiency to reduce turbidity of the reagents was 97.54%, 92.04% and 94%. 3 for each of them in the same order.

Keywords: Coagulation, jar test, turbidity, Chitosan, Magnafloc.