



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Eficiencia de nanopartículas de magnetita en la reducción del cromo hexavalente a cromo trivalente en el suelo del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), Cerro Colorado – Arequipa, 2018”

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

**AUTORA:**

RUIZ MARCELO, MARDELLY

**ASESORA:**

M.SC. CECILIA CERMEÑO CASTROMONTE,

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

LIMA – PERÚ

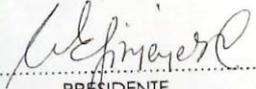
2018 – I

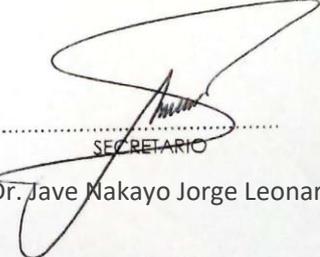
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don  
 (a) Florencia Ruiz Morcillo

cuyo título es: Extracción de Nanopartículas de Floquetina mlp  
 de la planta del Grupo Hexavalente a grano  
 Análisis en el Punto del Pango Industrial de  
 Pisco (PIPS), en el Condado Pisco - 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por  
 el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (número)  
Quince (letras).

Los Olivos 16 de Julio del 2018

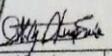
  
 .....  
 PRESIDENTE  
 Dr. Jiménez Calderón Cesar

  
 .....  
 SECRETARIO  
 Dr. Jave Nakayo Jorge Leonardo



  
 .....  
 VOCAL  
 M.Sc. Cecilia Cermeño Castromonte

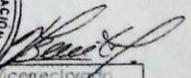


Elabora   
 Dirección de Investigación

Revisó

  
 Responsable del SGC



Aprobo   
 Vicerectorado de Investigación

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, Ana María Marcelo De La Cruz y Johnni Nelson Alor García, por brindarme todo su amor apoyándome en cada etapa de mi vida e inculcándome buenas enseñanzas, a nunca rendirme y ser perseverante en la vida.

A mi hermana Anggie Alor Marcelo que siempre está conmigo, brindándome su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, en mis estudios y también su apoyo en el proceso de la investigación.

A mi papito Arsenio Marcelo que está en el cielo y me protege en todo momento.

A mis abuelitos, por sus consejos de vida y por todo su cariño que día a día me brindan.

A una persona especial, Antony Escolastico, que siempre estuvo apoyándome, siempre aconsejándome, que nunca dejó que me rindiera y que siempre quiso que me superara como persona y profesionalmente.

A mis profesores y asesores por todos sus conocimientos y paciencia.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida profesional, por darme voluntad y seguir adelante con mis metas, enfrentando los obstáculos que se me atravesaron en cada momento y a mi familia que me apoyaron en cada momento a culminar mi investigación y motivarme a seguir adelante.

A mí Tía Yolanda y mis primos Luis y Katty Molina, por brindarme su ayuda en la ejecución de la Tesis.

A mi asesora, la M.Sc. Cecilia Castromonte, por guiarme en el desarrollo de la Tesis y sus aportes que me ayudaron a concretar la investigación.

A la Universidad Cesar Vallejo, donde me forme profesionalmente todos estos años y por brindarme buenos profesores, que me transmitieron todos sus conocimientos y consejos para crecer como persona y profesionalmente.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Ruiz Marcelo, Mardelly con DNI N° 74929396, 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 auténticos y veraces

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

Lima, 16 de Julio del 2018



---

Mardelly Ruiz Marcelo

DNI: 74929396

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros  
del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Eficiencia de nanopartículas de magnetita en la reducción del Cromo Hexavalente a Cromo Trivalente en el suelo del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), Cerro Colorado – Arequipa 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniera Ambiental.

Mardelly Ruiz Marcelo  
DNI: 74929396

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Realidad Problemática .....	18
1.2. Trabajos Previos .....	19
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	22
1.3.1. PIRS .....	22
1.3.2. El suelo.....	22
1.3.3. Contaminación.....	23
1.3.4. Suelo Contaminado .....	23
1.3.5. Conductividad Eléctrica (CE).....	23
1.3.6. Potencial Redox (Eh) .....	24
1.3.7. Potencial de Hidrogeno (pH).....	24
1.3.8. Cromo .....	24
1.3.8.1. Cromo Hexavalente (Cr VI) .....	25
1.3.8.2. Cromo Trivalente (Cr III).....	25
1.3.9. Nanotecnología.....	25
1.3.10. Nanopartículas.....	26
1.3.11. Magnetita .....	26
1.3.12. Nanopartícula de Magnetita.....	27
1.3.13. Porcentaje de Eficiencia.....	27
1.3.14. Proceso de reducción del Cromo Hexavalente (Cr+6) .....	27
1.3.15. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo .....	27
1.4. Formulación del problema.....	28

1.4.1.	Problema general.....	28
1.4.2.	Problemas específicos.....	28
1.5.	Justificación del estudio.....	29
1.6.	Hipótesis.....	30
1.6.1.	Hipótesis General.....	30
1.6.2.	Hipótesis Específicos.....	30
1.7.	Objetivo.....	31
1.7.1.	Objetivos General.....	31
1.7.2.	Objetivos Específicos.....	32
II.	MÉTODO.....	33
2.1.	Diseño de Investigación.....	33
2.1.1.	Tipo de Investigación.....	33
2.1.2.	Nivel de Investigación.....	33
2.1.3.	Diseño Metodológico.....	33
2.1.4.	Temporalidad de Investigación.....	33
2.2.	Variables y Operacionalización.....	34
2.3.	Población y Muestra.....	35
2.3.1.	Población.....	35
2.3.2.	Muestra.....	37
2.4.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	40
2.4.1.	Técnica.....	40
2.4.2.	Instrumentos.....	40
2.4.3.	Validación.....	41
2.4.4.	Confiabilidad.....	42
2.5.	Método de análisis de Datos.....	42
2.5.1.	Metodología de Trabajo de Campo.....	42
2.5.2.	Metodología de trabajo de laboratorio.....	49
2.6.	Aspectos Éticos.....	62
III.	RESULTADOS.....	62
3.1.	Características del suelo.....	62
3.1.1.	Variación del Potencial de Hidrogeno (pH) con los Tratamientos de Nanopartículas de Magnetita.....	62

3.1.2.	Variación de la Conductividad Eléctrica (CE) con los tratamientos de Nanopartículas de Magnetita.....	74
3.1.3.	Variación del Potencial Redox (Eh) con los Tratamientos de Nanopartículas de Magnetita.....	87
3.2.	Eficiencia de las Nanopartículas de Magnetita para la Reducción del Cr (VI) .	100
3.2.1.	Eficiencia de las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo M1: Orilla .....	101
3.2.2.	Eficiencia de las Nanopartículas en la muestra de suelo M2: 6 Metros 105	
3.2.3.	Eficiencia de las Nanopartículas en la muestra de suelo M3: 9 Metros 109	
IV.	DISCUSION DE RESULTADOS.....	115
V.	CONCLUSIONES.....	116
VI.	RECOMENDACIONES .....	118
VII.	REFERENCIAS.....	119
VIII.	ANEXOS: .....	122
	Anexo N°1: Fotografías .....	122
	Anexo N° 2: Ficha de Muestreo de Suelos.....	124
	Anexo N° 3: Ficha de Registro de análisis de Cromo Hexavalente .....	125
	Anexo N° 4: Información de Magnetita Utilizada por Muestra .....	125
	Anexo N° 5: Estándares de Calidad del Suelo, DS N° 011-2017-MINAN.....	126
	Anexo N° 6: Resultados de Iniciales de las Muestras del Suelo del Parque Industrial de Rio Seco (PIRS).....	127
	Anexo N° 7: Resultados Finales de la muestras de suelo después de la adición de las Nanopartículas de Magnetita. ....	128
	Anexo N° 8: Resultados Finales por cada repetición convertidos a miligramo por kilogramo (mg/kg), según como piden en el ECA para suelo DS N° 011-2017-MINAN. ....	129
	Anexo N° 9: Constancia de Laboratorio.....	130
	Anexo N° 10: Validación de Instrumento A .....	131
	Anexo N° 11: Validación de Instrumento B.....	133
	Anexo N° 12: Validación de Instrumento C.....	135
	Anexo N° 13: Validación de Instrumento D .....	137
	Anexo N° 14: Matriz de Consistencia.....	139

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Tamaño Relativos de la Células.....	26
Figura N° 2: Parque Industrial de Rio Seco - PIRS .....	35
Figura N° 3: Plano N° 01 Mapa de Ubicación del Estudio Realizado .....	36
Figura N° 4: Muestras de suelo de la Orilla de Inundación .....	38
Figura N° 5: Muestras de suelo a partir de los 6 metros de la Orilla de Inundación .....	39
Figura N° 6: Delimitación del suelo para el muestreo de suelo .....	43
Figura N° 7: Muestreo de suelos de la orilla mediante el Patrón de Muestreo con Distribución Heterogénea: Zigzag .....	44
Figura N° 8: Plano N° 02 Ubicación de los Puntos de Muestreo en las Orillas, en forma de Zigzag .....	45
Figura N° 9: Muestreo de suelos después de 6 metros de la Orilla de Inundación .....	46
Figura N° 10: Plano N° 03 Ubicación de los Puntos Muestreados a 6 y 9 mts. de la Orilla, en forma de Aleatorio Simple.....	47
Figura N° 11: Profundidad del muestreo según el uso del suelo.....	48
Figura N° 12: Recipientes de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes .....	49
Figura N° 13: Método Realizado en el Cuarteo de Muestra .....	50
Figura N° 14: Preparación de las Muestras del Suelo.....	50
Figura N° 15: Preparación de la Solución para Hallar los Parámetros Fisicoquímicos.....	51
Figura N° 16: Proceso de Agitación Continua .....	51
Figura N° 17: Proceso de Filtración de las Muestras .....	52
Figura N° 18: Proceso de para hallar el Porcentaje de Humedad del suelo.....	53
Figura N° 19: Determinación del Porcentaje de Humedad .....	53
Figura N° 20: Proceso para la Estructura del suelo.....	55
Figura N° 21: Preparación de la Muestra para Permeabilidad .....	56
Figura N° 22: Proceso para hallar la Permeabilidad del suelo .....	56
Figura N° 23: Determinación de la Constante de Permeabilidad (k) .....	57
Figura N° 24: Observación de las partículas de magnetita.....	59
Figura N° 25: Combinación homogénea de la muestra del suelo contaminado con las NPS de Magnetita.....	60
Figura N° 26: Repeticiones de las 3 muestra de suelo contaminado (Cr (VI)) con las 3 dosis de NPS magnetita .....	60
Figura N° 27: Tratamientos de la Muestra de suelo con Magnetita .....	61

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 1: Correlación del pH del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo "M1: ORILLA" .....	66
---	----

Grafico N° 2: Correlación del pH del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “6 METROS” .....	69
Grafico N° 3: Correlación del pH del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “9 METROS” .....	73
Grafico N° 4: Magnetita (gr) Vs pH final del suelo .....	73
Grafico N° 5: Correlación de la CE del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1” .....	78
Grafico N° 6: Correlación de la CE del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “6 METROS” .....	82
Grafico N° 7: Correlación de la CE del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M3” .....	86
Grafico N° 8: Magnetita (g) Vs CE final del suelo .....	86
Grafico N° 9: Correlación del Eh del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1” .....	91
Grafico N° 10: Correlación del Eh del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “6 METROS” .....	95
Grafico N° 11: Correlación del Eh del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M3” .....	99
Grafico N° 12: Magnetita (g) Vs Eh final del suelo .....	99
Grafico N° 13: Eficiencia de las Nanopartículas de Magnetita .....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operacional de Variables .....	34
Tabla N° 2: Coordenadas de ubicación del Parque Industrial de Rio Seco - PIRS .....	35
Tabla N° 3: Codificación y Coordenadas de las Muestras de suelo de la Orilla de Inundación.....	38
Tabla N° 4: Codificación y Coordenadas de las Muestras de suelo a partir de los 6 metros de la Orilla de Inundación.....	39
Tabla N° 5: Determinación del Porcentaje de Humedad de las muestras.....	53
Tabla N° 6: pH del suelo – Tratamientos con Concentraciones de Nanopartículas de Magnetita en las muestras de suelo “M1, M2 y M3” .....	62
Tabla N° 7: Relación del pH del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M1” .....	63
Tabla N° 8: pH final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita.....	63
Tabla N° 9: Prueba de Normalidad de la Reducción del pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita .....	64
Tabla N° 10: Prueba de Correlacional de Pearson para pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “ORILLA” .....	65
Tabla N° 11: Relación del pH del suelo con Magnetita (gr) Utilizada en las muestras “M2” .....	66

Tabla N° 12: pH final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita.....	67
Tabla N° 13: Prueba de Normalidad de la Reducción del pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita .....	67
Tabla N° 14: Prueba de Correlacional de Pearson para pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “6 METROS” .....	68
Tabla N° 15: Relación del pH del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M3” .....	70
Tabla N° 16: pH final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita.....	70
Tabla N° 17: Prueba de Normalidad de la Reducción del pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita .....	71
Tabla N° 18: Prueba de Correlacional de Pearson para pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “9 METROS” .....	72
Tabla N° 19: CE del suelo – Tratamientos con Concentraciones de Nanopartículas de Magnetita en las muestras de suelo “M1, M2 y M3” .....	74
Tabla N° 20: Relación de la CE del suelo con Magnetita (gr) Utilizada en las muestras “M1” .....	75
Tabla N° 21: CE final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1” .....	75
Tabla N° 22: Prueba de Normalidad del aumento de la CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M1” .....	76
Tabla N° 23: Prueba de Correlacional de Pearson para pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M1” .....	77
Tabla N° 24: Relación de la CE del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M2” .....	78
Tabla N° 25: CE final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M2” .....	79
Tabla N° 26: Prueba de Normalidad de la Reducción del CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita de la muestra “M2” .....	80
Tabla N° 27: Prueba de Correlacional de Pearson para CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “6 METROS” .....	81
Tabla N° 28: Relación de la CE del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M3” .....	82
Tabla N° 29: CE final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M3” .....	83
Tabla N° 30: Prueba de Normalidad del aumento de la CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M3” .....	84
Tabla N° 31: Prueba de Correlacional de Pearson para CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M3” .....	85
Tabla N° 32: Eh del suelo – Tratamientos con Concentraciones de Nanopartículas de Magnetita en las muestras de suelo “M1, M2 y M3” .....	87
Tabla N° 33: Relación del Eh del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M1” .....	88

Tabla N° 34: Eh final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1” .....	88
Tabla N° 35: Prueba de Normalidad del aumento del Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M1” .....	89
Tabla N° 36: Prueba de Correlacional de Pearson para el Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M1” .....	90
Tabla N° 37: Relación del Eh del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M2” .....	91
Tabla N° 38: Eh final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita .....	92
Tabla N° 39: Prueba de Normalidad del aumento del Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita de la muestra “M2” .....	93
Tabla N° 40: Prueba de Correlacional de Pearson para el Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “6 METROS” .....	94
Tabla N° 41: Relación del Eh del suelo con Magnetita (gr) Utilizada en las muestras “M3” .....	95
Tabla N° 42: Eh final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M3” .....	96
Tabla N° 43: Prueba de Normalidad del aumento del Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M3” .....	97
Tabla N° 44: Prueba de Correlacional de Pearson para el Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M3” .....	98
Tabla N° 45: Cr (VI) en el suelo – Tratamientos con Concentraciones de Nanopartículas de Magnetita en las muestras de suelo “M1, M2 y M3” .....	100
Tabla N° 46: Cr (VI) en el suelo – Tratamientos con dosis de Nanopartículas de Magnetita en la muestra “M1” .....	101
Tabla N° 47: Eficiencia de Nanopartículas de Magnetita .....	101
Tabla N° 48: Prueba de Normalidad de la Reducción de las concentraciones del Cr VI a partir de los tres Tratamientos con magnetita .....	102
Tabla N° 49: Prueba de ANOVA para la Concentración final de Cr Vi a partir de los tres tratamientos con Magnetita .....	103
Tabla N° 50: Prueba de Homogeneidad de Varianzas de Levene .....	104
Tabla N° 51: Prueba de Post Hoc – Tukey .....	104
Tabla N° 52: Cr (VI) en el suelo – Tratamientos con dosis de Nanopartículas de Magnetita en la muestra “M2” .....	105
Tabla N° 53: Eficiencia de Nanopartículas de Magnetita .....	106
Tabla N° 54: Prueba de Normalidad de la Reducción de las concentraciones del Cr VI a partir de los tres Tratamientos con magnetita .....	106
Tabla N° 55: Prueba de ANOVA para la Concentración final de Cr VI a partir de los tres tratamientos con Magnetita .....	107
Tabla N° 56: Prueba de Homogeneidad de Varianzas de Levene .....	108
Tabla N° 57: Prueba de Post Hoc – Tukey .....	108
Tabla N° 58: Cr (VI) en el suelo – Tratamientos con dosis de Nanopartículas de Magnetita en la muestra “M3” .....	109

Tabla N° 59: Eficiencia de Nanoparticulas de Magnetita.....	110
Tabla N° 60: Prueba de Normalidad de la Reducción de las concentraciones del Cr VI a partir de los tres Tratamientos con magnetita .....	110
Tabla N° 61: Prueba de ANOVA para la Concentración final de Cr VI a partir de los tres tratamientos con Magnetita.....	111
Tabla N° 62: Prueba de Homogeneidad de Varianzas de Levene .....	112
Tabla N° 63: Prueba de Post Hoc – Tukey.....	113

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Parque Industrial de Río Seco del distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa, se planteó como objetivo determinar la eficiencia de las Nanopartículas de Magnetita para la reducción del cromo hexavalente a cromo trivalente en el suelo del Parque Industrial de Río Seco, Cerro Colorado – Arequipa, 2018, por ello la selección de la muestra se tomó por convicción y por facilidad de acceso al investigador, siendo 22 muestras y cada una con 1 kg de suelo, estas muestras se homogenizó según las distancias de donde se extrajeron, quedando solo 3 muestras que son “Orilla”, “6 Metros” y “9 Metros”, en los reportes iniciales se encontraron concentraciones de 146 mg/kg, 126 mg/kg y 67 mg/kg de Cr (VI).

Para el desarrollo de la investigación en las 3 muestras de suelo del Parque Industrial de Río Seco, se emplearon 3 tratamientos con 3 repeticiones cada uno en cada una de las 3 muestras, el tratamiento 1 con una dosis de 15 gramos de Magnetita, el tratamiento 2 con 30 gramos de Magnetita y en el tratamiento 3 con 45 gramos de magnetita, se hizo directamente a las 3 muestras de suelo, mezclándolo cada 4 días con un poco de agua; al final del experimento (3 semanas), se realizó el análisis del Cromo Hexavalente de las muestras de suelo, llevándose al Laboratorio de la UNI y luego al Laboratorio de LC ICA DEL PERÚ S.A.C., para determinar el Cr VI, mediante método del EPA 3060 según lo indica la norma del ECA del suelo. El desarrollo de las nanopartículas de magnetita en los 3 tratamientos “T1”, “T2” y “T3”, tuvieron diferencia significativas, para las concentraciones finales del Cromo Hexavalente en el suelo, se observó que el Tratamiento N° 3 en las muestras de suelo “Orilla”, “6 Metros” y “9 Metros”, tuvo mayor efecto en la reducción del Cr VI, con una eficiencia del 99.96%, 99.93% y 99.93% respectivamente.

Se concluyó que el Tratamiento N° 3 con 45 gramos de magnetita en un 1 kg de suelo es más eficiente que los otros tratamiento para la reducción del Cr VI.

**Palabras Claves:** Nanopartículas, Magnetita, Reducción, Cromo Hexavalente, suelo.

## ABSTRACT

The present investigation is in the "Parque Industrial de Río Seco" of the district of Cerro Colorado, province and department of Arequipa, the objective was to determine the efficiency of Magnetite Nanoparticles for the reduction of hexavalent chromium in a trivalent chromium in the soil of the Industrial Park of Río Seco, Cerro Colorado - Arequipa, 2018, for this reason the selection of the sample was based on conviction and ease of access to the researcher, with 22 samples and each with 1 kg of soil, these samples were homogenized according to the distances from which they were extracted, leaving only 3 samples that are "Shore", "6 Meters" and "9 Meters", in the reports were found concentrations of 146 mg / kg, 126 mg / kg and 67 mg / kg of Cr (VI).

For the development of the research in the 3 soil samples of the Rio Seco Industrial Park, 3 treatments were used with 3 repetitions each in each of the 3 samples, treatment 1 with a dose of 15 grams of Magnetite, the treatment 2 with 30 grams of magnetite and in treatment 3 with 45 grams of magnetite, made directly to the 3 soil samples, mixing it every 4 days with a little water; At the end of the experiment (3 weeks), Hexavalent Chromium analysis of the soil samples was carried out, taking it to the UNI Laboratory and then to the LC Laboratory ICA DEL PERÚ SAC, to determine the Cr VI, by means of the EPA 3060 method as indicated by the soil ECA standard. The development of the magnetite nanoparticles in the 3 treatments "T1", "T2" and "T3", had significant differences, for the final concentrations of hexavalent chromium in the soil, it was observed that the Treatment No. 3 in the samples of Soil "Shore", "6 Meters" and "9 Meters", had greater effect in the reduction of Cr VI, with an efficiency of 99.96%, 99.93% and 99.93% respectively.

It was concluded that Treatment No. 3 with 45 grams of magnetite in 1 kg of soil is more efficient than the other treatments for the reduction of Cr VI.

**Key words:** Nanoparticles, Magnetite, Reduction, Hexavalent chromium, soil.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad existen diferentes métodos para descontaminar los suelos y uno de ellos es el empleo de la nanociencia, que nos ha llevado a descontaminar el medio ambiente de forma más rápida y eficaz. De la misma manera en el distrito de Cerro Colorado, provincia Arequipa, en el Parque Industrial de Rio Seco busca descontaminar el suelo, que durante los años las empresas que actualmente están instaladas han arrojado sus desechos, dejando un gran foco de contaminación para las personas que viven ahí, como también para las plantas y los animales que habitan o llegan al lugar.

La contaminación de suelos por metales pesados ocasionan toxicidad, infertilidad en los suelos y a las personas que tienen contacto con ello la muerte, por eso en el Parque Industrial de Rio Seco, donde se encuentran más de 30 empresas y las empresas que más contaminan son las de Curtiembre, estos han botado sus desechos directos al suelo, estos suelos tiene contenidos de hasta 184 mg/kg de cromo hexavalente, los cuales superan los estándares permitidos para los suelos residenciales, agrícolas y hasta los industriales.

Por eso es necesario realizar investigaciones que brinden soluciones amigables con el medio ambiente, las personas y animales que habitan en el lugar, es por eso que la investigación tiene como objetivo reducir las concentraciones del cromo hexavalente que se encuentran en los suelos del Parque Industrial de Rio Seco a través de la nueva tecnología, como son las nanopartículas de magnetita

## 1.1. Realidad Problemática

En el Perú, el suelo se ha visto afectado por la contaminación de diversas actividades antropogénicas, tales como, el uso de pesticidas, los vertidos de efluentes industriales, los relaves mineros, erosión hídrica y eólica, el crecimiento de la población, entre otros. A esto se le suman factores naturales como el cambio climático, el cual debilita el medio haciéndolo más vulnerable y frágil.

NAVARRO (1996), afirma en su publicación *“Contaminación de suelos y aguas subterráneas por vertidos industriales”*, que el suelo es un recurso, la cual se debe preservar, debido a su papel de filtro físico, químico y biológico que realiza para la infiltración de recarga a los acuíferos.

Debido a las industrias en el Perú, no solo llegan a afectar la calidad del agua y del aire, sino también la calidad del suelo, la cual pierde propiedades físicas y químicas, por la contaminación de metales pesados generadas por efluentes líquidos de las industrias, en distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, región de Arequipa se encuentra el Parque Industrial Rio Seco, que según el Acuerdo Regional N° 077-2017-GRA/CR-AREQUIPA, se identificaron 96 empresas de cuero, estas empresas tienen lagunas de oxidación para el tratamiento de efluentes líquidos, las cuales hoy en día las plantas de tratamiento han colapsado y los efluentes son vertidos directamente al suelo, producto de este proceso industrial sustancias peligrosas son arrojadas al ambiente uno de ellos es el cromo (Cr), la cual se hicieron análisis de los contaminantes que traía los efluentes, en el Informe de Ensayo realizado por “Laboratorios Analíticos del Sur”, se observó en los resultados que el Cromo VI tiene una concentración de 12,476 mg/l, la cual no cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para agua – categoría 4 para la conservación del medio acuático con valor de 0.11 mg/l; ya que los efluentes tienen una concentración alta de cromo y estos vertidos han estado aproximadamente 10 años, sin ninguna medida por parte de las empresas ni del Gobierno Regional, el suelo se ha visto afectado por la filtración de los efluentes de curtiembre y contaminado por la alta

concentración de cromo que se encontró en los efluentes alterando sus propiedades químicas generada por estos efluentes líquidos, esta fuentes también afecta a la población en la salud por lo mismo que están en contacto directo con el suelo.

Esta investigación contribuye a la mejora de la calidad de vida de la población, a la agricultura aledaña y a recuperar el suelo que ha sido dañado y que en su posteridad pueda ser habitado o usado por las poblaciones futuras que llegan a asentarse en la zona.

## 1.2. Trabajos Previos

SOTELO, Adriana (2012), en la investigación titulada “*Especiación de cromo en la solución del suelo de tres suelos enmendados con biosólidos bajo diferentes condiciones oxidoreductoras*”, nos menciona que al conocer la especiación de cromo en suelo con aplicación de diferente tecnologías, nos concede fijar el riesgo ambiental que genera el empleo al suelo de biosólidos con grandes cantidades de cromo, se puede observar también como el cromo en sus diferentes estados de oxidación reaccionan con el hierro, el magnesio y como el pH según la especiación del cromo en suelo, procesos que controlan la transformación del cromo en el suelo, como el procesos de óxido – reducción por el que pasa el cromo para controlarlo ambientalmente y poder observar las implicación del cromo químicamente por aplicación de biosólidos.

ROBLES Y RODRIGUEZ (2017), en la investigación titulada “*Síntesis de nanopartículas de Magnetita usando extracto de cascara de papaya*”, nos menciona que la síntesis de nanopartículas de magnetita  $Fe_3O_4$  mediante reacciones simples se puede obtener del extracto de cascara de papaya, para realizar la síntesis se comprobó la cantidad de glucosa presente en las cáscaras puesto que como agente reductor en la reacción es esencial el carbohidrato, la síntesis de nanopartículas se desarrolla para tres muestras distintas las que son calculadas por medio de microscopía infrarroja FTIR y mediante microscopía electrónica de barrido SEM donde se diagnostica su tamaño y forma demostrando que

es nanométrico, además que con ayuda de unos imanes se caracteriza físicamente verificando su capacidad magnética, luego se confirma cuantitativamente por medio de espectroscopia UV-Vis, y el cual es determinado con diferentes cantidades de magnetita sintetizada.

CARRILLO Y GONZALÉZ (2009), en la investigación titulada “La Nanotecnología en la agricultura y rehabilitación de suelos contaminados”, nos menciona que la nanotecnología se pueden agregar diferentes métodos convencionales y formar opciones para remediar los suelos contaminados por metales pesados, el uso de las nanopartículas han sido exitosas para la reducción de Cr (VI) a Cr (III) en estudios de campos y de laboratorio, se busca la concepción de nuevas técnicas de bajo impacto ambiental y salud pública. El cromo es un elemento toxico que se encuentra en agua superficiales, subterráneas y en suelos como contaminantes, debido a que se usa en la industria y en el procesamiento de pieles, se ha demostrado que las nanopartículas bimetálicas son aptas para reducir cromo hexavalente más eficiente que las micropartículas bimetálicas y trimetálicas, también los sensores electroquímicos pueden monitorear en el campo contaminantes químicos: gases como monóxido y dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxido nítrico; hidrocarburos orgánicos volátiles, aldehídos y cetonas, metales pesados, plaguicidas y contaminantes persistentes. Ahora, las investigaciones recientes van encaminadas al desarrollo y optimización de sensores para utilizarlos en diferentes matrices biológicas.

PÉREZ et al. (2016), En su investigación titulada “Efecto de las nanopartículas de magnetita en el comportamiento de metales pesados en suelos contaminados”, nos menciona que la nanotecnología proporciona nuevos tipos de materiales con dimensiones menores a 100 nanómetros, presentando a la escala nanométrica cambios significativos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, estas nanopartículas de hierro de valencia cero y óxidos metálicos, como los óxidos de hierro, manganeso, aluminio, titanio, magnesio y cerio que son considerados adsorbentes prometedores, la magnetita es un mineral constituido por

Fe(II) y Fe(III) que se encuentran de manera natural en la litosfera o producida por la reducción incompleta de los compuesto Fe (III) o por procesos piogénicos, también se evaluó el efecto del tiempo de contacto entre el suelo y la magnetita mediante la incubación de las muestras durante 15, 30 y 45 días. La aplicación de nanopartículas de magnetita potencio sustancialmente la retirada de metales pesados de todos los suelos estudiados, dejándolo con una concentración considerable menor que la concentración inicial.

FERNÁNDEZ, Alexander (2013), en su investigación Titulada “Nanopartículas de Hierro de valencia cero aplicadas al tratamiento de contaminantes orgánicos del suelo”, nos menciona que la Nanotecnología de Hierro es una nueva tecnología que cada vez se está aplicando para la remediación de suelos, utilizando métodos de síntesis de nanopartículas de hierro de valencia cero que han estado rectificando, perfeccionando las características de su superficie, se ha señalado que al ejecutar el procedimiento con las nanopartículas de hierro valencia cero, estos se mantienen por un tiempo en el sitio al que se está remediando, asimismo por su tamaño las nanopartículas logran filtrarse hacia las aguas subterráneas donde estas también pueden ser remediadas, existen métodos de elaboración de nanopartículas, las cuales son “Top-down”, que consiste en la trituración y la difusión coloidal, un buen ejemplo para la síntesis de nanopartículas, el método de Bottom-up consiste en la edificación de átomos en una medida más grande para unir una estructura cristalina una tras otras; se estudia la eliminación de hidrocarburos clorados y su modificación a etano, las nanopartículas de hierro con valencia cero al taparlo con paladio se presentó mayor equilibrio al exponer al aire y mayor aguante a la oxidación.

GARCIA Carlos, et al. (2002), en su investigación titulada “Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo” nos menciona que la Sostenibilidad y Calidad de Suelo son ambos conceptos que deben pasar unidos. No

podemos proyectar actuaciones referentes el suelo que condicionen su calidad y pongan en riesgo la sostenibilidad de este significativo recurso natural. Dentro de este argumento, los fenómenos de contaminación de suelos son importantes necesariamente por faltar claramente en lo propio con previsión. Como contaminantes importantes en el suelo debemos de considerar a los metales pesados, los cuales pueden ingresar en él de modo familiar (a través de la roca madre) o por un acto antrópica, hecho éste muy a obtener en cuenta. La acción de los metales pesados referente el suelo, y por consiguiente el nivel de peligrosidad de este tipo de contaminantes, dependerá de las condiciones del suelo, contenido en carbonatos, materia orgánica y del propio metal. En oficio de dichas situación, se podrán proporcionar procesos de adsorción, desorción o de complicación, los cuales influirán referente la biodisponibilidad de dicho metal

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. PIRS**

EL Parque Industrial de Rio Seco (PIRS) se conformó hace 35 años aproximadamente, es una zona donde operan diferentes industrias, la mayor parte de las industrias son de curtiembre.

#### **1.3.2. El suelo**

Es un recurso natural no renovable, por lo menos en el nivel de tiempo del hombre, por ello se tiene la obligación de cuidarlo y conservarlo para presentes y futuras generaciones, esto implica la necesidad de adaptarlo a diferentes uso como la agricultura, industrias, suelos urbanos, etc. El suelo está constituido por material inorgánico (arena, limo y arcilla), materia orgánica, agua, gases y organismos vivos, en donde producen un intercambio continuo de moléculas mediante proceso físico, químicos y biológicos. (GARCIA, MORENO, HERNANDEZ Y POLO, 2002)

### **1.3.3. Contaminación**

La contaminación es un cambio negativo en las características física, química y biológica de los componentes (aire, suelo y agua) del ambiente, que daña la salud de la población y de las especies que se benefician de ellas; el modo de vida del ser humano, el desarrollo de las industrias puede llegar a malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables (ATILIO EDUARDO, 2007, p. 2).

La contaminación es unos de los problemas que existen en la actualidad en diversas partes del mundo, generando gran cantidad de desperdicios que produce el ser humano, lo cual provoca un desequilibrio en el ecosistema.

### **1.3.4. Suelo Contaminado**

El suelo contaminado es aquel que ha sobrepasado su límite de amortiguación para uno o muchas sustancias y como consecuencia pasa de trabajar como un medio defensor a constituirse en un ente causal de problemas para el agua, la atmosfera y los organismos, simultáneamente se alteran sus equilibrios geoquímicos y se presentan cantidades de irregularidades de determinados componentes que causan transformaciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. (SANTOS Frances, Fernando, 2002, p.342)

### **1.3.5. Conductividad Eléctrica (CE)**

La conductividad eléctrica es la capacidad que tiene una sustancia para transmitir corriente eléctrica, se expresa en unidades de milisiemens por metro (mS/m) o en decisiemens por metro (dS/m), mediante la CE se mide concentración de sales presentes en el suelo, el valor será más alto cuanto más fácil la corriente se mueva, lo que significa que a mayor CE, mayor es la concentraciones de sales en el suelo, la CE de un suelo es mejor cuando es baja, menor a 1dS m<sup>-1</sup>. (SOTELO, 2012, p.2).

Uno de los factores que afecta la CE del suelo es la capacidad de intercambio catiónico, donde los suelos con altos niveles de materia orgánica y arcilla tienen una capacidad más alta para los cationes, la presencia de estos cationes aumenta la CE en el suelo. (DOERGE T., KITCHEN N., LUND E. y GUERREO A. (2015))

#### **1.3.6. Potencial Redox (Eh)**

El potencial oxidación-reducción es responsable de que el metal se encuentre en estado oxidado o reducido, se encuentra relacionado con el pH

#### **1.3.7. Potencial de Hidrogeno (pH)**

El pH es la forma de expresar la acidez y la alcalinidad de una solución que están definidas por la concentración de H<sup>+</sup>, en lugar de usar números en forma de decimal o exponencial, se usa una conversión logarítmica de la concentración molar de protones a la que nombro pH, (VELÁZQUEZ et al, 2009, p.4) y se define como:

$$\text{pH} = \log \left[ \frac{1}{[\text{H}^+]} \right] = -\log[\text{H}^+]$$

#### **1.3.8. Cromo**

El cromo (Cr) es un elemento duro, brillante y de color blanco, pertenece al grupo de los metales pesados, este elemento se encuentra en la naturaleza en las rocas volcánicas, es el séptimo elemento más abundante en la tierra, el cromo puede presentarse en los estados de oxidación +2, +3 y +6 y sus principales fuentes del cromo se debe a la meteorización de su material geológico inalterado (roca madre) y las concentraciones altas por la contaminación ambiental que provoca las actividades antropogénicas (IRIBARREN, et.al, 2004, p.1)

#### **1.3.8.1. Cromo Hexavalente (Cr VI)**

El cromo hexavalente es un compuesto químico en una forma tóxica del metal cromo (Cr), dicho compuesto se produce principalmente por procesos industriales como: el curtido de cuero, pigmentos y colorantes, soldaduras de acero inoxidable, etc.; el cromo VI en el suelo al darse contacto puede ser transferidos a las manos y luego a la boca esto se da más en los niños, las personas que tienen contacto con el suelo contaminado pueden causar efectos en la salud como irritación de la nariz, dificultades para respirar, llagas nasales, erupciones de la piel, riesgo de cáncer. (OEHHA, 2016, p. 2)

#### **1.3.8.2. Cromo Trivalente (Cr III)**

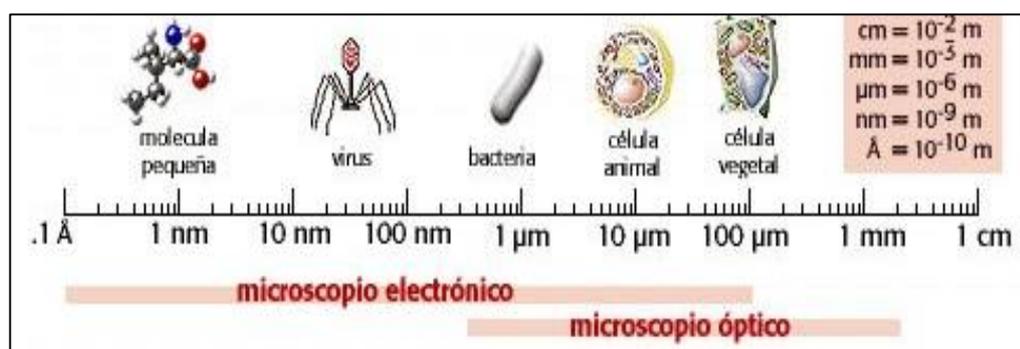
El cromo trivalente es el compuesto considerado no tóxico y móvil son los que predominan en el ambiente ya que son derivados más estables del metal, precipita en forma de óxidos e hidróxidos por encima de pH 5 y la reducción de Cr (VI) a Cr (III) es una estrategia para la remediación y detoxificación. (GARCIA, et al.2002, p.134)

#### **1.3.9. Nanotecnología**

La nanotecnología es un grupo de disciplinas y métodos utilizadas en el diseño, síntesis, caracterización y aplicación de materiales y mecanismos dentro de las cuales sus más pequeñas organizaciones funcionales están, al menos en una de sus dimensiones, dentro de la medida de los nanómetros ( $1\text{nm}=1\times 10^{-9}\text{ m}$ ); la nanotecnología es la explotación de nuevas propiedades físicas, las cuales surgen a medida manométrica y con estas nuevas propiedades se logra la invención de nuevos materiales o dispositivos (ZUÑIGA A. y DUQUE O., 2005, p.53)

### 1.3.10. Nanopartículas

Las nanopartículas incluyen al menos dos de sus dimensiones entre 1 y 100 nanómetros (nm), es una de las áreas preferente en el desarrollo científico y tecnológico, estas se han encontrado en la tierra por siglos, se detectaron en la década de 1980 con un microscopio electrónico con efectos especiales una nanopartículas es un cuerpo la cual tiene un tamaño del orden de 100 nanómetros que es equivalente alrededor de un millar de átomos, son partículas microscópicas, estos simbolizan una transformación entre las moléculas y átomos, en los nanomateriales se alteran sus propiedades físicas, química y biológicas, el manejo a nanoescala tiene posibilidad en diferente aplicaciones implicando nuevos materiales para diversas áreas como soluciones ambientales, textil, química, medicina, tecnología para la información, etc. (LOPEZ H., LOPEZ C. y MUZQUIZ E., 2016, p.24).



Fuente: Microbiología Básica (I): El Mundo Invisible, 2016

**Figura N° 1:** Tamaño Relativos de la Células

### 1.3.11. Magnetita

Es un mineral (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) de hierro compuesto por un oxido mixto de Fe<sup>2+</sup> y Fe<sup>3+</sup>, tiene un campo magnético propio también renombrado como una piedra imán, es uno de los minerales más evolucionado por la corteza terrestre, se puede hallar en diferentes rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, hasta en algunos meteoritos. (XINGU, EVELYN, 2016, p. 2)

### 1.3.12. Nanopartícula de Magnetita

Las nanopartículas de magnetita sobresalen por su bajo coste, su simplicidad de transformación superficial y niveles de magnetización soportables, tiene baja citotoxicidad, la reducción de tamaño trae consigo una variación de comportamiento magnético del material ya que pasa de ser ferromagnético a supermagnéticos. (CASTRILLÓN, Mariana, 2012. pp.12-13.)

### 1.3.13. Porcentaje de Eficiencia

Es la capacidad de realizar adecuadamente una función, con el fin de reducir recursos al mínimo expresada en porcentaje

### 1.3.14. Proceso de reducción del Cromo Hexavalente (Cr+6)

Las especies del Cromo que predominan bajo condiciones de equilibrio, a un pH o un potencial de óxido-reducción determinado, la presencia de agentes reductoras con Fe (II) transforman el Cr(VI) a Cr(III), el Fe (II) presente en la hematita, biotita y magnetita puede reducir el cromo hexavalente a cromo trivalente, el material orgánico humificado presente en el suelo tiene la capacidad de reducir fácilmente el Cr (VI) a Cr (III). (SOTELO, 2012, p.13)

#### Reacción del Hierro y el Cromo Hexavalente:



Fuente: Elaboración Propia, 2018

### 1.3.15. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo

Los estándares de Calidad Ambiental para el suelo comprenden indicadores donde se pueden medir las concentraciones de los compuestos químicos que se encuentran en el suelo en su condición de cuerpo receptor. (MINAM, 2017).

Al superar el ECA para el suelo, los parámetros asociados según actividades realizadas, las personas naturales y jurídicas, tienen

la responsabilidad de desarrollar acciones de evaluación y ejecutar acciones de remediación de los sitios contaminados, para proteger la salud del medio ambiente y las personas que lo rodean. (MINAM, 2017).

#### **1.4. Formulación del problema**

##### **1.4.1. Problema general**

¿Cuál es la eficiencia de nanopartículas de magnetita en la reducción del Cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?

##### **1.4.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la cantidad de magnetita necesaria para reducir el cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?

¿Cuál es el pH del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?

¿Cuál es la Conductividad Eléctrica del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?

¿Cuál es el Potencial Redox del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?

¿Cuál es la concentración inicial del cromo hexavalente (VI) en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita?

¿Cuál es la concentración final del cromo hexavalente (VI) en el suelo del PIRS después de la reacción de las nanopartículas de magnetita?

### **1.5. Justificación del estudio**

La presente investigación tiene como finalidad determinar la eficiencia de nanopartículas de magnetita para reducir el Cromo Hexavalente a cromo trivalente, que se encuentra distribuido en el suelo del Parque Industrial de Rio Seco.

El producto de investigación beneficiara al 5.37% de las 148,164 personas la población del distrito de Cerro Colorado (INEI, 2015), que vive en el Parque Industrial de Rio, así como también beneficiara al Patrimonio de las *Canteras de Añashuayco* del distrito Cerro Colorado de la provincia de Arequipa, que se ven afectadas por la contaminación de las Plantas Industriales contaminando el suelo con sustancias toxicas que son dañinas para la salud. Según el Diario EL CORREO (2017), menciona que se evaluara la reubicación de las Fábricas de Curtiembre de Rio Seco, debido a que hay daños de agentes contaminantes en torno a pobladores asentados en zonas cercanas a estas, por lo tanto, al trasladarse las industrias quedara descampado y sin el debido tratamiento para el suelo contaminado, que a futuro quedara a merced de las poblaciones que llegaran a ocupar los terrenos.

La investigación, tal como se muestra en la conclusión fomenta el uso de la nanotecnología que implica la utilización de nanomateriales que están en un rango de 1nm a 100nm, estas son limpias, rápidas y eficientes en la recuperación del suelo que se encuentra contaminado por Cromo Hexavalente, con esta tecnología es posible utilizar menos cantidad de producto, con la cual se reduce los costos de producción y la descontaminación sea irreversible. Al utilizar esta tecnología en el suelo con cromo hexavalente (VI) este se reducirá y se convertirá en cromo trivalente (III) que se encuentra en un estado más estable y

natural en los suelos, esto reduciría los riesgos en la salud de la población y mejoraría la productividad del suelo.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis General**

**Hi:** Las nanopartículas de magnetita serán eficientes para la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo de PIRS – Arequipa.

**H0:** Las nanopartículas de magnetita no serán eficientes para la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo de PIRS – Arequipa.

### **1.6.2. Hipótesis Específicos**

**Hi:** La cantidad de magnetita es mínima para reducir el cromo hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

**H0:** La cantidad de magnetita es elevada para reducir el cromo hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

**Hi:** El pH del suelo se alteró, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

**H0:** El pH del suelo no se alteró, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

**Hi:** La conductividad eléctrica se alteró, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

**H0:** La conductividad eléctrica no se alteró, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

**Hi:** El Potencial Redox se alteró, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

**H0:** El Potencial Redox no se alteró, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

**Hi:** La concentración inicial del cromo hexavalente (VI) es alta en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita

**H0:** La concentración inicial del cromo hexavalente (VI) es baja en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita

**Hi:** La concentración final del cromo hexavalente (VI) es baja en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita

**H0:** La concentración final del cromo hexavalente (VI) es alta en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita

## **1.7. Objetivo**

### **1.7.1. Objetivos General**

Determinar la eficiencia de las nanopartículas de magnetita para la reducción de cromo Hexavalente (Cr (VI)) a cromo Trivalentes (Cr (III)) en suelos de PIRS – Arequipa

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

Determinar la cantidad de magnetita necesaria para reducir el cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018.

Determinar el pH del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

Determinar la Conductividad Eléctrica del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

Determinar el Potencial Redox del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018

Determinar la concentración inicial del cromo hexavalente (VI) en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita

Determinar a concentración final del cromo hexavalente (VI) en el suelo del PIRS después de la reacción de las nanopartículas de magnetita

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de Investigación

#### 2.1.1. Tipo de Investigación

- **Aplicada:** La investigación es Aplicada, debido a que la investigación que se está desarrollando crea una tecnología a partir de conocimientos adquiridos a partir de investigaciones ya realizadas, como antecedentes, la investigación es aplicable en cualquier lugar para la solución de problemas en la sociedad con respecto a la nanotecnología (TAM et al,2008, P.147)

#### 2.1.2. Nivel de Investigación

- **Correlacional:** El desarrollo de la investigación tiene como punto importante en comprender el vínculo que existe entre dos o más variables en la investigación. (HERNANDEZ et al, p. 85).

#### 2.1.3. Diseño Metodológico

- **Experimental:** Tiene diseño Experimental, ya que se busca evidenciar la causa y efecto de la tecnología a usar y manipulando las variables.

#### 2.1.4. Temporalidad de Investigación

- **Longitudinales:** es una investigación longitudinal, debido a que las muestras serán tomadas y se analizara los cambios a través del tiempo, con el fin de saber cómo van variando sus variables.

## 2.2. Variables y Operacionalización

Tabla N° 1: Operacional de Variables

VARIABLES	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	
<b>INDEPENDIENTE</b> Eficiencia de Nanopartículas de Magnetita	La aplicación de la nanotecnología pretende aumentar la eficiencia, reducir los tiempos de ejecución, se demuestra que la aplicación de las nanopartículas resulta una tecnología competente para la recuperación de suelos contaminados. TECNALIA (2010)	La eficiencia de las nanopartículas de magnetita será medido en función a la cantidad de magnetitas que se utilizara y según la concentración de cromo VI en el suelo del PIRS – Arequipa.	Concentración	Cantidad de magnetita	gr	Cuantitativa Continua
			Caracterización de las Nanopartículas	Tamaño : 75 nanometros	nm	Cuantitativa Continua
				Tipo: Nanoparticulas de Magnetita	Escala Nominal	
			Porcentaje de eficiencia	Porcentaje de Eficiencia de nanopartículas	%	Cuantitativa Continua
<b>DEPENDIENTE</b> Reducción del Cromo Hexavalente en suelos contaminados	El cromo tiene diferentes usos industriales y como consecuencia su descarga al medio ambiente es frecuente, el cromo VI son solubles en un amplio intervalo de pH y son móviles en el suelo, por otro lado el cromo III es considerado menos toxica y móvil. GARCIA et al (2002)	Los datos de las características del suelo contaminados con cromo VI serán obtenidos en laboratorio, para determinar su concentración de Cr VI inicial, pH inicial, Humedad inicial y su conductividad eléctrica.	Características fisicoquímica	pH	Intervalo	Cuantitativa Continua
				Conductividad eléctrica	uS/cm	Cuantitativa Continua
				Potencial Redox	Ev	Cuantitativa Continua
			Reducción de cromo	Concentración del Cr (VI) en el suelo inicial y final	mg/kg	Cuantitativa Continua

Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Población y Muestra

### 2.3.1. Población

La población está conformada por los suelos contaminados con Cromo Hexavalente (VI) en el Parque Industrial de Río Seco, el cual se codifica como "PIRS" y se ubica en el distrito de Cerro Colorado, provincia Arequipa, región Arequipa, tal como se detalla en la Tabla N° 02, en la Figura N° 02 y en la Figura N° 03:

**Tabla N° 2: Coordenadas de ubicación del Parque Industrial de Río Seco - PIRS**

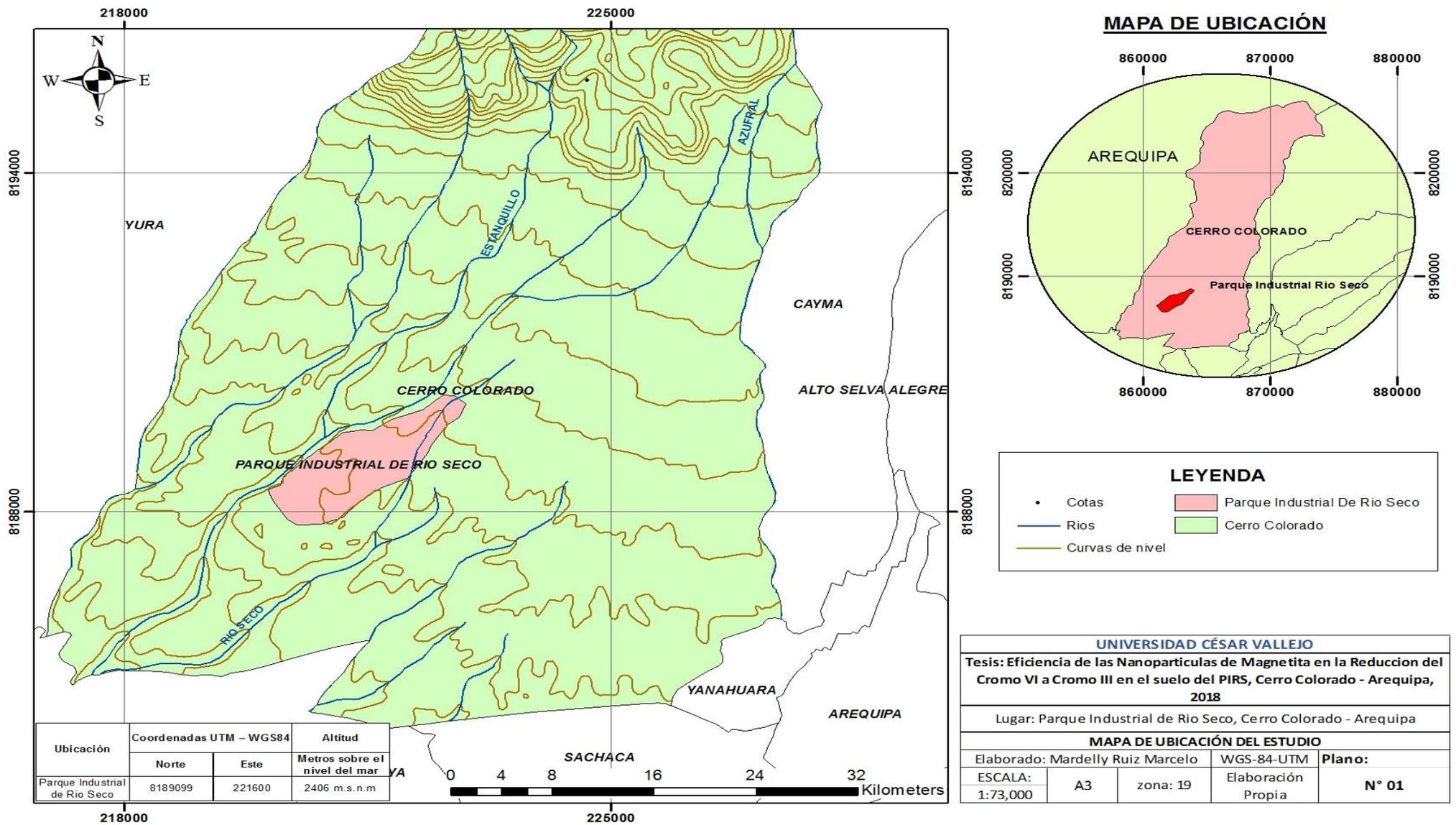
CODIGO	UBICACION	COORDENADAS UTM – WGS84		ALTITUD Metros sobre el nivel del mar
		Norte	Este	
PIRS	Parque Industrial de Río Seco	8189099	221600	2406

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 2: Parque Industrial de Río Seco - PIRS**



**Figura N° 3:** Plano N° 01 Mapa de Ubicación del Estudio Realizado

### **2.3.2. Muestra**

El muestreo es no probabilístico, en la cual la selección de los elementos de estudio no depende de una probabilidad, debido a que está más relacionado a las características o detalles de la investigación, por ende, el que toma la decisión es el investigador (FERNANDEZ et al, 2006, p 281).

La Muestra es el suelo contaminado con Cromo Hexavalente en el Parque Industrial de Rio Seco (PIRS), Cerro Colorado, dicho lugar se eligió debido a su fácil accesibilidad por las personas, por lo que se considera un foco potencial de contaminación.

La muestra estará representada por veinte y dos (22) muestreos de suelo, que se encontraran ubicadas al azar en el Parque Industrial de Rio Seco, de cada una se extrajo 1 kilogramo (Kg) a 10 cm de profundidad en cada muestra, de un área de 1400 m<sup>2</sup>, del Parque Industrial de Rio Seco.

Las veinte y dos (22) muestras está conformada por:

- Diez (10) muestras de suelo extraídas de la orilla del área de influencia directa de las inundaciones procedentes de los efluentes industriales y.
- Doce (12) muestras de suelo extraídas, a 6 metros y a 9 metros de los puntos muestreados (orilla) del área de influencia indirecta de las inundaciones procedentes de los efluentes industriales.

A continuación se detalla sus coordenadas en la Tabla N° 03 y N°04 y en la figura N° 04 y N° 05, se observa las muestras de suelo del PIRS.

**Tabla N° 3: Codificación y Coordenadas de las Muestras de suelo de la Orilla de Inundación**

CODIGO	UBICACION	COORDENADAS UTM – WGS84		USO DE SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO
		Norte	Este		
1A	Orilla de Inundación 1	8189124	221638	Suelo Industrial	0 – 10 cm
1B		8189125	221642		
1C		8189130	221639		
1D		8189134	221636		
1E		8189134	221632		
1F	Orilla de Inundación 2	8189003	221516		
1G		8189004	221521		
1H		8189005	221526		
1I		8189006	221530		
1J		8189009	221534		

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 4: Muestras de suelo de la Orilla de Inundación**

**Tabla N° 4: Codificación y Coordenadas de las Muestras de suelo a partir de los 6 metros de la Orilla de Inundación**

CODIGO	UBICACION	COORDENADAS UTM – WGS84		USO DE SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO
		Norte	Este		
2A	A 6 metros de la Orilla de Inundación 2	8188995	221529	Suelo Industrial	0 – 10 cm
2B		8188996	221533		
2C		8188997	221535		
2D	A 9 metros de la Orilla de Inundación 2	8188992	221532		
2E		8188993	221535		
2F		8188995	221537		
2G	A 6 metros de la Orilla de Inundación 1	8189135	221666		
2H		8189138	221666		
2I		8189140	221668		
2J	A 9 metros de la Orilla de Inundación 1	8189133	221667		
2K		8189137	221668		
2L		8189139	221671		

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 5: Muestras de suelo a partir de los 6 metros de la Orilla de Inundación**

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

La técnica que se mostró se describe en el desarrollo de la metodología que describimos a continuación:

### **2.4.1. Técnica**

#### **La Observación:**

La técnica que se empleara en la investigación es la observación cuya técnica consiste en el seguimiento de los fenómenos, observar las situaciones y adquirir información, registrar mediante los instrumentos, para que luego sean analizados. (HERNANDEZ et al, p. 411).

Los propósitos de la observación son:

- Explorar como también describir los contextos, ambientes, así como las actividades que se desarrollan en estos y los significados de las mismas.
- Identificar los posibles problemas desarrollados en los ambientes o contexto a observar
- Comprender el porqué de los cambios y su vinculación de los actores
- Predecir cambios en el ecosistema

### **2.4.2. Instrumentos**

La técnica de observación estará fijo a instrumentos que nos llevara a la obtención de información, el cual cuentan con tres (03) instrumentos de investigación que serán empleadas siguiendo la metodología de la investigación:

- Anexo 1: Ficha de Muestreo de Suelo
- Anexo 2: Ficha de Registro de análisis de Cromo Hexavalente
- Anexo 3: Hoja de Recolección de datos de las Nanoparticulas

### 2.4.3. Validación

Para la validación de los instrumentos de investigación que serán empleados, han sido evaluados por 4 expertos de alta trayectoria.

Los instrumentos han sido evaluados y a la vez fueron firmados, por especialistas y metodólogos en el tema, los siguientes especialistas son:

#### **Especialista 1:**

Apellidos y Nombres: Cermeño Castromonte Cecilia

Grado académico: Magister

Especialidad: Ingeniero Agrónomo

CIP: 123075

#### **Especialista 2:**

Apellidos y Nombres: Cabrera Carranza Carlos Francisco

Grado académico: Doctor

Especialidad: Ingeniero Químico

CIP: 46572

#### **Especialista 3:**

Apellidos y Nombres: Añazgo Tejeda Jimmy

Grado académico: Ingeniero Ambiental y Recursos Naturales

Especialidad: Ingeniero Ambiental y Recursos Naturales

CIP: 170210

#### **Especialista 3:**

Apellidos y Nombres: García Pedroso Sandra

Grado académico: Ingeniera Ambiental y Recursos Naturales

Especialidad: Ingeniero Ambiental y Recursos Naturales

CIP: 134989

La validación de los instrumentos de recolección de datos fue realizada por cuatro expertos en la materia, siendo metodológicos y temáticos, dando un promedio de 85%

#### **2.4.4. Confiabilidad**

La confiabilidad se analizó por medio de diez (10) indicadores, que fueron evaluados por 4 docentes calificados en el tema de investigación

Los indicadores que se emplearon en la evaluación de los instrumentos son:

- Claridad
- Objetividad
- Actualidad
- Organización
- Suficiencia
- Consistencia
- Coherencia
- Metodología
- Pertinencia
- Intencionalidad

#### **2.5. Método de análisis de Datos**

El suelo del Parque Industrial de Rio Seco (PIRS), se encuentra a 2406 m.s.n.m., tiene baja pendiente, tiene escasas plantas, el color del suelo es medio anaranjado, su textura del suelo es arenoso-arcilloso y también se encuentra los efluentes industrial, donde se pudo observar que el color del agua es de color verde, esto se debe a la alta concentración del cromo, lo cual estas filtran a los suelos del parque industrial de Rio Seco (PIRS).

##### **2.5.1. Metodología de Trabajo de Campo**

###### **Etapa 1: Campo - Muestreo de Suelos**

- a) Se inició delimitando el área de trabajo que sea desarrollado para el muestreo de suelos, de acuerdo a las características del terreno. (Ver Figura N° 06)

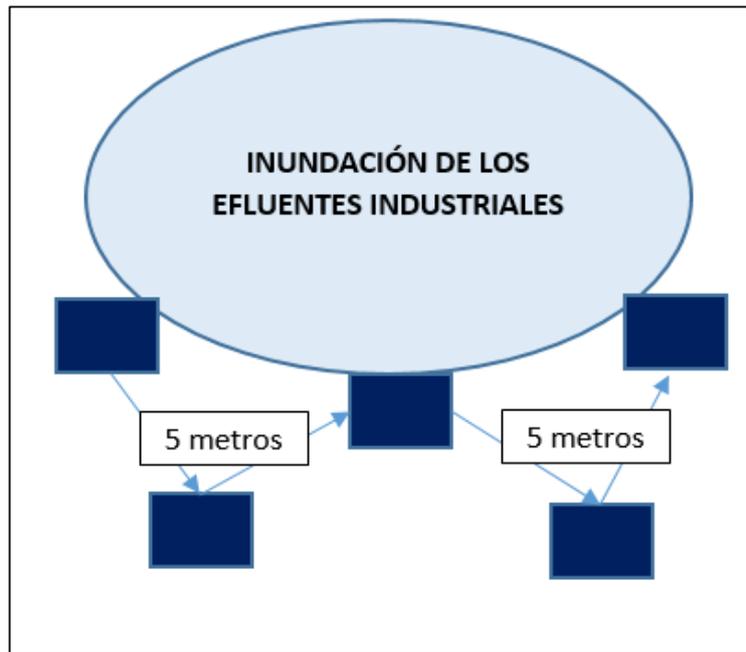


Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 6: Delimitación del suelo para el muestreo de suelo**

b) En la investigación se basó en el tipo de muestreo de suelo, lo cual se realizó según la Guía de Muestreo de suelos del Decreto Supremo N° 085-2014-MINAM

- El primer paso fue la recolección de las muestras de suelo contaminado en el Parque Industrial de Rio Seco, donde se extrajo de las orillas de las inundaciones que provocan los efluentes de las empresas, se realizó en dos partes según dirección de las población, el cual suman las primeras diez (10) muestras de suelos en las orillas de la inundación (Ver Figura N°08), de estas muestras se tomaron sus respectivas coordenadas de proyección UTM en cada punto (Ver Tabla N° 03) y la recolección se realizó mediante los Patrones de Muestreo para definir la localización de los puntos de muestreo en suelo contaminados, lo cual fueron cada 5 metros en forma de Zigzag (Ver Figura N° 07), según las siguiente gráficas:



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 7: Muestreo de suelos de la orilla mediante el Patrón de Muestreo con Distribución Heterogénea: Zigzag**

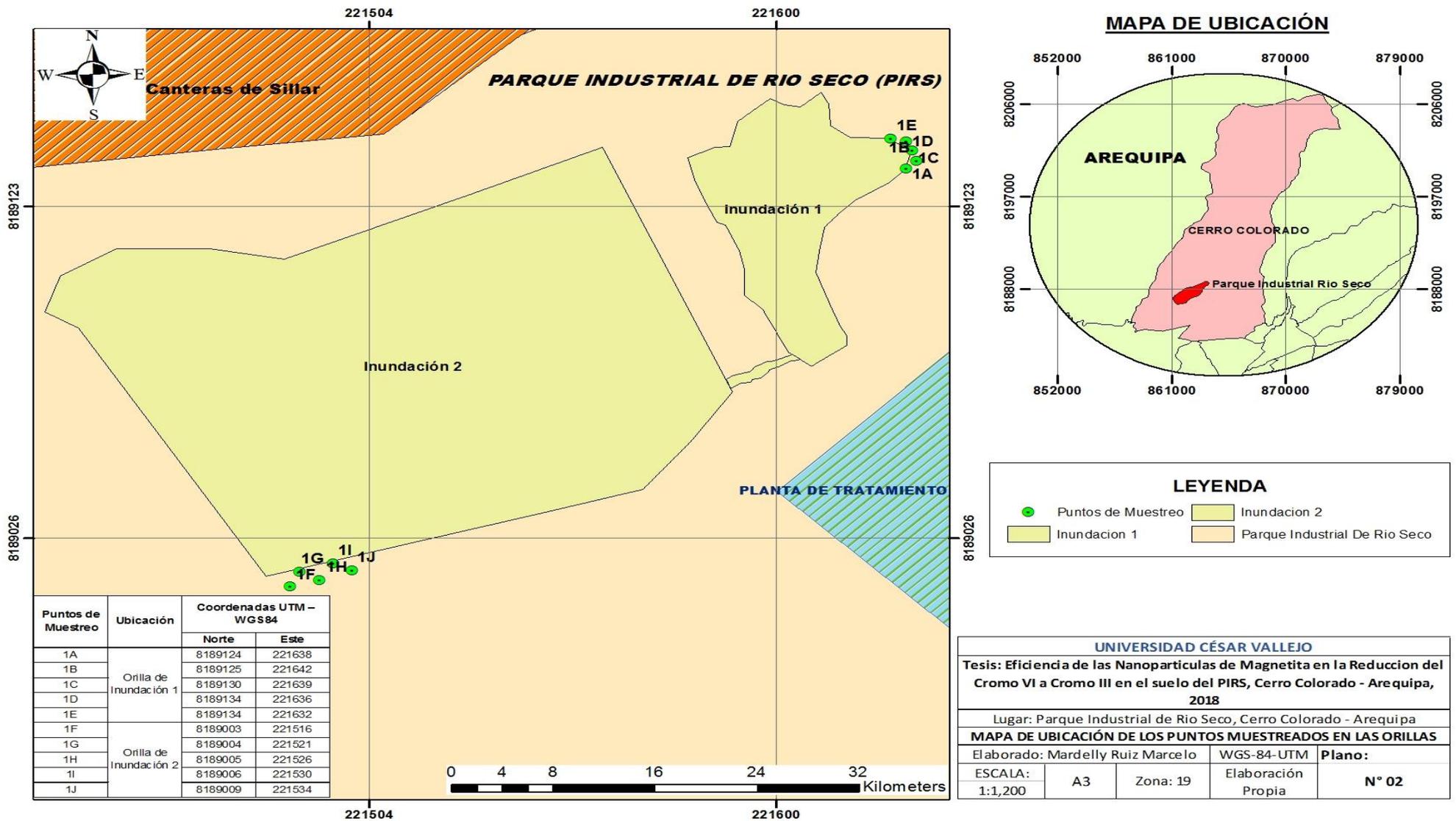
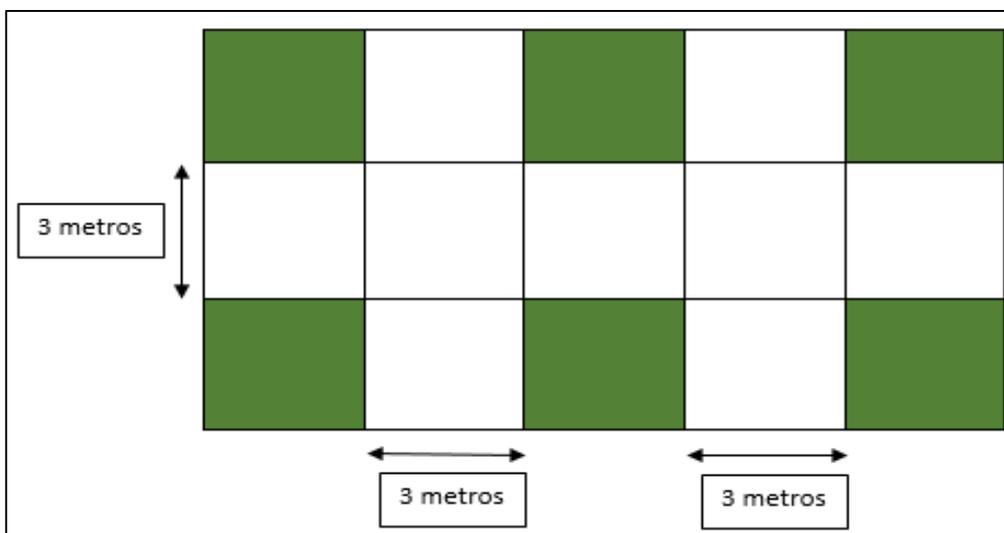


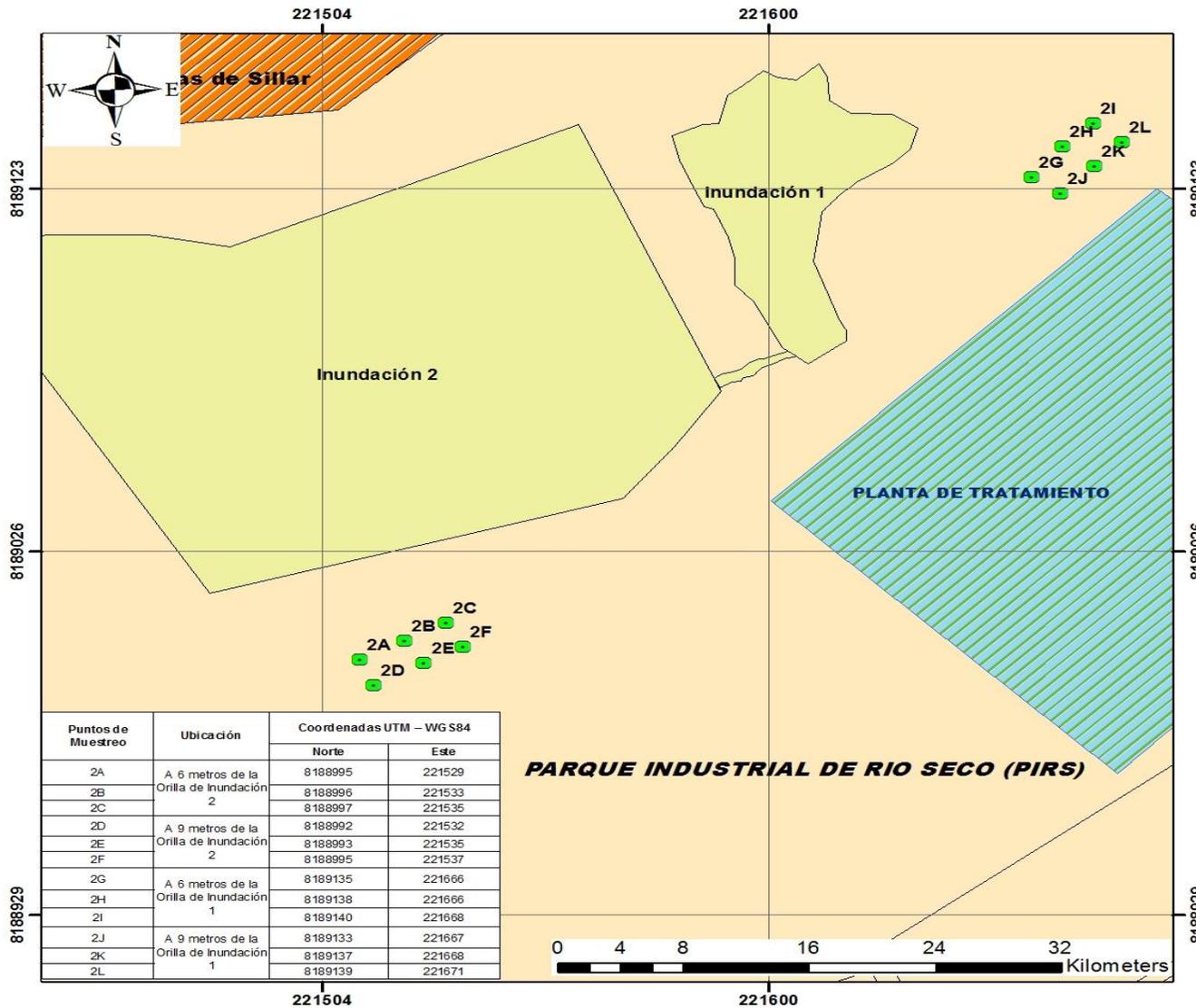
Figura N° 8: Plano N° 02 Ubicación de los Puntos de Muestreo en las Orillas, en forma de Zigzag

- El segundo paso fue la recolección de muestras de suelo en dirección de la población que se realizó también en dos partes, cada parte con 6 muestras, se tomó sus coordenadas de proyección UTM de los puntos muestreados (Ver Tabla N° 04) e inicio a 6 metros de las muestras de la orilla de inundación, el muestreo se hizo cada 3 metros mediante el Muestreo Aleatorio Simple (Ver Figura N° 09) obteniendo un total de 12 muestras de suelo, como se puede apreciar en la Figura N° 10.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 9: Muestreo de suelos después de 6 metros de la Orilla de Inundación**



<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>			
<b>Tesis: Eficiencia de las Nanopartículas de Magnetita en la Reducción del Cromo VI a Cromo III en el suelo del PIRS, Cerro Colorado - Arequipa, 2018</b>			
Lugar: Parque Industrial de Rio Seco, Cerro Colorado - Arequipa			
<b>MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS MUESTREADOS A 6 Y 9 MTS. DE LA ORILLA</b>			
Elaborado: Mardelly Ruiz Marcelo		WGS-84-UTM	Plano:
ESCALA:	A3	Zona: 19	Elaboración Propia
1:1,350			<b>N° 03</b>

Figura N° 10: Plano N° 03 Ubicación de los Puntos Muestreados a 6 y 9 mts. de la Orilla, en forma de Aleatorio Simple.

c) La técnica y el manejo de muestreo de suelos, se realizó según la Guía de Muestreo de suelos del Decreto Supremo N° 085-2014-MINAM

- La profundidad se realizó según el uso del suelo, para el caso de la zona del Parque Industrial Rio Seco – Arequipa, se realizó en una profundidad de 10 cm y en un área de 15 cm de radio, debido a que el suelo es actualmente de uso industrial, los materiales que se utilizaron fueron: una pala y un pico de acero inoxidable.(Ver Figura N° 10)

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo Agrícola	0 – 30 cm (1)
	30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2)
	10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

Fuente: Guía de Muestreo de suelos del Decreto Supremo N° 085-2014-MINAM

### Figura N° 11: Profundidad del muestreo según el uso del suelo

- El recipiente para el almacenamiento de las muestras según el parámetro a analizar que fue Metales Pesados y Metaloides, lo cual se utilizan bolsas de polietileno denso (Figura N° 12).

Para el caso del Parque Industrial Rio Seco, se analizaron en las muestras Cromo Hexavalentes (Metal Pesado), dichas muestra se colocaron en bolsa de polietileno y se rotularon cada uno:

Parámetro	Tipo de recipiente	Temperatura de preservación	Tiempo máximo de conservación
Compuestos Orgánicos Volátiles COV's	Frasco de vidrio boca ancha, con tapa y sello de teflón	4° C	14 días
BTEX			
Hidrocarburos Fracción Ligera			
Hidrocarburos Fracción Media			
Hidrocarburos Fracción Pesada			
Compuestos Orgánicos Semivolátiles COSV's y Plaguicidas			
Metales Pesados y Metaloides	Bolsas de polietileno densa	Sin restricciones	Sin restricciones
Mercurio (Hg)	Frasco de vidrio con tapa de teflón que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis	4°C	14 días

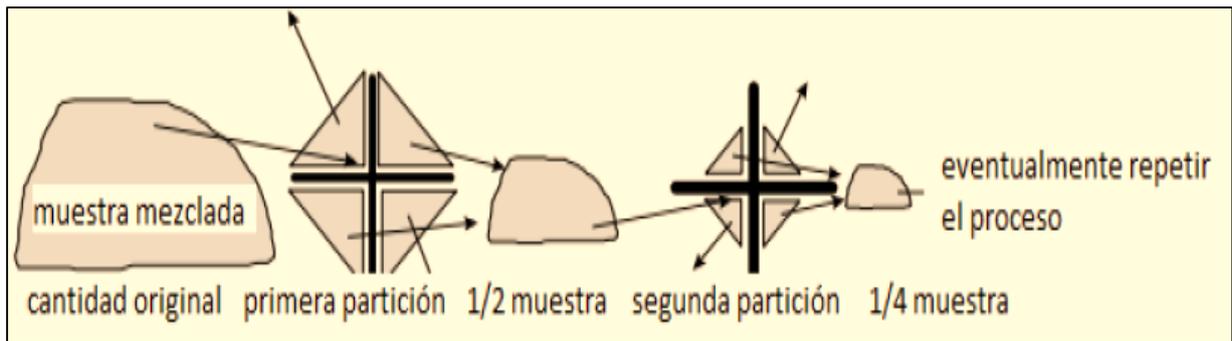
Fuente: Guía de Muestreo de suelos del Decreto Supremo N° 085-2014-MINAM

**Figura N° 12: Recipientes de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes**

### 2.5.2. Metodología de trabajo de laboratorio

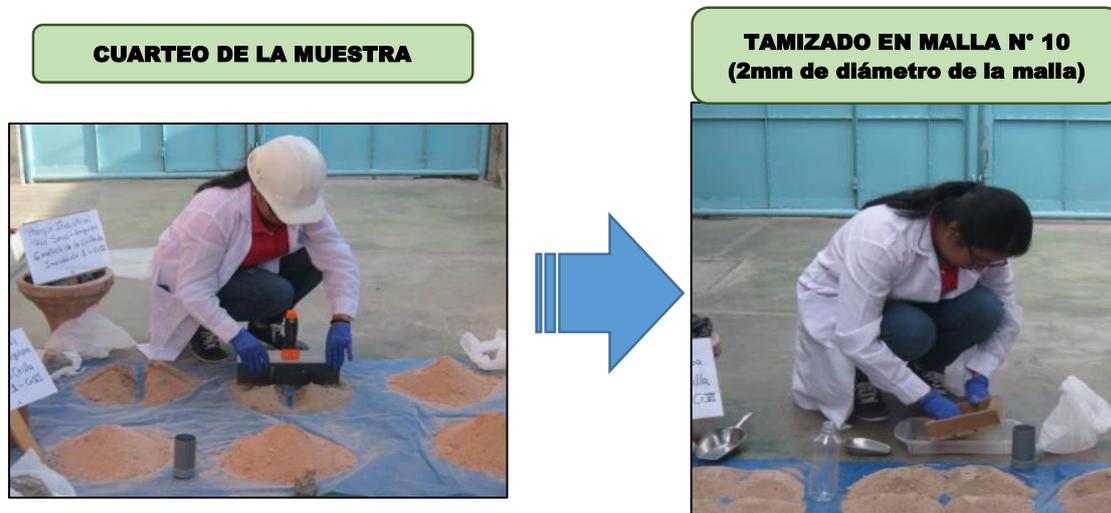
#### **Etapas 2: Preparación de las Muestras de suelo**

a) En esta etapa se preparó las muestras tomadas de las dos partes en la orilla de Inundación, a 6 metros de la orilla y a 9 metros de la orilla, esta etapa se repitió en todas la muestras. Se realizó el cuarteo de muestra con la finalidad de obtener un composito de los puntos de muestreo, del cual está relacionado a un patrón de volumen conocido, donde se homogenizó la muestra por el método de la manta, luego la muestra de suelo homogenizada se tamizo en la Malla N° 10 (2mm), según la norma de muestreo de suelo. (Ver Figura N°13 y 14)



Fuente: LfUMerkblatt 3.8/4; 2010, Alemania

**Figura N° 13: Método Realizado en el Cuarteo de Muestra**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 14: Preparación de las Muestras del Suelo**

- b) La muestra preparada se realizó con la finalidad de **medir los parámetros fisicoquímicos** del suelo incluyendo cloruros, para la formación de la solución donde se encuentra todas las sales solubles se tiene una relación de 1:2, para ello se pesó 100 g del suelo previamente preparado (Ver Figura N° 15), en 200 ml de agua destilada. Luego la muestra se procede a agitar de manera manual por 3 minutos y después el frasco se lleva al equipo de Agitación continua en un rango de tiempo de 5 a

7 minutos, la finalidad de este equipo es homogenizar toda la muestra (Ver Figuras N° 16)

<p>En cada muestra se pesó 100 g del suelo, en un frasco con peso de 20 gr, el procedimiento se repitió para todas las muestras</p>	<p><b>1era parte:</b> Muestras de suelo (Orilla 1, a 6 m de Orilla 1 y a 9 m de Orilla 1)</p> 	<p><b>2da Parte:</b> Muestras de suelo (Orilla 2, a 6 m de Orilla 2 y a 9 m de orilla 2)</p> 
---	---	--

Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 15: Preparación de la Solución para Hallar los Parámetros Físicoquímicos**

<p>Se le agrega 200 ml de agua destilada en cada muestra del suelo, para luego realizar el proceso de agitación en un rango de 5 a 7 minutos, esto es para que la solución se homogenice.</p>	<p><b>1) Preparación de la solución</b></p> 	<p><b>2) Proceso de Agitación Continua</b></p> 
---	---	--

Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 16: Proceso de Agitación Continua**

c) Una vez terminado el proceso de agitación, se espera aproximadamente 5 minutos hasta que sedimente los extracto de suelo y una vez sedimentado se pasa por el proceso de filtración, donde se le coloca a un embudo analítico el papel filtro y se espera hasta que pase por el filtro y finalmente medir los parámetros fisicoquímicos con un multiparametro. (Ver Figura N° 17)



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 17: Proceso de Filtración de las Muestras**

### **Humedad del Suelo**

d) Para determinar la humedad del suelo, primero se preparó la muestra del suelo que anteriormente se había mencionado y pasado por Malla N° 10 (2 mm), para ello primero se pesó el crisol y se extrajo de cada muestra un aproximado de 1 gr, luego se procedió a colocar los crisoles con las muestras en la estufa a una Temperatura de 105° C, por 2 horas, transcurrido el tiempo se deja enfriar la muestra, para luego pesarlo y obtener la Muestra del Crisol más la muestra seca y proceder a sacar el porcentaje de humedad. En la tabla N° 05 se puede

ver los pesos del crisol de cada muestra, y se visualiza también en la Figura N° 18 y 19, el proceso y la fórmula para Hallar el Porcentaje de Humedad.

**Tabla N° 5: Determinación del Porcentaje de Humedad de las muestras**

Muestra	Peso de Muestra Húmeda (gr)	Peso del Crisol (gr.)	Peso del crisol + Muestra Seca (gr.)	Peso de Muestra Seca (gr)	% Húmeda
Orilla	1.003	59.218	60.209	0.991	1.1964
A 6 metros	1.004	57.365	58.352	0.987	1.693
A 9 metros	1.009	54.321	55.293	0.972	3.666

Fuente: Elaboración Propia, 2018



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 18: Proceso de para hallar el Porcentaje de Humedad del suelo**

$$\% \text{ Humeda} = \frac{\text{Peso suelo Humedo} - \text{Peso suelo Seco}}{\text{Peso suelo Humedo}} \times 100$$

**Figura N° 19: Determinación del Porcentaje de Humedad**

Reemplazo en la Ecuación de % Humedad:

$$\text{a) Orilla} = \frac{1.003 - (60.209 - 59.218)}{1.003} \times 100$$

$$\text{Orilla} = \% \mathbf{1.1964}$$

$$\text{b) A 6 metros} = \frac{1.004 - (58.352 - 57.365)}{1.004} \times 100$$

$$\text{A 6 metros} = \% \mathbf{1.693}$$

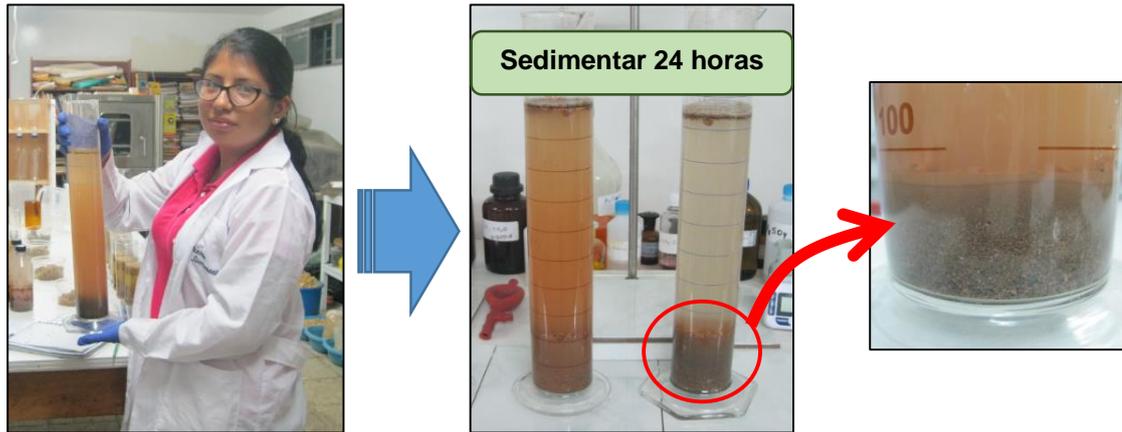
$$\text{c) A 9 metros} = \frac{1.009 - (55.293 - 54.321)}{1.009} \times 100$$

$$\text{A 9 metros} = \% \mathbf{3.666}$$

Se pudo observar que en la muestra de los 9 metros había % 3.666 de humedad, donde hubo más que en la muestra de la Orilla que había solo % 1.1964 de humedad en el suelo.

### **Estructura del Suelo**

e) Para hallar la estructura y textura del suelo se extrajo y se pesó 200 gde cada muestra sin pasar por malla, para después colocarlo en una probeta de 1000 ml, el cual se le agrego agua destilada hasta llenar la probeta, y luego se procedió agitar de forma manual 3 veces, para homogenizar la muestra y dejarlos reposar para que decanten en un periodo mínimo de 24 horas y poder observar su estructura del suelo y proceder a la medición para saber en cuanto de porcentaje está la arcilla, Limo, Arena y Materia Orgánica, y con este procedimiento hallar la textura del suelo según el "Diagrama Triangular de las Clase Texturales según el tamaño de partículas (USDA)", este proceso se repitió para todas la muestras de suelo. (Ver Imagen N° 20)



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 20: Proceso para la Estructura del suelo**

### **Permeabilidad**

- f) Para determinar la Permeabilidad del suelo, se cogio al azar una muestra de suelo de cada parte del área evaluada, determinando de dos muestras su permeabilidad; se llenó un balde con agua de 20 litros de capacidad y también en un vaso de precipitado se le agrego la muestra de suelo hasta el tope de los 200ml de dicho vaso; una probeta adaptada con agujeros en la inferior y graduada con medidas de 100 mm, 200 mm y 300 mm, se introdujo en el balde de 20 litros y con ayuda de una jarra se le agrega más agua a la probeta para que quede a nivelado, dentro del balde se le agrega la muestra de suelo que se encuentra en la vasito de precipitado a la probeta adaptada y mientras va sedimentando se saca la probeta del balde con cuidado tapando la boca de la probeta y se le coloca encima de un recipiente, se espera a que el agua empiece a filtra y se toma el 1er tiempo (segundos) en el rango de los 300 mm y 200 mm, una vez que llegue a los 200 mm se toma el 2do tiempo hasta la llegue a los 100 mm, una vez obtenidos los tiempos, se mide la atura del suelo y se procede hallar la

constante de permeabilidad ( $k$ ) y se saca el promedio de constantes en los tiempos tomados, este procedimiento tiene como finalidad saber a qué distancia se traslada un contaminante y en qué tiempo. En las siguientes figuras N° 21, 22 y 23 se puede observar la preparación de la muestra para determinar la permeabilidad y la fórmula para hallar la permeabilidad.

Balde con agua de 20 litros de capacidad.	Muestra de suelo agregada a un vaso de precipitado de 200 ml.
	

Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 21: Preparación de la Muestra para Permeabilidad**



Fuente: Elaboración Propia, 2018

**Figura N° 22: Proceso para hallar la Permeabilidad del suelo**

$$K = \frac{L \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{t}$$

**Figura N° 23: Determinación de la Constante de Permeabilidad (k)**

**K:** Constante de Permeabilidad

**L:** Altura del suelo

**h1:** Altura máxima

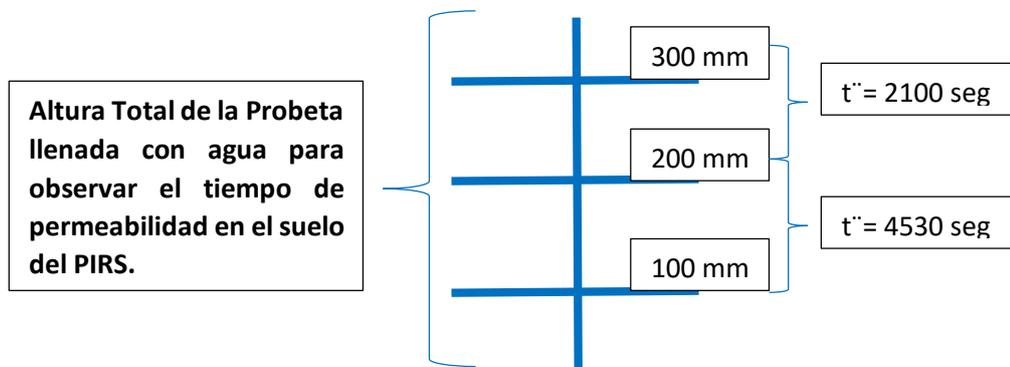
**h2:** Altura mínima

**t:** Tiempo (segundos)

**Hallar el promedio de las Constantes**

$$Kp = \frac{k_1 + k_2}{2}$$

**Muestra 1:**



Reemplazo en la Ecuación para la Hallar la Permeabilidad:

Altura del suelo: 57 mm

$$K_1 = \frac{57mm \times \ln\left(\frac{300mm}{200mm}\right)}{2100 \text{ seg}}$$

$$K_1 = 0.0110 \frac{mm}{seg}$$

$$K_2 = \frac{57mm \times \ln\left(\frac{200mm}{100mm}\right)}{4530 \text{ seg}}$$

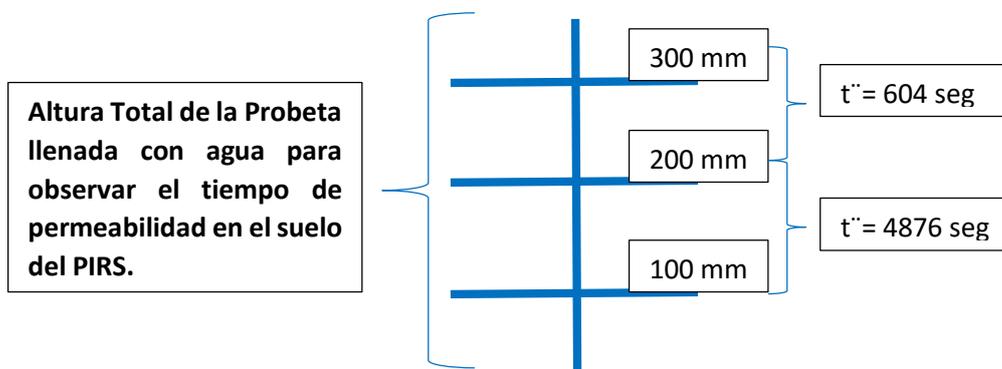
$$K_2 = 0.0087 \frac{mm}{seg}$$

Hallar el promedio:

$$\text{Promedio} = \frac{0.0110 \frac{\text{mm}}{\text{seg}} + 0.0087 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}}{2}$$

$$\text{Promedio} = 0.00985 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

**Muestra 2:**



Reemplazo en la Ecuación para la Hallar la Permeabilidad:

Altura del suelo: 52 mm

$$K1 = \frac{57\text{mm} \times \text{Ln} \left( \frac{300\text{mm}}{200\text{mm}} \right)}{604 \text{ seg}}$$

$$K1 = 0.0349 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

$$K2 = \frac{52\text{mm} \times \text{Ln} \left( \frac{200\text{mm}}{100\text{mm}} \right)}{4876 \text{ seg}}$$

$$K2 = 0.0079 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

Hallar el promedio:

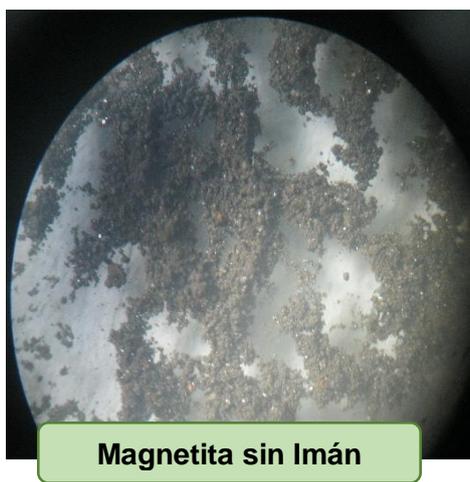
$$\text{Promedio} = \frac{0.0349 \frac{\text{mm}}{\text{seg}} + 0.0079 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}}{2}$$

$$\text{Promedio} = 0.0214 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

Se pudo determinar con la permeabilidad la distancia y el tiempo, observando cómo se mueven los contaminantes a través del suelo, para ello se hizo una prueba con agua, en donde se vio un promedio de 0.00985 mm/seg y de 0.0214 mm/seg, donde se puede deducir que el cromo presente en los efluentes de las inundaciones demorarían en expandirse por todos los suelos del Parque Industrial de Rio Seco.

### **Etapas 3: Concentración de Nanopartículas de Magnetita**

a) En la Figura N° se puede observar el comportamiento de la magnetita cuando no está con el imán y cuando si esta con el imán.



Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 24: Observación de las partículas de magnetita**

b) En la preparación de las muestras del suelo contaminado se agregó las nanopartículas de magnetita, las cuales tienen un tamaño de 75 nm, se colocó en las 3 muestras con diferentes dosis de 15 gr, 30 gr y 45 gr de Nanopartículas de Magnetita, se mezcló en un recipiente elaborado de polietileno de una capacidad para 1 kg de suelo



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Figura N° 25: Combinación homogénea de la muestra del suelo contaminado con las NPS de Magnetita**

c) Las concentraciones de la Nanopartículas de Magnetita en el suelo contaminado se repitió 3 veces para cada muestra de suelo y así poder verificar la reducción del cromo hexavalente y el porcentaje de eficiencia de las NPS de magnetita



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Figura N° 26: Repeticiones de las 3 muestra de suelo contaminado (Cr (VI)) con las 3 dosis de NPS magnetita**

#### Etapa 4: Tratamiento del suelo contaminado (Cr (VI)) con Nanopartículas de Magnetita

Para el tratamiento, se utilizó un 1kg de cada muestra de suelo contaminado y utilizando aproximadamente 1 kg de Magnetita, para realizar el tratamiento se decidió realizarlo por dosis, lo cual se procedió a dosificar la magnetita en 5%, 10% y 15% de nanopartículas de magnetita para la tres (03) muestras de suelo a tratar que son: Orilla, a 6 metros de la Orilla y a 9 metros de la orilla, la dosis se le agrega al suelo húmedo para que la magnetita se pueda disolver y así poder reaccionar, este procedimiento se repetirá tres veces, el cual se podrá observar el tiempo de reacción de la magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) con el cromo Hexavalente (VI) y la dosis más óptima para el tratamiento del suelo del Parque Industrial de Rio Seco (Ver Figura N° 26)

Tratamiento N° 1		<b>Dosis: 5% Magnetita (15 g)</b>		
5% NPS de Magnetita (15 g). Muestra de Suelo: 1Kg		Orilla: 1 kg	A 6 m de Orilla: 1 kg	A 9 m de Orilla: 1 kg
Tratamiento N° 2		Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
10% NPS de Magnetita (30 g). Muestra de Suelo: 1Kg		<b>Dosis: 10% Magnetita (30 g)</b>		
Tratamiento N° 3		Orilla: 1 kg	A 6 m de Orilla: 1 kg	A 9 m de Orilla: 1 kg
15% NPS de Magnetita (45 g). Muestra de Suelo: 1Kg		Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
		<b>Dosis: 15% Magnetita (45 g)</b>		
		Orilla: 1 kg	A 6 m de Orilla: 1 kg	A 9 m de Orilla: 1 kg
		Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura N° 27: Tratamientos de la Muestra de suelo con Magnetita

## 2.6. Aspectos Éticos

Las fuentes y referencias utilizadas en la investigación fueron debidamente consignadas, por ello la investigación es inédita.

Los datos serán respetados.

## III. RESULTADOS

### 3.1. Características del suelo

Se realizó las características del suelo, para poder observar como influyo los tratamientos realizados con nanopartículas de magnetita en las características del suelo, para ello se analizaron sus parámetros fisicoquímicos iniciales y finales de las muestras obtenidas de los suelos del Parque Industrial de Rio Seco (PIRS).

#### 3.1.1. Variación del Potencial de Hidrogeno (pH) con los Tratamientos de Nanopartículas de Magnetita.

**Tabla N° 6:** pH del suelo – Tratamientos con Concentraciones de Nanopartículas de Magnetita en las muestras de suelo “M1, M2 y M3”

Repetición	Muestra	pH inicial	pH final por dosis de Magnetita		
			D1: 5% (15 g)	D2: 10% (30 gr)	D3: 15% (45 gr)
1era	orilla	8.06	6.32	6.20	6.10
	a 6 metros	7.54	6.2	6.16	6.08
	a 9 metros	7.6	6.9	6.53	6.25
2da	orilla	8.06	6.5	6.36	5.89
	a 6 metros	7.54	6.1	6.2	5.75
	a 9 metros	7.6	6.5	6.3	6.26
3era	orilla	8.06	6.4	6.35	6.28
	a 6 metros	7.54	6.32	6.28	6.23
	a 9 metros	7.6	6.32	6.3	6.1

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 6, se muestra los resultados de los pH del suelo en las 3 repeticiones y la disminución del pH después de la adición de las concentraciones de nanopartículas de magnetita en el suelo.

### 3.1.1.1. Variación del Potencial de Hidrogeno (pH) con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo M1: Orilla

**Tabla N° 7:** Relación del pH del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras "M1"

Muestra 1: Orilla			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	pH inicial	pH final
1era	D1: 15 g	8.06	6.32
	D2: 30 g		6.2
	D3: 45 g		6.1
2da	D1: 15 g		6.5
	D2: 30 g		6.36
	D3: 45 g		5.89
3era	D1: 15 g		6.4
	D2: 30 g		6.35
	D3: 45 g		6.28

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 7, los resultados de los pH en las 3 repeticiones en la muestra "M1: Orilla", en el T1, tiene una variación entre 6.32 y 6.5 de pH, en el T2 tiene una variación entre 6.2 y 6.36 de pH y en el T3 varía entre 5.89 y 6.28 de pH

El promedio del pH con los tratamientos de 15 gr, 30 gy 45 gde Magnetita fue de 6.41, 6.30 y 6.09 de pH respectivamente.

**Tabla N° 8:** pH final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita

Muestra 1: Orilla		
Nanopartículas de Magnetita	pH inicial	Promedio - pH final
D1: 15g.	8.06	6.41
D2: 30g.		6.30
D3: 45g.		6.09

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 8, se observa la disminución del pH con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita, volviéndolos ácido.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 9, el cual muestra datos de la reducción del pH del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

**Tabla N° 9:** Prueba de Normalidad de la Reducción del pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita

Pruebas de normalidad							
Tratamiento		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	Tratamiento 1	,196	3	.	,996	3	,878
	Tratamiento 2	,365	3	.	,797	3	,107
	Tratamiento 3	,187	3	.	,998	3	,915

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

#### Shapiro – Wilk:

##### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos del pH final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos del pH final, no tienen una distribución normal

##### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

##### c) Resultados/Conclusión

Los pH finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.878, 0.107 y 0.915 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de pH. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre el pH final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita. Ver Tabla N° 10

**Tabla N° 10:** Prueba de Correlacional de Pearson para pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “ORILLA”

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	pH
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	-,984
	Sig. (bilateral)		,048
	N	3	3
pH	Correlación de Pearson	-,984	1
	Sig. (bilateral)	,048	
	N	3	3
**. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

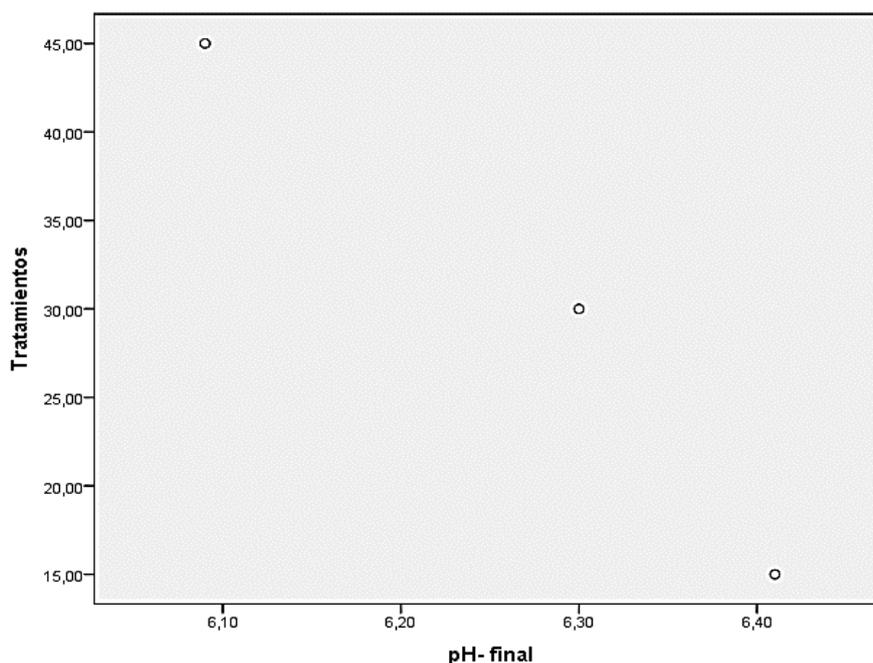
**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la Tabla N°10, se tiene una significancia de 0.048, menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se tiene una asociación entre el pH del suelo y la cantidad de magnetita adicionada, esta relación es alta, el cual se encuentra en un rango de -0.75 a -1 y tiende a tener una relación de inversamente proporcional.

**Grafico N° 1:** Correlación del pH del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1: ORILLA”



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 1, se puede observar que la reducción del pH final del suelo en la muestra de “ORILLA”, está relacionado netamente con el aumento de la magnetita

### 3.1.1.2. Variación del Potencial de Hidrogeno (pH) con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo M2: 6 Metros

**Tabla N° 11:** Relación del pH del suelo con Magnetita (gr) Utilizada en las muestras “M2”

Muestra 2: 6 Metros			
Repeticion	Nanopartículas de Magnetita	pH inicial	pH final
1era	D1: 15 g	7.54	6.2
	D2: 30 g		6.16
	D3: 45 g		6.08
2da	D1: 15 g		6.1
	D2: 30 g		6.2
	D3: 45 g		5.75
3era	D1: 15 g		6.32
	D2: 30 g		6.28

Muestra 2: 6 Metros			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	pH inicial	pH final
	D3: 45 g		6.23

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 11, los resultados de los pH en las 3 repeticiones en la muestra “M2: 6 Metros”, en el T1, tiene una variación entre 6.1 y 6.32 de pH, en el T2 tiene una variación entre 6.16 y 6.28 de pH y en el T3 varía entre 5.75 y 6.23 de pH.

El promedio del pH con los tratamientos de 15 gr, 30 gy 45 gde Magnetita fue de 6.21, 6.21 y 6.02 de pH respectivamente.

**Tabla N° 12:** pH final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita

Muestra 2: 6 Metros		
Nanopartículas de Magnetita	pH inicial	pH final
D1: 15 g	7.54	6.21
D2: 30 g		6.21
D3: 45 g		6.02

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 12, se observa la disminución del pH con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita, volviéndolos ácido.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 13, el cual muestra datos de la reducción del pH del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

**Tabla N° 13:** Prueba de Normalidad de la Reducción del pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	Tratamiento 1	,191	3	.	,997	3	,900
	Tratamiento 2	,253	3	.	,964	3	,637
	Tratamiento 3	,263	3	.	,955	3	,593

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

## Shapiro – Wilk:

### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos del pH final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos del pH final, no tienen una distribución normal

### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

### c) Resultados/Conclusión

Los pH finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.900, 0.637 y 0.593 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de pH. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre el pH final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita en la muestra de suelo "M2: 6 Metros" Ver Tabla N° 14

**Tabla N° 14:** Prueba de Correlacional de Pearson para pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra "6 METROS"

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	pH
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	-,866
	Sig. (bilateral)		,048
	N	3	3
pH	Correlación de Pearson	-,866	1
	Sig. (bilateral)	,048	
	N	3	3

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

### a) Prueba de Hipótesis

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

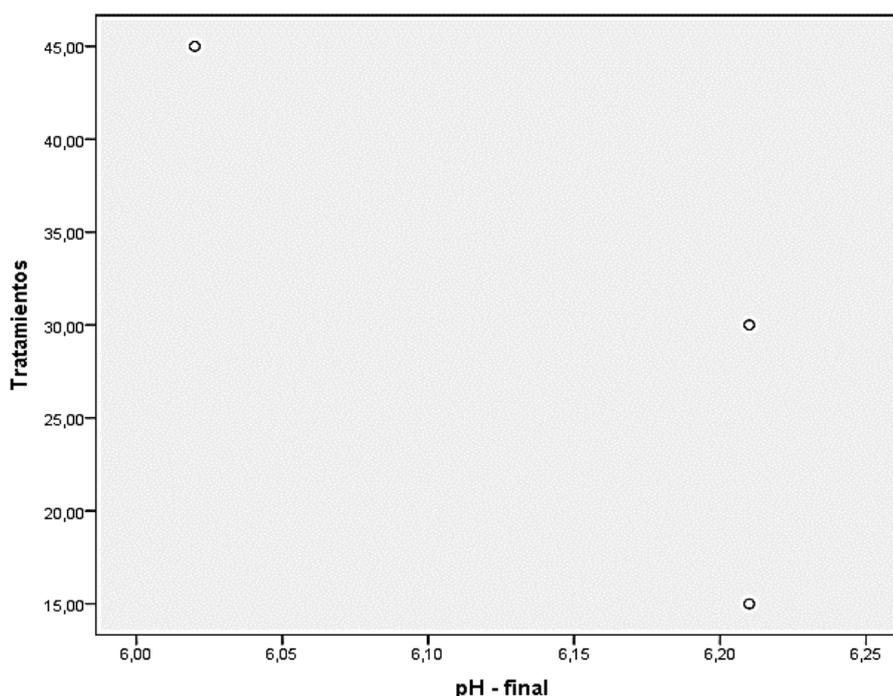
### b) Regla de Decisión

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

### c) Resultados/Conclusión

En la Tabla N°14, se tiene una significancia de 0.048, menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se tiene una asociación entre el pH del suelo y la cantidad de magnetita adicionada, esta relación es alta, el cual se encuentra en un rango de -0.75 a -1 y tiende a tener una relación de inversamente proporcional.

**Grafico N° 2:** Correlación del pH del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “6 METROS”



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 2, se puede observar que la reducción del pH final del suelo en la muestra de “6 METROS”, está relacionado netamente con el aumento de la magnetita.

#### 3.1.1.3. Variación del Potencial de Hidrogeno (pH) con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo M3: 9 Metros

**Tabla N° 15:** Relación del pH del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M3”

<b>Muestra 3: 9 Metros</b>			
Repeticion	Nanopartículas de Magnetita	pH inicial	pH final
1era	D1: 15 g	7.6	6.9
	D2: 30 g		6.53
	D3: 45 g		6.25
2da	D1: 15 g		6.5
	D2: 30 g		6.36
	D3: 45 g		6.26
3era	D1: 15 g		6.32
	D2: 30 g		6.3
	D3: 45 g		6.1

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 15, los resultados de los pH en las 3 repeticiones en la muestra “M2: 6 Metros”, en el T1, tiene una variación entre 6.32 y 6.9 de pH, en el T2 tiene una variación entre 6.3 y 6.53 de pH y en el T3 varía entre 6.1 y 6.26 de pH.

El promedio del pH con los tratamientos de 15 gr, 30 gy 45 gde Magnetita fue de 6.21, 6.21 y 6.02 de pH respectivamente.

**Tabla N° 16:** pH final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita

<b>Muestra 3: 9 Metros</b>		
Nanopartículas de Magnetita	pH inicial	pH final
D1: 15 g	7.6	6.57
D2: 30 g		6.40
D3: 45 g		6.20

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 16, se observa la disminución del pH con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita, volviéndolos ácido.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 17, el cual muestra datos de la reducción del pH del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

**Tabla N° 17:** Prueba de Normalidad de la Reducción del pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita

<b>Pruebas de normalidad</b>							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	Tratamiento 1	,264	3	.	,954	3	,588
	Tratamiento 2	,287	3	.	,929	3	,485
	Tratamiento 3	,365	3	.	,797	3	,107
a. Corrección de la significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**Shapiro – Wilk:**

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = Los datos del pH final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos del pH final, no tienen una distribución normal

**b) Regla de Decisión**

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

Los pH finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.588, 0.485 y 0.107 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de pH. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre el pH final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita en la muestra de suelo “M2: 6 Metros” Ver Tabla N° 18

**Tabla N° 18:** Prueba de Correlacional de Pearson para pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “9 METROS”

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	pH
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	-,999*
	Sig. (bilateral)		,030
	N	3	3
pH	Correlación de Pearson	-,999*	1
	Sig. (bilateral)	,030	
	N	3	3
*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

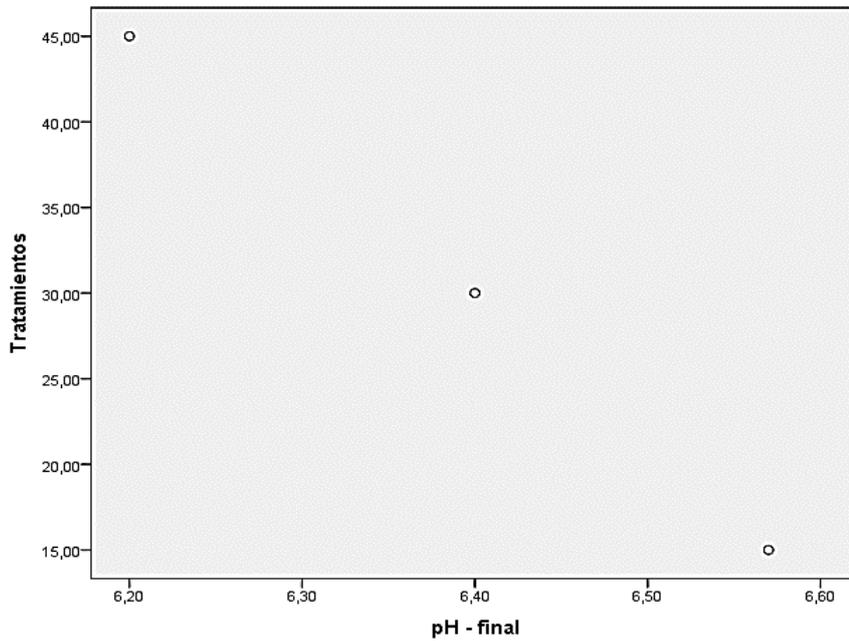
**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la Tabla N°18, se tiene una significancia de 0.03, menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se tiene una asociación entre el pH del suelo y la cantidad de magnetita adicionada, esta relación es alta, el cual se encuentra en un rango de -0.75 a -1 y tiende a tener una relación de inversamente proporcional.

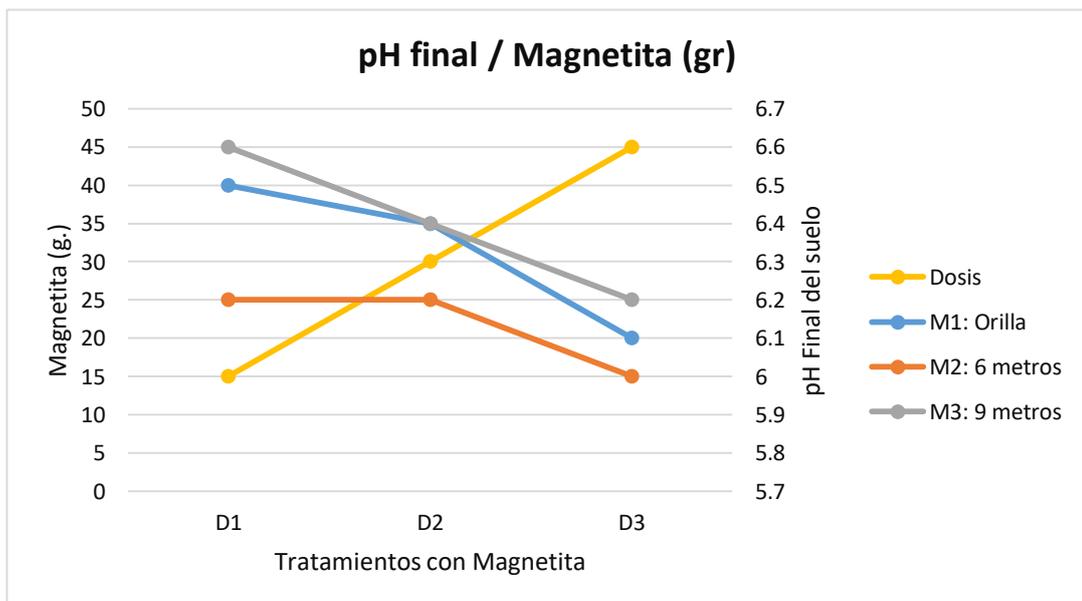
**Grafico N° 3:** Correlación del pH del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo "9 METROS"



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 3, se puede observar que la reducción del pH final del suelo en la muestra de "9 METROS", está relacionado netamente con el aumento de la magnetita.

**Grafico N° 4:** Magnetita (gr) Vs pH final del suelo



Fuente: Elaboración propia, 2018

En el Grafico N°4 Se puede observar que en la relación de la cantidad de magnetita utilizada y el pH del suelo medido, es fuerte, debido a que mientras más se adiciones magnetita el pH del suelo se volverá más acida, eso se debe a que la magnetita esta reacción con el cromo hexavalente.

### 3.1.2. Variación de la Conductividad Eléctrica (CE) con los tratamientos de Nanopartículas de Magnetita

**Tabla N° 19:** CE del suelo – Tratamientos con Concentraciones de Nanopartículas de Magnetita en las muestras de suelo “M1, M2 y M3”

Repetición	Muestra	CE inicial	CE final por dosis de Magnetita		
			D1: 5% (15 g)	D2: 10% (30 gr)	D3: 15% (45 gr)
1er	orilla	4.53	330	340	368
	a 6 metros	4.55	1700	1719	1853
	a 9 metros	676	673	605	672
2do	orilla	4.53	357	352	345
	a 6 metros	4.55	1832	1804	1758
	a 9 metros	676	633	663	613
3er	orilla	4.53	356	360	330
	a 6 metros	4.55	1703	1750	1794
	a 9 metros	676	503	544	564

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 19, se muestra los resultados de la CE del suelo en las 3 repeticiones y el aumento la CE después de la adición de las concentraciones de nanopartículas de magnetita en el suelo.

#### 3.1.2.1. Variación de la Conductividad Eléctrica (CE) con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo M1: Orilla

**Tabla N° 20:** Relación de la CE del suelo con Magnetita (gr) Utilizada en las muestras “M1”

Muestra 1: Orilla			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	CE inicial (dS)	CE final (dS)
1era	D1: 15 g	0.0453	322
	D2: 30 g		329
	D3: 45 g		368
2da	D1: 15 g		357
	D2: 30 g		352
	D3: 45 g		345
3era	D1: 15 g		356
	D2: 30 g		360
	D3: 45 g		330

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 20, los resultados de la CE en las 3 repeticiones en la muestra “M1: Orilla”, en el T1, tiene una variación entre 322 y 357 de CE, en el T2 tiene una variación 329 y 360 de CE y en el T3 varía entre 330 y 368 de CE

El promedio de la CE con los tratamientos de 15 gr, 30 gy 45 gde Magnetita fue de 345, 347 y 347.67 de CE respectivamente.

**Tabla N° 21:** CE final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1”

Muestra 1: Orilla		
Nanopartículas de Magnetita	CE inicial (dS)	CE final (dS)
D1: 15 g	0.0453	345.00
D2: 30 g		347.00
D3: 45 g		347.67

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 21, se observa el aumento de la CE con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 22, el cual muestra datos del aumento de la CE del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

**Tabla N° 22:** Prueba de Normalidad del aumento de la CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M1”

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE	Tratamiento 1	,376	3	.	,771	3	,048
	Tratamiento 2	,289	3	.	,928	3	,480
	Tratamiento 3	,222	3	.	,985	3	,769

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

#### Shapiro – Wilk:

##### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos de la CE final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos CE final final, no tienen una distribución normal

##### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

##### c) Resultados/Conclusión

Las CE finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.048, 0.480 y 0.769 respectivamente, los cuales en el tratamiento T1 es menor a 0.05 eso significa que no tiene una distribución normal, mientras que en el Tratamiento “T2 y T3” son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en los datos del T1 y T2 de la CE. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre la CE final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita. Ver Tabla N° 23.

**Tabla N° 23:** Prueba de Correlacional de Pearson para pH a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M1”

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	CE
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	,961
	Sig. (bilateral)		,178
	N	3	3
CE	Correlación de Pearson	,961	1
	Sig. (bilateral)	,178	
	N	3	3
**. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

**b) Regla de Decisión**

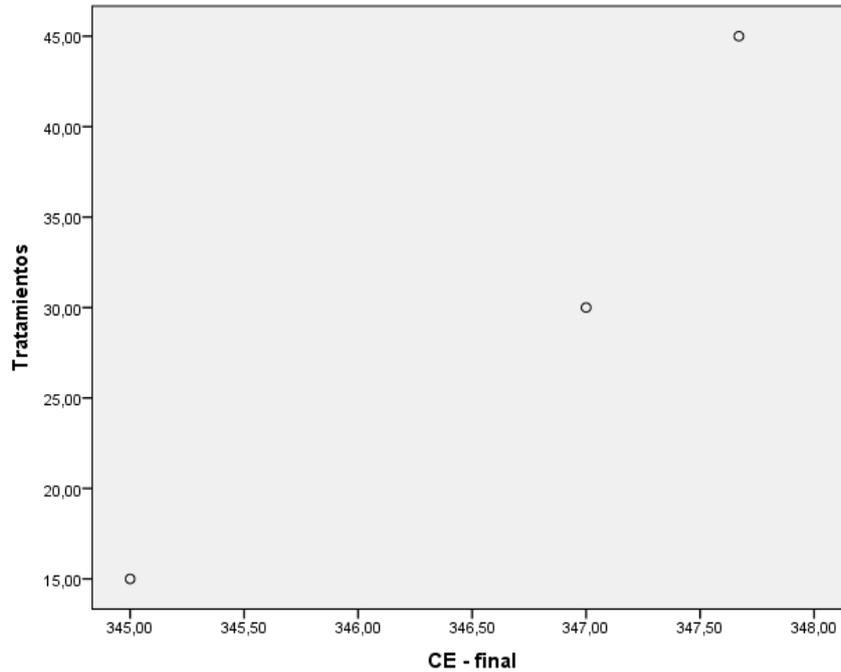
Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la Tabla N°23, se tiene una significancia de 0.178, mayor a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula (Ho) y no se tiene una asociación lineal entre la CE del suelo y la cantidad de magnetita adicionada.

El aumento de la conductividad eléctrica (CE) se debe a los movimientos de los aniones y cationes en el suelo, debido a que Cromo III es un catión.

**Grafico N° 5:** Correlación de la CE del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1”



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 5, se puede observar el aumento de la CE final del suelo en la muestra de “ORILLA”, está relacionado netamente con el aumento de la magnetita

### 3.1.2.2. Variación de la Conductividad Eléctrica (CE) con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo “M2: 6 Metros”

**Tabla N° 24:** Relación de la CE del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M2”

Muestra 2: 6 Metros			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	CE inicial (dS)	CE final (dS)
1era	D1: 15 g	0.0455	1853
	D2: 30 g		1719
	D3: 45 g		1700
2da	D1: 15 g		1804
	D2: 30 g		1758
	D3: 45 g		1832

Muestra 2: 6 Metros			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	CE inicial (dS)	CE final (dS)
3era	D1: 15 g		1794
	D2: 30 g		1750
	D3: 45 g		1703

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 24, los resultados de la CE en las 3 repeticiones en la muestra “M2: 6 Metros”, en el T1, tiene una variación entre 1794 y 1853 de CE, en el T2 tiene una variación entre 1719 y 1758 de CE y en el T3 varía entre 1700 y 1832 de CE. El promedio del pH con los tratamientos de 15 g, 30 g y 45 g de Magnetita fue de 1817, 1742 y 1745 de CE respectivamente.

**Tabla N° 25:** CE final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M2”

Muestra 2: 6 Metros		
Nanopartículas de Magnetita	CE inicial (dS)	CE final (dS)
D1: 15 g	0.0455	1817.00
D2: 30 g		1742.33
D3: 45 g		1745.00

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 25, se observa el aumento de la CE con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 26, el cual muestra datos del aumento de la CE del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

**Tabla N° 26:** Prueba de Normalidad de la Reducción del CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita de la muestra “M2”

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE	Tratamiento 1	,378	3	.	,767	3	,038
	Tratamiento 2	,237	3	.	,976	3	,704
	Tratamiento 3	,230	3	.	,981	3	,735

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

### Shapiro – Wilk:

#### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos de la CE final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos CE final final, no tienen una distribución normal

#### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

#### c) Resultados/Conclusión

Las CE finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.038, 0.704 y 0.735 respectivamente, los cuales en el tratamiento T1 es menor a 0.05 eso significa que no tiene una distribución normal, mientras que en el Tratamiento “T2 y T3” son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en los datos del T1 y T2 de la CE. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre la CE final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita en la muestra de suelo “M2: 6 Metros” Ver Tabla N° 27

**Tabla N° 27:** Prueba de Correlacional de Pearson para CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “6 METROS”

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	CE
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	-,850
	Sig. (bilateral)		,353
	N	3	3
CE	Correlación de Pearson	-,850	1
	Sig. (bilateral)	,353	
	N	3	3
**. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

**b) Regla de Decisión**

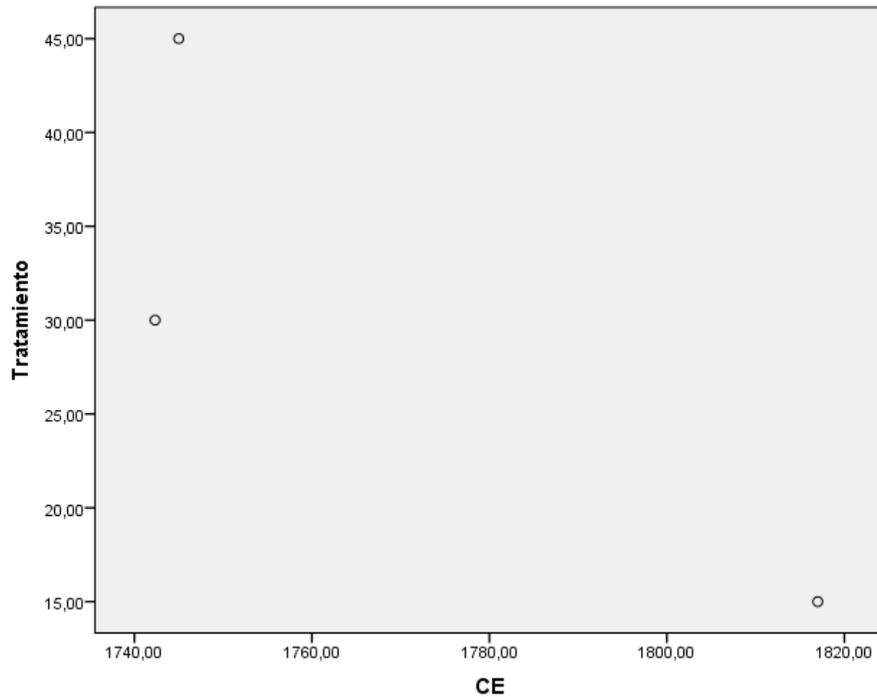
Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la Tabla N°27, se tiene una significancia de 0.353, mayor a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula (Ho) y no se tiene una asociación lineal entre la CE del suelo y la cantidad de magnetita adicionada.

El aumento de la conductividad eléctrica (CE) se debe a los movimientos de los aniones y cationes en el suelo, debido a que Cromo III es un catión.

**Grafico N° 6:** Correlación de la CE del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “6 METROS”



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 6, se puede observar que el aumento de la CE final del suelo en la muestra de “6 METROS”, está relacionado netamente con el aumento de la magnetita.

### 3.1.2.3. Variación de la Conductividad Eléctrica (CE) con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo M3: 9 Metros

**Tabla N° 28:** Relación de la CE del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M3”

Muestra 3: 9 Metros			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	CE inicial (dS)	CE final (dS)
1era	D1: 15 g	6.76	673
	D2: 30 g		605
	D3: 45 g		672
2da	D1: 15 g		633
	D2: 30 g		663
	D3: 45 g		613

Muestra 3: 9 Metros			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	CE inicial (dS)	CE final (dS)
3era	D1: 15 g		503
	D2: 30 g		544
	D3: 45 g		564

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 28, los resultados de la CE en las 3 repeticiones en la muestra “M3: 9 Metros”, en el T1, tiene una variación entre 503 y 673 de CE, en el T2 tiene una variación 544 y 663 de CE y en el T3 varía entre 564 y 672 de CE

El promedio del pH con los tratamientos de 15 gr, 30 gy 45 gde Magnetita fue de 603, 604 y 616.33 de CE respectivamente.

**Tabla N° 29:** CE final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M3”

Muestra 3: 9 Metros		
Nanopartículas de Magnetita	CE inicial (dS)	CE final (dS)
D1: 15 g	6.76	603.00
D2: 30 g		604.00
D3: 45 g		616.33

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 29, se observa el aumento de la CE con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 30, el cual muestra datos del aumento de la CE del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

**Tabla N° 30:** Prueba de Normalidad del aumento de la CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M3”

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE	Tratamiento 1	,299	3	.	,915	3	,433
	Tratamiento 2	,177	3	.	1,000	3	,972
	Tratamiento 3	,191	3	.	,997	3	,898

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**Shapiro – Wilk:**

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = Los datos de la CE final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos CE final final, no tienen una distribución normal

**b) Regla de Decisión**

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

Las CE finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.433, 0.972 y 0.898 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre la CE final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita. Ver Tabla N° 31

**Tabla N° 31:** Prueba de Correlacional de Pearson para CE a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M3”

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	CE
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	,898
	Sig. (bilateral)		,290
	N	3	3
CE	Correlación de Pearson	,898	1
	Sig. (bilateral)	,290	
	N	3	3
**. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

**b) Regla de Decisión**

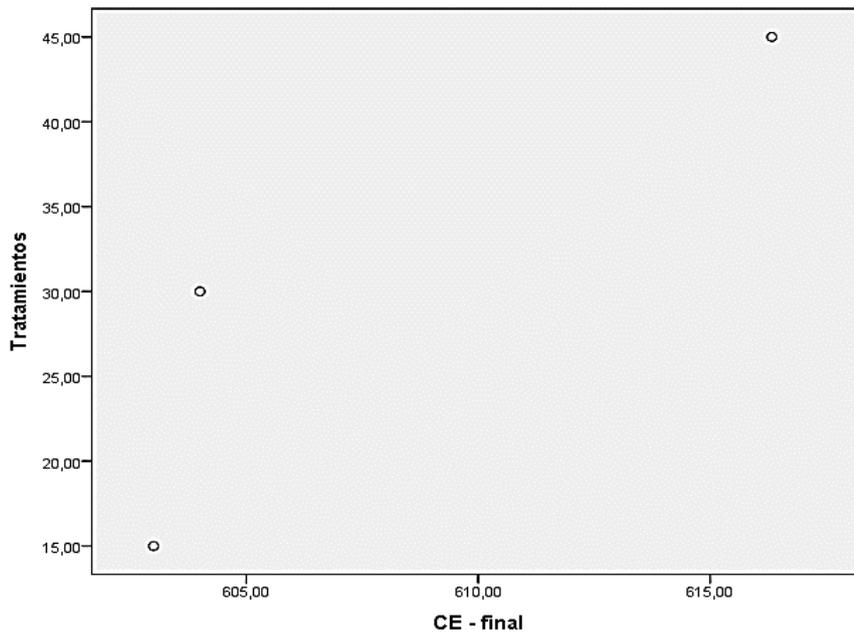
Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la Tabla N° 31, se tiene una significancia de 0.290, mayor a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula (Ho) y no se tiene una asociación lineal entre la CE del suelo y la cantidad de magnetita adicionada.

El aumento de la conductividad eléctrica (CE) se debe a los movimientos de los aniones y cationes en el suelo, debido a que Cromo III es un catión.

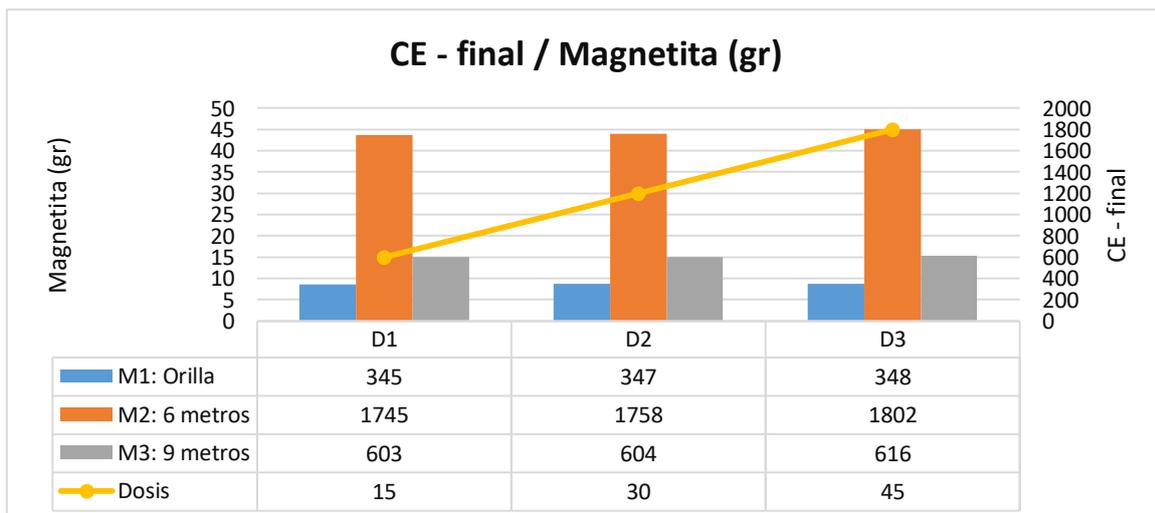
**Grafico N° 7:** Correlación de la CE del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M3”



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 7, se puede observar el aumento de la CE final del suelo en la muestra de “M3”, está relacionado netamente con el aumento de la magnetita.

**Grafico N° 8:** Magnetita (g) Vs CE final del suelo



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En el Grafico N° 8, se puede observar que en la relación de la cantidad de magnetita utilizada y la CE del suelo medido, es fuerte, debido a que mientras más se adiciones magnetita la CE del suelo aumentara, esto se debe a que la magnetita contiene Fe (II y III), donde este compuesto es un nutriente para el suelo y hace que aumente la sales en el suelo.

### 3.1.3. Variación del Potencial Redox (Eh) con los Tratamientos de Nanopartículas de Magnetita

**Tabla N° 32:** Eh del suelo – Tratamientos con Concentraciones de Nanopartículas de Magnetita en las muestras de suelo “M1, M2 y M3”

Repetición	Muestra	Eh inicial	Eh final por dosis de Magnetita		
			D1: 5% (15 g)	D2: 10% (30 gr)	D3: 15% (45 gr)
1er	orilla	-26.3	47	54	73
	a 6 metros	-22.1	63	65	73
	a 9 metros	-22.3	45	62	62
2do	orilla	-26.3	56	85	78
	a 6 metros	-22.1	72	78	92
	a 9 metros	-22.3	59	65	77
3er	orilla	-26.3	55	55	60
	a 6 metros	-22.1	58	62	63
	a 9 metros	-22.3	59	60	73

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 32, se muestra los resultados de la Eh del suelo en las 3 repeticiones y el aumento la Eh después de la adición de las concentraciones de nanopartículas de magnetita en el suelo.

#### 3.1.3.1. Variación del Potencial Redox (Eh) con los con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo M1: Orilla

**Tabla N° 33:** Relación del Eh del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M1”

Muestra 1: Orilla			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	Eh inicial	Eh final
1era	D1: 15 g	-26.3	47
	D2: 30 g		54
	D3: 45 g		73
2da	D1: 15 g		56
	D2: 30 g		85
	D3: 45 g		78
3era	D1: 15 g		55
	D2: 30 g		55
	D3: 45 g		60

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 33, los resultados del Eh en las 3 repeticiones en la muestra “M1: Orilla”, en el T1, tiene una variación entre 47 y 56 de Eh, en el T2 tiene una variación 54 y 85 de Eh y en el T3 varía entre 60 y 78 de Eh

El promedio del Eh con los tratamientos de 15 g, 30 g y 45 g de Magnetita fue de 52.67, 64.67 y 70.33 de CE respectivamente.

**Tabla N° 34:** Eh final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1”

Muestra 1: Orilla		
Nanopartículas de Magnetita	Eh inicial	Eh final
D1: 15 g	-26.3	52.67
D2: 30 g		64.67
D3: 45 g		70.33

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 34, se observa el aumento del Eh con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 35, el cual muestra datos del aumento del Eh del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

**Tabla N° 35:** Prueba de Normalidad del aumento del Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M1”

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eh	Tratamiento 1	,349	3	.	,832	3	,194
	Tratamiento 2	,375	3	.	,774	3	,054
	Tratamiento 3	,280	3	.	,938	3	,520
a. Corrección de la significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

#### Shapiro – Wilk:

##### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos del Eh final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos del Eh final, no tienen una distribución normal

##### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

##### c) Resultados/Conclusión

Los Eh finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.194, 0.054 y 0.520 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en los datos. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre el Eh final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita. Ver Tabla N° 36

**Tabla N° 36:** Prueba de Correlacional de Pearson para el Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M1”

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	Eh
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	,979
	Sig. (bilateral)		,038
	N	3	3
Eh	Correlación de Pearson	,979	1
	Sig. (bilateral)	,038	
	N	3	3

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

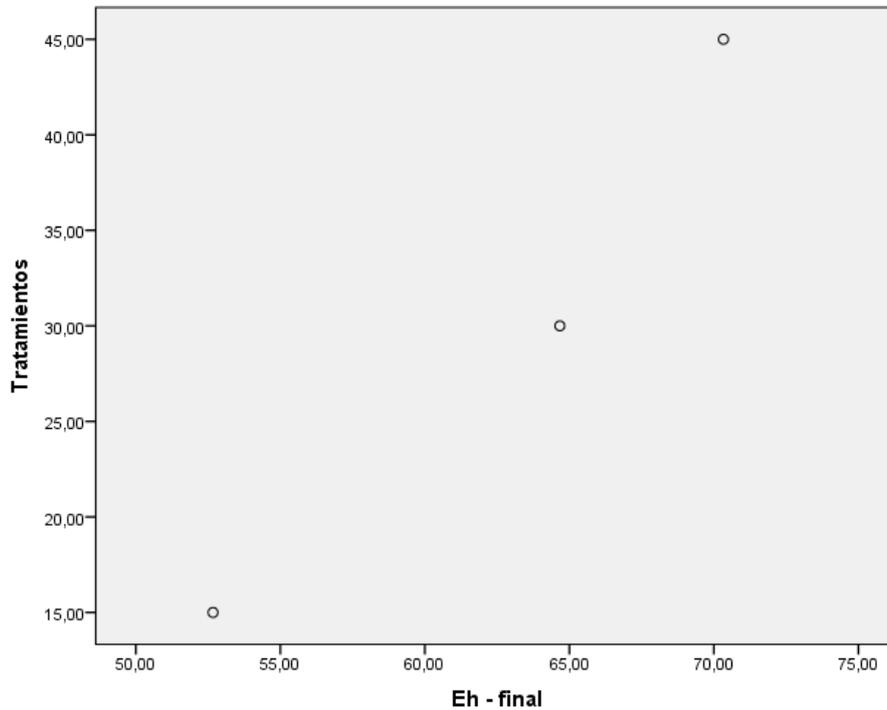
**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la Tabla N°36, se tiene una significancia de 0.038, menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se tiene una asociación lineal entre el Eh del suelo y la cantidad de magnetita adicionada, esta relación es alta, el cual se encuentra en un rango de 0.75 a 1 y tiende a tener una relación de directamente proporcional.

**Grafico N° 9:** Correlación del Eh del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M1”



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 9, se puede observar el aumento del Eh final del suelo en la muestra de “ORILLA”, está relacionado netamente con el aumento de la magnetita

### 3.1.3.2. Variación del Potencial Redox (Eh) con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo “M2: 6 Metros”

**Tabla N° 37:** Relación del Eh del suelo con Magnetita (g) Utilizada en las muestras “M2”

Muestra 2: 6 Metros			
Repeticion	Nanopartículas de Magnetita	Eh inicial	Eh final
1era	D1: 15 g	-22.1	63
	D2: 30 g		65
	D3: 45 g		73
2da	D1: 15 g		72
	D2: 30 g		78
	D3: 45 g		92

Muestra 2: 6 Metros			
Repeticion	Nanopartículas de Magnetita	Eh inicial	Eh final
3era	D1: 15 g		58
	D2: 30 g		62
	D3: 45 g		63

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 37, los resultados del Eh en las 3 repeticiones en la muestra “M2: 6 Metros”, en el T1, tiene una variación entre 58 y 72 de Eh, en el T2 tiene una variación entre 62 y 78 de Eh y en el T3 varía entre 63 y 92 de Eh

El promedio del Eh con los tratamientos de 15 g, 30 g y 45 g de Magnetita fue de 1817, 1742 y 1745 de CE respectivamente.

**Tabla N° 38:** Eh final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita

Muestra 2: 6 Metros		
Nanopartículas de Magnetita	Eh inicial	Eh final
D1: 15 g	-22.1	64.33
D2: 30 g		68.33
D3: 45 g		76.00

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 38, se observa el aumento del Eh con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 39, el cual muestra datos del aumento del Eh del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

**Tabla N° 39:** Prueba de Normalidad del aumento del Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita de la muestra “M2”

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eh	Tratamiento 1	,241	3	.	,974	3	,688
	Tratamiento 2	,319	3	.	,885	3	,339
	Tratamiento 3	,247	3	.	,969	3	,661
a. Corrección de la significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

### Shapiro – Wilk:

#### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos de la CE final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos CE final final, no tienen una distribución normal

#### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

#### c) Resultados/Conclusión

Las CE finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.688, 0.339 y 0.661 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en los datos. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre el Eh final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita en la muestra de suelo “M2: 6 Metros” Ver Tabla N° 40

**Tabla N° 40:** Prueba de Correlacional de Pearson para el Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “6 METROS”

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	Eh
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	,984
	Sig. (bilateral)		,036
	N	3	3
Eh	Correlación de Pearson	,984	1
	Sig. (bilateral)	,036	
	N	3	3

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

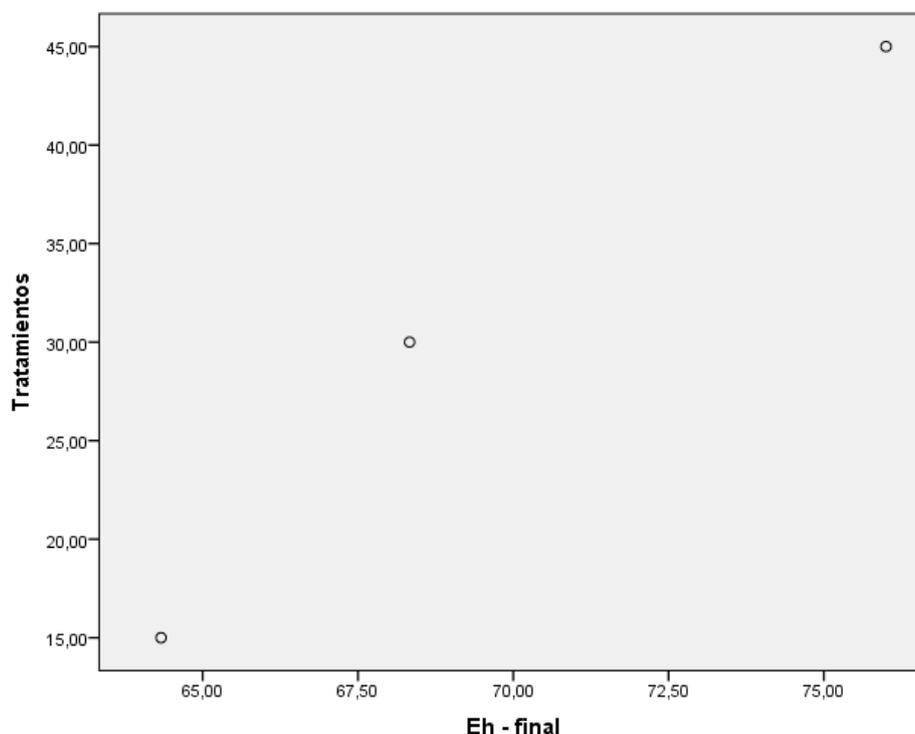
**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la Tabla N°40, se tiene una significancia de 0.036, menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se tiene una asociación entre el Eh del suelo y la cantidad de magnetita adicionada, esta relación es alta, el cual se encuentra en un rango de 0.75 a 1 y tiende a tener una relación de directamente proporcional.

**Grafico N° 10:** Correlación del Eh del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “6 METROS”



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 10, se puede observar que el aumento del Eh final del suelo en la muestra de “6 METROS”, está relacionado netamente con el aumento de la magnetita.

### 3.1.3.3. Variación del Potencial Redox (Eh) con los Tratamientos de Nanopartículas en la muestra de suelo M3: 9 Metros

**Tabla N° 41:** Relación del Eh del suelo con Magnetita (gr) Utilizada en las muestras “M3”

Muestra 3: 9 Metros			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	Eh inicial	Eh final
1era	D1: 15 g	-22.3	45
	D2: 30 g		62
	D3: 45 g		62
2da	D1: 15 g		59
	D2: 30 g		65
	D3: 45 g		77

Muestra 3: 9 Metros			
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	Eh inicial	Eh final
3era	D1: 15 g		57
	D2: 30 g		60
	D3: 45 g		73

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 41, los resultados del Eh en las 3 repeticiones en la muestra “M3: 9 Metros”, en el T1, tiene una variación entre 45 y 59 de Eh, en el T2 tiene una variación 60 y 65 de Eh y en el T3 varía entre 62 y 77 de Eh.

El promedio del pH con los tratamientos de 15 g, 30 g y 45 g de Magnetita fue de 603, 604 y 616.33 de CE respectivamente.

**Tabla N° 42:** Eh final Vs Tratamiento con Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M3”

Muestra 3: 9 Metros		
Nanopartículas de Magnetita	Eh inicial	Eh final
D1: 15 g	-22.3	53.67
D2: 30 g		62.33
D3: 45 g		70.67

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 42, se observa el aumento de la Eh con los diferentes tratamientos de las nanopartículas de magnetita.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 43, el cual muestra datos del aumento de la Eh del suelo a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

**Tabla N° 43:** Prueba de Normalidad del aumento del Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M3”

Pruebas de normalidad							
	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eh	Tratamiento 1	,337	3	.	,855	3	,253
	Tratamiento 2	,219	3	.	,987	3	,780
	Tratamiento 3	,285	3	.	,932	3	,497
a. Corrección de la significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

### Shapiro – Wilk:

#### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos de la CE final, tienen una distribución normal

H1 = Los datos CE final final, no tienen una distribución normal

#### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

#### c) Resultados/Conclusión

Los Eh finales de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.253, 0.780 y 0.497 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de normalidad se realizara la Correlación de Pearson para ver si hay una asociación entre el Eh final y los tratamientos con concentraciones diferentes de magnetita. Ver Tabla N° 44.

**Tabla N° 44:** Prueba de Correlacional de Pearson para el Eh a partir de los tres Tratamientos con magnetita en la muestra “M3”

<b>Correlaciones</b>			
		Tratamiento	Eh
Tratamiento	Correlación de Pearson	1	,850**
	Sig. (bilateral)		,007
	N	3	3
Eh	Correlación de Pearson	,850**	1
	Sig. (bilateral)	,007	
	N	3	3
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No Existe una asociación entre las variables

H1 = Existe una asociación entre las variables

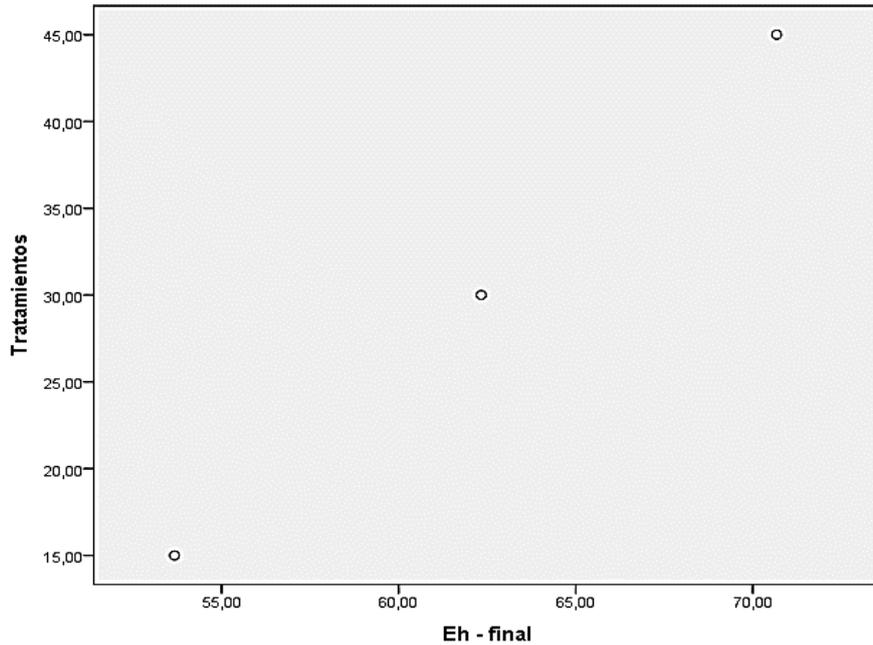
**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la Tabla N° 44, se tiene una significancia de 0.007, menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se tiene una asociación lineal entre el Eh del suelo y la cantidad de magnetita adicionada, esta relación es alta, el cual se encuentra en un rango de 0.75 a 1 y tiende a tener una relación de directamente proporcional.

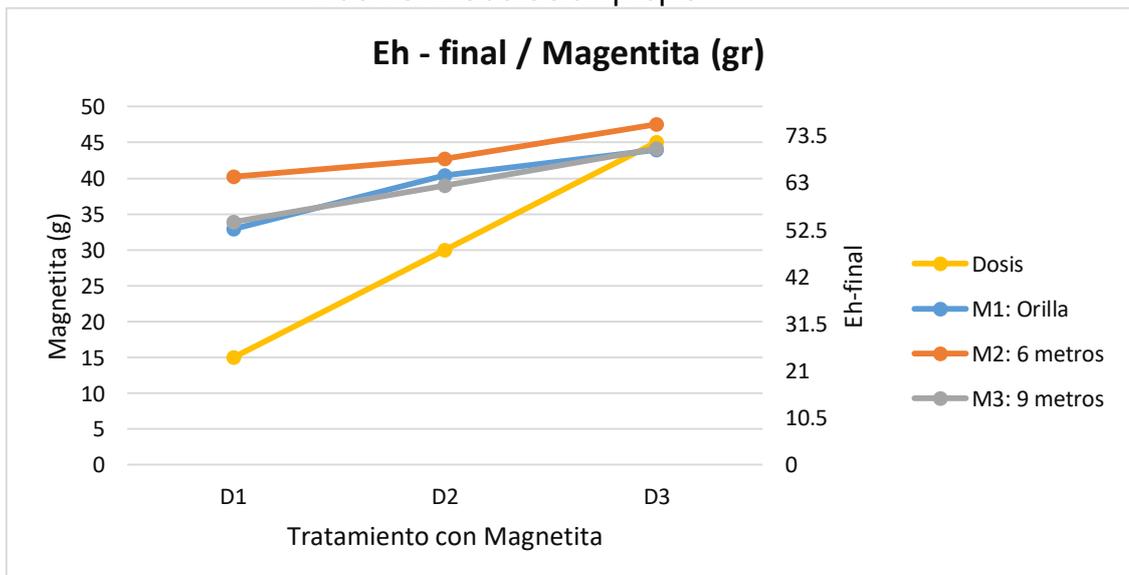
**Grafico N° 11:** Correlación del Eh del suelo Vs Tratamiento con las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo “M3”



Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

En el Grafico N° 11, se puede observar el aumento de la CE final del suelo en la muestra de “M3”, está relacionado netamente con el aumento de la magnetita

**Grafico N° 12:** Magnetita (g) Vs Eh final del suelo  
Fuente: Elaboración propia



En el Grafico N° 12 se puede observar que en la relación de la cantidad de magnetita utilizada y el Eh del suelo medido, es fuerte, debido a que mientras más se adiciones magnetita al Eh del suelo aumentara, esto se debe a que la magnetita está reduciendo al cromo hexavalente a cromo trivalente, como se visualiza los resultados son positivos esto significa que el suelo esta con pH entre 5 -7, y es donde se encuentra normalmente el Cr (III)

### 3.2. Eficiencia de las Nanopartículas de Magnetita para la Reducción del Cr (VI)

**Tabla N° 45:** Cr (VI) en el suelo – Tratamientos con Concentraciones de Nanopartículas de Magnetita en las muestras de suelo “M1, M2 y M3”

Repetición	Muestra	Cr VI - Inicial (mg/kg)	Concentración de Cr VI - final (mg/kg)		
			T1: 15 g (5%)	T2: 30 g (10%)	T3: 45 g (15%)
1era	M1: Orilla	146	0.3	0.25	0.08
	M2: 6 metros	126	0.35	0.27	0.1
	M3: 9 metros	67	0.25	0.2	0.05
2da	M1: Orilla	146	0.26	0.14	0.09
	M2: 6 metros	126	0.29	0.24	0.07
	M3: 9 metros	67	0.2	0.15	0.06
3era	M1: Orilla	146	0.28	0.1	0.01
	M2: 6 metros	126	0.33	0.2	0.09
	M3: 9 metros	67	0.3	0.23	0.04

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 45, se muestra los resultados de las concentraciones del cromo hexavalente de las 3 repeticiones, y como ha disminuido después del tratamiento de las nanopartículas de magnetita y que en los resultados finales del Cr VI se encuentra por debajo del ECA suelo, para suelos comerciales y agrícolas con 0.4 ppm y para industrial con 1.4 ppm

### 3.2.1. Eficiencia de las Nanopartículas de Magnetita en la muestra de suelo M1: Orilla

**Tabla N° 46:** Cr (VI) en el suelo – Tratamientos con dosis de Nanopartículas de Magnetita en la muestra “M1”

Muestra 1: Orilla				
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	Cr(VI) - Inicial (mg/kg)	R1 - Cr(VI) - final	% Eficiencia del Tratamiento
1era	T1: 15 g	146	0.3	99.79
	T2: 30 g		0.25	99.83
	T3: 45 g		0.08	99.95
2da	T1: 15 g		0.26	99.82
	T2: 30 g		0.14	99.9
	T3: 45 g		0.09	99.94
3era	T1: 15 g		0.28	99.81
	T2: 30 g		0.1	99.93
	T3: 45 g		0.01	99.99

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 46, se muestra los resultados de las concentraciones del cromo hexavalente de las 3 repeticiones en la muestra “M1: Orilla”, en el T1, tiene una variación entre 0.26 y 0.3 ppm, en el T2 tiene una variación entre 0.1 y 0.25 ppm y en el T3 varía entre 0.01 y 0.09 ppm.

El promedio de reducción del Cromo VI con los tratamiento de 15 g, 30g y 45 g de Magnetita fue de 0.28, 0.16 y 0.06 ppm respectivamente.

**Tabla N° 47:** Eficiencia de Nanopartículas de Magnetita

Muestra 1: Orilla			
Nanopartículas de Magnetita	Cr(VI) - Inicial (mg/kg)	Promedio - Cr(VI) - final (mg/kg)	% Eficiencia del Tratamiento
T1: 15 g	146	0.28	99.81
T2: 30 g		0.16	99.89
T3: 45 g		0.06	99.96

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 47 se observa una reducción del 99,81% en el T1, en el tratamientos “T2” una eficiencia del 99.89% y en el T3 con 45 gde magnetita tuvo una eficiencia de 99,96%.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 48, el cual muestra datos de la reducción de las concentraciones del cromo hexavalente a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

**Tabla N° 48:** Prueba de Normalidad de la Reducción de las concentraciones del Cr VI a partir de los tres Tratamientos con magnetita

Pruebas de normalidad							
Tratamientos		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración Final de Cr VI	Tratamiento 1	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Tratamiento 2	,285	3	.	,932	3	,497
	Tratamiento 3	,343	3	.	,842	3	,220

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

### Shapiro – Wilk:

#### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos de las concentraciones finales de Cr VI, tienen una distribución normal

H1 = Los datos de las concentraciones finales de Cr VI, no tienen una distribución normal

#### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

#### c) Resultados/Conclusión

Las concentraciones de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 1, 0.497 y 0.220 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de concentraciones. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de Normalidad se realizara la prueba de ANOVA para la aceptación o rechazo de la hipótesis (Ver Tabla N° 49), asimismo se realizara la prueba de Homogeneidad de Varianzas.

**Tabla N° 49:** Prueba de ANOVA para la Concentración final de Cr VI a partir de los tres tratamientos con Magnetita.

<b>ANOVA de un factor</b>					
Concentración Final de Cr VI					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,073	2	,036	13,084	,006
Intra-grupos	,017	6	,003		
Total	,089	8			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado al SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No existe diferencia significativa entre los tratamientos

H1 = Existe diferencia significativa, al menos en un tratamiento.

**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la prueba ANOVA el sig es 0.006, lo cual quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, de modo que todos o al menos uno de las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a diferentes concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo "M1: Orilla".

A continuación en la Tabla N° 50, se muestra la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, con la finalidad de analizar cuál de todas las concentraciones finales de Cr VI obtenidas a partir de los 3 tratamientos tiene una media diferente.

**Tabla N° 50:** Prueba de Homogeneidad de Varianzas de Levene

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Concentración Final de Cr VI			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,202	2	6	,113

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptada del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = Si existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

H1 = No existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

**b) Regla de Decisión**

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la prueba de Levene el sig es mayor a 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), de modo que si existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

**Tabla N° 51:** Prueba de Post Hoc – Tukey

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Concentración Final de Cr VI							
(I) Tratamientos		(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	Tratamiento 1	Tratamiento 2	,11667	,04303	,078	-,0154	,2487
		Tratamiento 3	,22000*	,04303	,005	,0880	,3520
	Tratamiento 2	Tratamiento 1	-,11667	,04303	,078	-,2487	,0154
		Tratamiento 3	,10333	,04303	,116	-,0287	,2354
	Tratamiento 3	Tratamiento 1	-,22000*	,04303	,005	-,3520	-,0880
		Tratamiento 2	-,10333	,04303	,116	-,2354	,0287

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptada del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = Todas las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a las mismas concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo “M1: Orilla”.

H1 = Todas o al menos uno de las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a diferentes concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo “M1: Orilla”.

**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la prueba de post Hoc – Tukey se observa que en dos tratamientos hay diferencia significativa que se encuentra entre el Tratamiento 1 con 15 gde Magnetita y el Tratamiento 3 con 45 gde magnetita.

**3.2.2. Eficiencia de las Nanopartículas en la muestra de suelo M2: 6 Metros**

**Tabla N° 52:** Cr (VI) en el suelo – Tratamientos con dosis de Nanopartículas de Magnetita en la muestra “M2”

Muestra 2: 6 Metros				
Repetición	Nanopartículas de Magnetita	Cr(VI) - Inicial (mg/kg)	Cr(VI) - final	% Eficiencia del Tratamiento
1era	D1: 15 g	126	0,35	99.72
	D2: 30 g		0,27	99.79
	D3: 45 g		0,1	99.92
2da	D1: 15 g		0,29	99.77
	D2: 30 g		0,24	99.81
	D3: 45 g		0,07	99.94
3era	D1: 15 g		0,33	99.74
	D2: 30 g		0,2	99.84
	D3: 45 g		0,09	99.93

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 52, se muestra los resultados de las concentraciones del cromo hexavalente de las 3 repeticiones en la muestra “M2: 6 Metros”, en el T1, tiene una variación entre 0.29 y 0.35 ppm, en el T2 tiene una variación entre 0.2 y 0.27 ppm y en el T3 varía entre 0.07 y 0.1 ppm.

El promedio de reducción del Cromo VI con los tratamiento de 15 gr, 30gy 45 gde Magnetita fue de 0.32, 0.24 y 0.09 ppm respectivamente.

**Tabla N° 53:** Eficiencia de Nanopartículas de Magnetita

Muestra 2: 6 Metros			
Nanopartículas de Magnetita	Cr(VI) - Inicial (mg/kg)	Promedio - Cr(VI) - final (mg/kg)	% Eficiencia del Tratamiento
D1: 15 g	126	0.32	99.74
D2: 30 g		0.24	99.81
D3: 45 g		0.09	99.93

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 53 se observa una reducción del 99,74% en el T1, en el tratamientos “T2” una eficiencia del 99.81% y en el T3 con 45 gde magnetita tuvo una eficiencia de 99,93%.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 55, el cual muestra datos de la reducción de las concentraciones del cromo hexavalente a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

**Tabla N° 54:** Prueba de Normalidad de la Reducción de las concentraciones del Cr VI a partir de los tres Tratamientos con magnetita

Pruebas de normalidad							
Tratamiento		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentracion final de Cr VI	Tratamiento 1	,253	3	.	,964	3	,637
	Tratamiento 2	,204	3	.	,993	3	,843
	Tratamiento 3	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

**Shapiro – Wilk:**

**d) Prueba de Hipótesis**

H0 = Los datos de las concentraciones finales de Cr VI, tienen una distribución normal

H1 = Los datos de las concentraciones finales de Cr VI, no tienen una distribución normal

**e) Regla de Decisión**

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

**f) Resultados/Conclusión**

Las concentraciones de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 0.637, 0.843 y 0.637 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de concentraciones. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de Normalidad se realizara la prueba de ANOVA para la aceptación o rechazo de la hipótesis (Ver Tabla N° 55), asimismo se realizara la prueba de Homogeneidad de Varianzas.

**Tabla N° 55:** Prueba de ANOVA para la Concentración final de Cr VI a partir de los tres tratamientos con Magnetita.

<b>ANOVA de un factor</b>					
Concentración final de Cr VI					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,086	2	,043	53,764	,000
Intra-grupos	,005	6	,001		
Total	,091	8			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado al SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = No existe diferencia significativa entre los tratamientos

H1 = Existe diferencia significativa, al menos en un tratamiento.

**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la prueba ANOVA el sig es 0.000, lo cual quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, de modo que todos o al menos uno de las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a diferentes concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo "M2: 6 Metros".

A continuación en la Tabla N° 56, se muestra la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, con la finalidad de analizar cuál de todas las concentraciones finales de Cr VI obtenidas a partir de los 3 tratamientos tiene una media diferente.

**Tabla N° 56:** Prueba de Homogeneidad de Varianzas de Levene

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Concentración final de Cr VI			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,795	2	6	,494

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptada del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = Si existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

H1 = No existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

**b) Regla de Decisión**

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la prueba de Levene el sig es mayor a 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), de modo que si existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

**Tabla N° 57:** Prueba de Post Hoc – Tukey

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Concentración final de Cr VI							
(I) Tratamiento		(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	Tratamiento 1	Tratamiento 2	,08667*	,02309	,022	,0158	,1575
		Tratamiento 3	,23667*	,02309	,000	,1658	,3075
	Tratamiento 2	Tratamiento 1	-,08667*	,02309	,022	-,1575	-,0158
		Tratamiento 3	,15000*	,02309	,002	,0791	,2209
	Tratamiento 3	Tratamiento 1	-,23667*	,02309	,000	-,3075	-,1658

		Tratamiento 2	-,15000*	,02309	,002	-,2209	-,0791
*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.							

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptada del SPSS 21

### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Todas las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a las mismas concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo “M2: 6 Metros”.

H1 = Todas o al menos uno de las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a diferentes concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo “M2: 6 Metros”.

### b) Regla de Decisión

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

### c) Resultados/Conclusión

En la prueba de post Hoc – Tukey el sig es menor a 0.05 en todos los tratamientos, lo cual quiere decir que existen diferencias significativas en los 3 tratamientos de nanopartículas de magnetita.

### 3.2.3. Eficiencia de las Nanopartículas en la muestra de suelo M3: 9 Metros

**Tabla N° 58:** Cr (VI) en el suelo – Tratamientos con dosis de Nanopartículas de Magnetita en la muestra “M3”

Muestra 3: 9 Metros				
Repeticion	Nanopartículas de Magnetita	Cr(VI) - Inicial (mg/kg)	R1 - Cr(VI) - final	% Eficiencia del Tratamiento
1era	D1: 15 g	67	0,25	99.63
	D2: 30 g		0,2	99.70
	D3: 45 g		0,05	99.93
2da	D1: 15 g		0,2	99.70
	D2: 30 g		0,15	99.78
	D3: 45 g		0,06	99.91
3era	D1: 15 g		0,3	99.55
	D2: 30 g		0,23	99.66
	D3: 45 g		0,04	99.94

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 58, se muestra los resultados de las concentraciones del cromo hexavalente de las 3 repeticiones en la muestra “M3: 9 Metros”, en el T1, tiene una

variación entre 0.2 y 0.3 ppm, en el T2 tiene una variación entre 0.15 y 0.23 ppm y en el T3 varía entre 0.04 y 0.06 ppm.

El promedio de reducción del Cromo VI con los tratamientos de 15 g, 30g y 45 g de Magnetita fue de 0.32, 0.24 y 0.09 ppm respectivamente.

**Tabla N° 59: Eficiencia de Nanopartículas de Magnetita**

Muestra 3: 9 Metros			
Nanopartículas de Magnetita	Cr(VI) - Inicial (mg/kg)	Promedio - Cr(VI) - final (mg/kg)	% Eficiencia del Tratamiento
D1: 15 g	67	0.25	99.63
D2: 30 g		0.19	99.71
D3: 45 g		0.05	99.93

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la Tabla N° 59 se observa una reducción del 99,63% en el T1, en el tratamientos "T2" una eficiencia del 99.71% y en el T3 con 45 gde magnetita tuvo una eficiencia de 99,93%.

Se realizó el cuadro de normalidad en la Tabla N° 60, el cual muestra datos de la reducción de las concentraciones del cromo hexavalente a partir de los tres tratamientos con magnetita. Teniendo como prueba estadística a Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

**Tabla N° 60: Prueba de Normalidad de la Reducción de las concentraciones del Cr VI a partir de los tres Tratamientos con magnetita**

Pruebas de normalidad							
Tratamiento		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración final de Cr VI	Tratamiento 1	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Tratamiento 2	,232	3	.	,980	3	,726
	Tratamiento 3	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado del SPSS 21

## Shapiro – Wilk:

### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Los datos de las concentraciones finales de Cr VI, tienen una distribución normal

H1 = Los datos de las concentraciones finales de Cr VI, no tienen una distribución normal

### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

### c) Resultados/Conclusión

Las concentraciones de los tratamientos T1, T2 y T3 tienen una significancia de 1, 0.726 y 1 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05, en tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), donde evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de concentraciones. Con un nivel de significancia del 95%.

Luego de realizar la prueba de Normalidad se realizara la prueba de ANOVA para la aceptación o rechazo de la hipótesis (Ver Tabla N° 61), asimismo se realizara la prueba de Homogeneidad de Varianzas.

**Tabla N° 61:** Prueba de ANOVA para la Concentración final de Cr VI a partir de los tres tratamientos con Magnetita.

<b>ANOVA de un factor</b>					
Concentración final de Cr VI					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,064	2	,032	22,591	,002
Intra-grupos	,008	6	,001		
Total	,072	8			

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptado al SPSS 21

### a) Prueba de Hipótesis

H0 = No existe diferencia significativa entre los tratamientos

H1 = Existe diferencia significativa, al menos en un tratamiento.

### b) Regla de Decisión

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

### c) Resultados/Conclusión

En la prueba ANOVA el sig es 0.002, lo cual quiere decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, de modo que todos o al menos uno de las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a diferentes concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo "M3: 9 Metros".

A continuación en la Tabla N° 62, se muestra la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, con la finalidad de analizar cuál de todas las concentraciones finales de Cr VI obtenidas a partir de los 3 tratamientos tiene una media diferente.

**Tabla N° 62:** Prueba de Homogeneidad de Varianzas de Levene

<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>			
Concentración final de Cr VI			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,472	2	6	,302

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptada del SPSS 21

### a) Prueba de Hipótesis

H0 = Si existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

H1 = No existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

### b) Regla de Decisión

Sig > 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

### c) Resultados/Conclusión

En la prueba de Levene el sig es mayor a 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula (Ho), de modo que si existe homogeneidad de varianzas en las concentraciones finales de Cr VI de las 3 dosis de magnetita.

**Tabla N° 63:** Prueba de Post Hoc – Tukey

<b>Comparaciones múltiples</b>							
Variable dependiente: Concentración final de Cr VI							
(I) Tratamiento		(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	Tratamiento 1	Tratamiento 2	,05667	,03067	,234	-,0374	,1508
		Tratamiento 3	,20000*	,03067	,002	,1059	,2941
	Tratamiento 2	Tratamiento 1	-,05667	,03067	,234	-,1508	,0374
		Tratamiento 3	,14333*	,03067	,008	,0492	,2374
	Tratamiento 3	Tratamiento 1	-,20000*	,03067	,002	-,2941	-,1059
		Tratamiento 2	-,14333*	,03067	,008	-,2374	-,0492

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Elaboración Propia, 2018, adaptada del SPSS 21

**a) Prueba de Hipótesis**

H0 = Todas las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a las mismas concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo “M3: 9 Metros”.

H1 = Todas o al menos uno de las dosis de nanopartículas de magnetita reduce a diferentes concentraciones finales de Cr VI, en la muestra de suelo “M3: 9 Metros”.

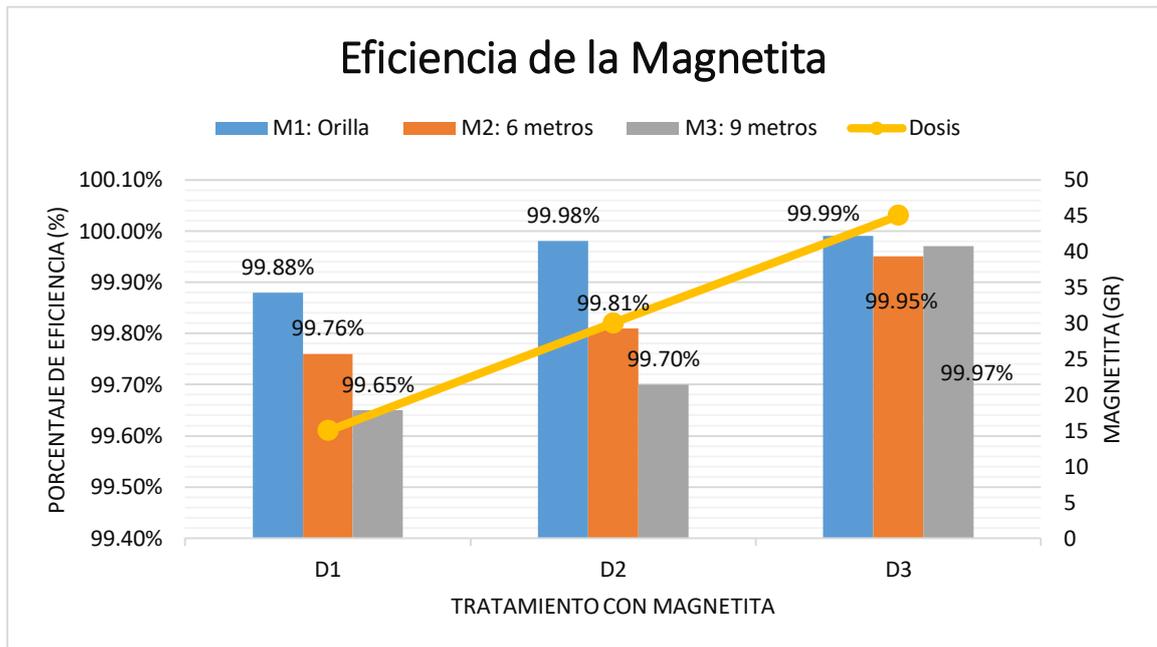
**b) Regla de Decisión**

Sig < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

**c) Resultados/Conclusión**

En la prueba de post Hoc – Tukey como se observa se tiene diferencias significativas entre el tratamiento 1 con 15gde magnetita con el tratamiento 3 de 45gde magnetita, entre el tratamiento 2 con 30 gde magnetita con el tratamiento 3 con 45 gde magnetita. Entonces se puede concluir que el tratamiento más eficiente es el Tratamiento 3 con 45 gde magnetita.

**Grafico N° 13:** Eficiencia de las Nanopartículas de Magnetita



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En el Grafico N° 13, se muestra la eficiencia de las Nanopartículas Magnetita por dosis añadida al suelo (D1, D2 y D3). La dosis “D3: 45 g(15%) de Magnetita, presenta una mayor eficiencia en las muestras “M1, M2 y M3”, con un porcentaje de 99.99%, 99.95% y del 99.97%, respectivamente.

#### IV. DISCUSION DE RESULTADOS

1. El uso de las nanopartículas de magnetita para la reducción del cromo hexavalente se tiene que la dosis D3 con 45 gramos de magnetita, presenta una eficiencia de 99.96% en la muestra M1: orilla, mientras que en la dosis D1 con 15 gramos de magnetita, presenta un 99.81%. La cantidad de magnetita que se añadieron en el suelo no define la mayor eficiencia, ya que intervienen otros factores ambientales o antrópicos del lugar mismo. Al momento de realizar las nanopartículas de magnetita el cual no se te utilizo ningún ácido u otro químico, al respecto Robles y Rodríguez (2017) incidan que se usaron ácido acético para favorecer así la formación, esto podría ser un factor de menor eficiencia.

2. En lo que respecta en la reducción del pH se tiene que en la dosis "D3" con 45 gramos de magnetita el pH se redujo a 6.09 y con la dosis "D1" con 15 gramos de magnetita el pH es de 6.5, el cual no baja demasiado, estos resultados demuestran que mientras se agrega más magnetita el pH se vuelve más ácido.

Este resultado se reafirma con lo que menciona SOTELO MUÑOZ. (2012), En su investigación "*Especiación de cromo en la solución del suelo de tres suelos enmendados con biosólidos bajo diferentes condiciones oxidoreductoras*", en el cual demostró que el Cr(III) domina en suelos con  $\text{pH} < 5.5$ , esto quiere decir que en los resultados obtenidos si le agrega más magnetita el pH seguirá reduciendo y la reducción del cromo hexavalente será mejor.

3. En lo que respecta a la conductividad eléctrica (CE) del suelo según los resultados hallados, la CE aumento pero no porque tenga una relación directa con la cantidad de magnetita utilizada para tratar el suelo, si no por una alta capacidad de intercambio catiónico que existe en el suelo y porque el Cr VI sufre una reacción convirtiéndolo a Cr +3, que es un catión.

El resultado se confirma con lo que menciona Doerge T., Kitchen N., Lund Eric y Guerreo A. (2015), en su investigación "Mapeo de Conductividad Eléctrica del suelo", en el cual menciona que suelos con altos niveles de arcilla tiene la capacidad mucho más alta en atrapar a los cationes.

## V. CONCLUSIONES

1. Se determinó la eficiencia de las nanopartículas de magnetita, donde se realizó por dosis "D1, D2 y D3", con cantidades de 15 gr, 30 gy 45 gr, en tres muestras de suelo, que con los resultados se observó que el mayor porcentaje de eficiencia fue de la dosis "D3" con 45 gramos de magnetita con un porcentaje de eficiencia del 99.96% en la muestra de orilla, un 99.93% en la muestra de 6 metros y un 99.93% en la muestra de 9 metros.
2. Se demostró que las nanopartículas de magnetita reduce el cromo hexavalente y el pH del suelo disminuyó, dejándolo ácido, con la dosis "D3", se pudo demostrar que el pH disminuyó en las tres muestras "M1, M2 y M3" de 6.09, 6.02 y 6.2 de pH, por lo tanto mientras más adición de nanopartículas el pH disminuye, siendo positivo para reducción del Cromo Hexavalente a Cromo Trivalente.
3. Se demostró que la conductividad Eléctrica en el suelo aumento, esto se debe a que la magnetita está conformado por Fe (II y III), y el hierro es un elemento que ya se encuentra presente en la corteza terrestre y es un nutriente esencial del suelo, esto hace que aumente la cantidad de sales en el suelo.
4. Se demostró que el potencial redox (Eh) que antes de tratar el suelo sus resultados en sus mayoría eran negativos (-), el cual al tratar el suelo con la magnetita en sus diferentes dosis los resultados finales del Eh dieron positivos (+), esto significa que el suelo paso de estar alcalino a ácido y donde se ve la transformación del cromo hexavalente, reduciendo a Cromo trivalente como se muestra en la reacción de la teoría.
5. La concentración del Cr VI se redujo en la muestra M1 de 146 ppm a 0.28 ppm con 15 gde magnetita, a 0.16 ppm con 30gde magnetita y a 0.06 con 45gde magnetita, esto significa que con 15% de magnetita que es 45 gr, el suelo del Parque Industrial de Rio Seco redujo el cromo hexavalente.
6. La concentración del Cr VI se redujo en la muestra M2 de 126 ppm a 0.32 ppm con 15 gde magnetita, a 0.24 ppm con 30gde magnetita y a 0.09 con

45gde magnetita, esto significa que con 15% de magnetita que es 45 gr, el suelo del Parque Industrial de Rio Seco redujo el cromo hexavalente.

7. La concentración del Cr VI se redujo en la muestra M3 de 67 ppm a 0.25 ppm con 15 gde magnetita, a 0.19 ppm con 30gde magnetita y a 0.05 con 45gde magnetita, esto significa que con 15% de magnetita que es 45 gr, el suelo del Parque Industrial de Rio Seco redujo el cromo hexavalente.
8. Se demostró que solo en 3 semanas el cromo hexavalente reacciono con las nanopartículas de magnetita reduciéndolo en una varianza de 99.63% y 99.96% y cumplir con la norma del ECA suelo, que en suelos comerciales y de agricultura es de 0.4 ppm y en suelos industriales de 1.4 ppm.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones utilizando minerales como la magnetita que contengan hierro (Fe) estos actúan como reductor para los metales pesados en suelo o en agua.
2. Mantener la misma temperatura del suelo al momento de tratar el suelo con magnetita.
3. Evaluar la cantidad de magnetita según la cantidad de suelo a tratar para mejor eficiencia.
4. Tratar el suelo con magnetita sin añadir ácido u otro químico, solo con agua, para no alterar las características del suelo y prevenir que se contamine con otras sustancias.

## VII. REFERENCIAS

- ALMAZÁN Celis, Jonathan. Síntesis de nanopartículas de magnetita caracterizadas por espectroscopia Mössbauer. Tesis (Maestría de ciencia de materiales). Toluca, México: UAEM-UNAM, Programa de ciencia de materiales, 2016. 7 p.
- CARRILLO, Rogelio y GONZÁLEZ, Carmen. La Nanotecnología en la agricultura rehabilitación de suelos contaminados. *Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología* [en línea]. Julio-diciembre 2009, no. 2. [Fecha de consulta: 14 de Setiembre 2017].  
Disponible en:  
<http://www.revistas.unam.mx/index.php/nano/article/view/53587/47639>
- CASTRILLON García, Mariana. Síntesis de nanopartículas magnéticas y su aplicación en nanocompuestos de matriz polimérica con propiedades magnéticas. Tesis Doctoral (Doctor en Ingeniería Química), Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, 2012. pp. 12-13.
- Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo, Lima, Perú, 02 de Diciembre del 2017.
- Decreto Supremo N° 085-2014-MINAM, Guía de Muestreo de suelos, Lima, Perú, 9 de Abril del 2014.
- DOERGE T., KITCHEN N., LUND E. y GUERREO A, Mapeo de Conductividad Electrica del suelo. Guía para el muestreo de suelo adecuado para cada sitio – SSMG-30, 2015, 3 p.,  
Disponible en:  
[http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/39\\_mapeo\\_conductividad\\_electrica.pdf](http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/39_mapeo_conductividad_electrica.pdf)
- Efecto del cromo Hexavalente sobre la salud [en línea], California, 2016.  
Disponible en:  
<https://oehha.ca.gov/media/downloads/faqs/sphexchromiumairfact111616.pdf>

- FERNANDEZ, Alexander. Nanopartículas de Hierro de valencia cero aplicadas al tratamiento de contaminantes orgánicos del suelo. Informe de Insuficiencia de Titulación (Licenciado en Química). Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería UNI. Facultad de Ciencias, 2013, p. 15-30.
- GARCIA, Carlos, MORENO, Jose, HERNÁNDEZ Teresa y POLO, Alfredo. Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. Centro de Ciencias Medioambientales [en línea]. 2002, [Fecha de Consulta: 12 de octubre 2017].  
Disponible en:  
<http://digital.csic.es/handle/10261/111812>  
ISBN: 8469979728
- LOPEZ, Haydeé; LOPEZ, Claudia; MUZQUIZ, Elia. Nanopartículas: aplicación actuales y futura en la industria alimentaria. Mexico. 2016, pp.24
- OEHA. Health Effects of Hexavalent Chromium. 21 de Noviembre 2016  
Disponible en:  
<https://oehha.ca.gov/air/health-effects-hexavalent-chromium-spanish>
- PEREZ, Javier; CABALLERO, Bibiana; MASAGUER, Alberto; MOLINER, Ana y MOLINER, Ana. Efecto de las nanopartículas de magnetita en el comportamiento de metales pesados en suelos contaminados [en línea]. En: Congreso Ibérico de las Ciencias del Suelo (VII: 2016: Instituto Politécnico Beja). Beja, Portugal. 2016, 420 p.  
Disponible en:  
[http://oa.upm.es/45122/1/INVE MEM 2016 245308.pdf](http://oa.upm.es/45122/1/INVE_MEM_2016_245308.pdf)
- ROBLES, Diana y RODRÍGUEZ, Natalia. Síntesis de Nanopartículas de Magnetita Usando extracto de Cascara de Papaya. Trabajo de Titulación (Ingeniería Química). Bogotá, Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingeniería, 2017. 8 p.
- SANCHO, Maribel. Microbiología Básica (I): El Mundo Invisible [en línea]. 27 de abril 2016.  
Disponible en:  
<https://allyouneedisbiology.wordpress.com/tag/nanometro/>

- SANTOS Frances, Fernando. Calidad Medioambiental de los suelos. En: RAMOS, Pedro [et al.]. Medio Ambiente Calidad Ambiental. España: Aquilafuente, 2002. 342 p.  
ISBN: 8478007776
- SOTELO, Adriana. Especiación de cromo en la solución del suelo de tres suelos enmendados con Biosolidos bajo diferentes condiciones oxidoreductoras. Tesis (Magister en Ciencias-Geomorfología y suelos). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias, 2012. 9-11 p.
- VELÁZQUEZ, María y ORDORICA, Miguel. Ácidos, Bases, pH y Soluciones Reguladoras. 2009. 4 p.
- XINGU Contreras, Evelyn. Obtención de Nanopartículas de Hierro de tamaño nanométrico en una zeolita natural. Estado de Mexico.2013, pp. 4-6.
- ZUÑIGA Bahamón, Andrés y DUQUE Osorio, Juan. Nanotecnología: Significado, Usos, Beneficios y Riesgos [en línea]. Cali, Colombia: Innovación y Ciencia, 2005 [Fecha de Consulta: 19 de octubre 2017]  
Disponible en:  
[https://www.academia.edu/7036325/Zúñiga-Bahamón\\_A\\_and\\_JF\\_Duque-Osorio.2005.Nanotecnología\\_Significado\\_Usos\\_Beneficios\\_y\\_Riesgos](https://www.academia.edu/7036325/Zúñiga-Bahamón_A_and_JF_Duque-Osorio.2005.Nanotecnología_Significado_Usos_Beneficios_y_Riesgos)

## VIII. ANEXOS:

### Anexo N°1: Fotografías



En la foto se observa la delimitación de la zona a evaluar en el Parque Industrial de Rio Seco (PIRS)

Zona Contaminada por los efluentes y desperdicios de las industrias de Curtiembre del Parque Industrial de Rio Seco (PIRS)



En la foto se observa el momento en que se está extrayendo la muestra con una pala de acero, para su posterior análisis en el laboratorio.



Se observa en la imagen la estructura del suelo en su habitat natural, en el Parque Industrial de Rio Seco, Cerro Colorado – Arequipa 2018

En la imagen se observa los extractos del suelo, para su posterior filtración y poder sacar los parámetros fisicoquímicos del suelo.



Adición de las Nanopartículas de Magnetita a las muestras de suelo del Parque Industrial de Rio Seco (PIRS).





### Anexo N° 3: Ficha de Registro de análisis de Cromo Hexavalente

	Muestras de Suelo		
	Orilla	A 6 metros	A 9 metros
Concentración Inicial de Cromo (mg/kg)			
Concentración Final de Cromo (mg/kg)			
% de Remoción de Cromo			

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo N° 4: Información de Magnetita Utilizada por Muestra

	Muestras de suelo		
	Orilla	A 6 metros	A 9 metros
Cantidad de Magnetita (Peso)			
Tiempo de Reacción de la Magnetita			
% de eficiencia de las nanopartículas de magnetita			

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo N° 5: Estándares de Calidad del Suelo, DS N° 011-2017-MINAN.**

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(1) y (8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(2)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(1)</sup>	Suelo Comercial <sup>(2)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(8)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(8)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(10)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 <sup>(10)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 <sup>(10)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 <sup>(10)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(14)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(15)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(16)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

## Anexo Nº 6: Resultados de Iniciales de las Muestras del Suelo del Parque Industrial de Río Seco (PIRS)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**  
Laboratorio de Espectrometría

### ANALISIS DE CUATRO MUESTRAS

SOLICITADO POR : **MARDELLY RUIZ MARCELO**

Procedencia de muestras : Parque Industrial de Río Seco-Arequipa

Recepción de muestras : Lima, 23 de Abril del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestra	W(mg)	V(ml)	Cr(mg/Kg)
Orilla	251	25	184
6 metros	252	25	153
9 metros	252	25	76
12 metros	250	25	0

Lima, 26 de Abril del 2018

  
MSc. Atilio Mendoza  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará Nº 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

**Anexo N° 7: Resultados Finales de la muestras de suelo después de la adición de las Nanopartículas de Magnetita.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**  
Laboratorio de Espectrometría

**ANALISIS DE 27 MUESTRAS**

SOLICITADO POR : **Mardelly Ruiz Marcelo**  
Procedencia de muestras : **Parque Industrial de Río Seco, Cerro Colorado, Arequipa**  
Recepción de muestras : **Lima, 19 de Junio del 2018**

**RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS**

N°	Muestra	Cr(mg/L)
1	0T1	6.31
2	6T1	5.93
3	9T1	5.43
4	0T1	5.15
5	6T1	5.09
6	9T1	4.46
7	0T1	4.05
8	6T1	3.68
9	9T1	2.81
10	0T2	6.36
11	6T2	4.65
12	9T2	5.53
13	0T2	5.38
14	6T2	4.17
15	9T2	4.59
16	0T2	4.09
17	6T2	3.49
18	9T2	2.80
19	0T3	6.35
20	6T3	5.56
21	9T3	5.96
22	0T3	5.07
23	6T3	4.71
24	9T3	4.07
25	0T3	4.08
26	6T3	3.31
27	9T3	2.75

Lima, 21 de Junio del 2018



MSc. **Atilio Mendoza A.**  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

**Anexo N° 8: Resultados Finales por cada repetición convertidos a miligramo por kilogramo (mg/kg), según como piden en el ECA para suelo DS N° 011-2017-MINAN.**



**LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA  
DEL PERU S.A.C. – LC ICA DEL PERU SAC  
R.U.C. 20552341679**

PROYECTOS DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS, TRATAMIENTO DE AGUA DOMESTICAS,  
INDUSTRIALES Y AGUAS ACIDAS DE MINA, MONITOREOS AMBIENTALES EN SUELO, AIRE Y AGUA,  
ESTUDIOS AMBIENTALES, SLSOMA, IMPLEMENTACION Y CAPACITACION DE METODOS  
ANALITICOS EN LABORATORIO QUIMICO, FABRICACION DE EQUIPOS DE CONTROL DE GASES,  
MATERIAL PARTICULADO, MUELAS, PLANCHAS DE DIGESTION, CAMPANAS EXTRACTORAS,  
VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS - IMPORTADOR - EXPORTADOR.

**RESULTADO DE ANALISIS DE MUESTRA**



Repetición	Muestra	Cr VI (mg/kg)
1	M1 - 15	0.3
	M2 - 15	0.35
	M3 - 15	0.25
	M1 - 30	0.25
	M2 - 30	0.27
	M3 - 30	0.2
	M1 - 45	0.08
	M2 - 45	0.1
	M3 - 45	0.05
2	M1 - 15	0.26
	M2 - 15	0.29
	M3 - 15	0.2
	M1 - 30	0.14
	M2 - 30	0.24
	M3 - 30	0.15
	M1 - 45	0.09
	M2 - 45	0.07
	M3 - 45	0.06
3	M1 - 15	0.28
	M2 - 15	0.33
	M3 - 15	0.3
	M1 - 30	0.1
	M2 - 30	0.2
	M3 - 30	0.23
	M1 - 45	0.01
	M2 - 45	0.09
	M3 - 45	0.04

**RESULTADO DE ANALISIS DE MUESTRA**

MUESTRA	Cr VI (mg/kg)
ORILLA	146
6 METROS	126
9 METROS	67

Chris Lisset Luis Chiroque  
Ing. Químico. Reg. CIP. 153976

Rosy Susana Pinedo Ochoa  
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 164142

Luis Fernando Mendoza Apolaya  
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 213529

**Dirección:** Asoc. Residencial Villa Los Olivos Calle 1 Mz B Lte. 31  
San Martín de Porres - Lima.  
**Teléfono:** 523-6273, **Celular:** 995418217  
**Email:** fica\_mena77@hotmail.com

## Anexo N° 9: Constancia de Laboratorio



### LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERU S.A.C. – LC ICA DEL PERU SAC R.U.C. 20552341679

PROYECTOS DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS, TRATAMIENTO DE AGUA DOMESTICAS,  
INDUSTRIALES Y AGUAS ACIDAS DE MINA, MONITOREOS AMBIENTALES EN SUELO, AIRE Y AGUA,  
ESTUDIOS AMBIENTALES, S&SOMA, IMPLEMENTACION Y CAPACITACION DE METODOS  
ANALITICOS EN LABORATORIO QUIMICO, FABRICACION DE EQUIPOS DE CONTROL DE GASES,  
MATERIAL PARTICULADO, MIFLAS, PLANCHAS DE DIGESTION, CAMPANAS EXTRACTORAS,  
VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS – IMPORTADOR – EXPORTADOR.



### Constancia

Por medio de la presente dejamos la constancia que la alumna, Mardelly Ruiz Marcelo con DNI: 74929396 de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo con código 6700249937 a realizado su desarrollo de investigación con el apoyo académico de profesionales colegiados con experiencias de 15 años en problemas ambientales que laboran en prestigiosas empresas y entidades públicas quienes participaron como guías en el desarrollo de métodos estandarizados nacionales como internacionales y uso de equipos en el laboratorio particular de la empresa LC ICA DEL PERU SAC, los que fueron realizados de manera personal por el interesado dando constancia de su originalidad, veracidad de su trabajo como lo ameritan sus antecedentes que se tomaron en su trabajo que realizaron.

Expidiendo la presente constancia para fines que crea convenientes.

San Martin de Porres, 01 de julio del 2018

Chris Lisset Luis Chiroque  
Ing. Químico. Reg. CIP. 153976

Rosy Susana Pinedo Ochoa  
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 164142

Luis Fernando Mendoza Apolaya  
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 213529  
Gerente

  
LC ICA DEL PERU S.A.C.  
Luis Fernando Mendoza Apolaya  
GERENTE

Dirección: Asoc. Residencial Villa Los Olivos Calle 1 Mz B Lte. 31  
San Martin de Porres – Lima.  
Teléfono: 523-6273, Celular: 995418217  
Email: fica\_mena77@hotmail.com

## Anexo N° 10: Validación de Instrumento A



**SOLICITUD:** Validación de  
instrumento de recojo de información.

Sr.: Cabrera Carranza Carlos Francisca

Yo Mardelly Ruiz Marcelo, identificado con DNI N° 74929396 alumno(a) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el Proyecto de Tesis que vengo elaborando titulada: "**Eficiencia de nanopartículas de magnetita en la remoción de Cromo Hexavalente en el suelo del Parque Industrial de Rio Seco (PIRS), Cerro Colorado – Arequipa 2017.**", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 07 de Noviembre de 2017

NOMBRES Y APELLIDOS  
FIRMA

Carlos Cabrera Carranza

(I.P.: 46572)



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cabrera Carranza Carlos Francisco  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Vicedecano de Investigación en la UNHSSH  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: .....

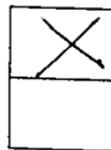
1.4. Autor(A) de Instrumento: Hardilly Ruiz Marcano

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación



## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 07 de Noviembre del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No. 422384 Tel: 995507

## Anexo N° 11: Validación de Instrumento B

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**SOLICITUD:** Validación de  
instrumento de recojo de información.

Sr.: Cecilia Carmeño Castromonte

Yo Mardelly Ruiz Marcelo, identificado con DNI N° 74929396 alumno(a) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el Proyecto de Tesis que vengo elaborando titulada: "**Eficiencia de nanopartículas de magnetita en la remoción de Cromo Hexavalente en el suelo del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), Cerro Colorado – Arequipa 2017.**", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 07 de Noviembre de 2017

  
CECILIA LIBIA  
CERMEÑO CASTROMONTE  
INGENIERA AGRÓNOMA  
Reg. CIP. N° 123075  
NOMBRES Y APELLIDOS  
FIRMA



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cecilia Carmelo Castromonte  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:   
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Mardelly Ruiz Marcelo

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

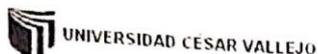
90 %
------

Lima, 07 de Noviembre del 2017

 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No. ....

 CECILIA LIBIA  
 CERMEÑO CASTROMONTE  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123073

## Anexo N° 12: Validación de Instrumento C



**SOLICITUD:** Validación de  
instrumento de recojo de información.

Sr.: Jimmy Eduardo Añazgo Tejeda

Yo Mardelly Ruiz Marcelo, identificado con DNI N° 74929396 alumno(a) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el Proyecto de Tesis que vengo elaborando titulada: "**Eficiencia de nanopartículas de magnetita en la remoción de Cromo Hexavalente en el suelo del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), Cerro Colorado – Arequipa 2017.**", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 07 Noviembre de 2017



**Jimmy Eduardo Añazgo Tejeda**  
Ing. Ambiental y de Recursos Naturales  
CIP 170210

NOMBRES Y APELLIDOS  
FIRMA

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

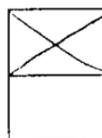
1.1. Apellidos y Nombres: Jimmy Anzco Luján  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Muestra o de Suelo S.  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Marcelly Ruiz Marcelo

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9 METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

**90 %**

Lima... 07 de Noviembre del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No. 42039484 Telf.: 945361685

## Anexo N° 13: Validación de Instrumento D



**SOLICITUD:** Validación de  
instrumento de recojo de información.

Sr.: ..... *Sandra María García Pedroso* .....

Yo Mardelly Ruiz Marcelo, identificado con DNI N° 74929396 alumno(a) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el Proyecto de Tesis que vengo elaborando titulada: "**Eficiencia de nanopartículas de magnetita en la remoción de Cromo Hexavalente en el suelo del Parque Industrial de Rio Seco (PIRS), Cerro Colorado – Arequipa 2017.**", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, *07* ..... *Noviembre* ..... de 2017

  
.....  
SANDRA MARÍA GARCÍA PEDROSO  
ING. AMBIENTAL Y REC. NATURALES  
REG. N.º 134989

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

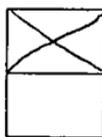
1.1. Apellidos y Nombres:..... *Sandra García Pedrosa*  
 1.2. Cargo e institución donde labora:..... *Coordinadora Técnica de Medio Ambiente*  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... *Ficha técnica de Muestreo de Suelo*  
 1.4. Autor(A) de Instrumento:..... *Maximiliano Ruiz Mancala*

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación



### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

**90 %**

Lima, *07* de *Noviembre* del 2017

*[Firma]*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 SANDRA MARÍA GARCÍA PEDROSO  
 DNE AMBIENTAL Y RECI NATURALES  
 Reg. CIP. N° 134080

## Anexo N° 14: Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL
¿Cuál es la eficiencia de nanopartículas de magnetita en la reducción del Cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?	Determinar la eficiencia de las nanopartículas de magnetita para la reducción de cromo Hexavalente (Cr (VI) a cromo Trivalentes (Cr (III)) en suelos de PIRS - Arequipa	Hi: Las nanopartículas de magnetita serán eficientes para la reducción de cromo Hexavalente (Cr (VI)) a cromo trivalente Cr (III)) en el suelo de PIRS – Arequipa. H0: Las nanopartículas de magnetita no serán eficientes para la reducción de cromo Hexavalente (Cr (VI)) a cromo trivalente Cr (III)) en el suelo de PIRS – Arequipa.
ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS
¿Cuál es la cantidad de magnetita necesaria para reducir el cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?	Determinar la cantidad de magnetita necesaria para reducir el cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018	La cantidad de magnetita es mínima para reducir el cromo hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018
¿Cuál es el pH del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?	Determinar el pH del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018	La cantidad de magnetita es mínima para reducir el cromo hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018
¿Cuál es la Conductividad Eléctrica del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?	Determinar la Conductividad Eléctrica del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018	La conductividad eléctrica se alteró, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018
¿Cuál es el Potencial Redox del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018?	Determinar el Potencial Redox del suelo, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018	El Potencial Redox se alteró, después de la reducción de cromo Hexavalente (VI) a cromo trivalente (III) con nanopartículas de magnetita en el suelo del PIRS, Cerro Colorado – Arequipa 2018
¿Cuál es la concentración inicial del cromo hexavalente (VI) en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita?	Determinar la concentración inicial del cromo hexavalente (VI) en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita	La concentración inicial del cromo hexavalente (VI) es alta en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita
¿Cuál es la concentración final del cromo hexavalente (VI) en el suelo del PIRS después de la reacción de las nanopartículas de magnetita?	Determinar a concentración final del cromo hexavalente (VI) en el suelo del PIRS después de la reacción de las nanopartículas de magnetita	La concentración final del cromo hexavalente (VI) es baja en el suelo del PIRS antes de la reacción de las nanopartículas de magnetita

Yo, ...Elmer... Gonzales Benites... Alvaro.....  
docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

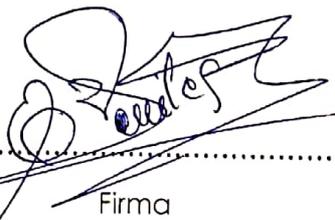
"...Eficiencia de Nanopartículas de Magnetita en la  
...reducción del Cromo Hexavalente a Cromo Trivalente  
...en el Suelo del Parque Industrial de Rio Seco  
...(P.I.R.S.), Cerra Colorado - Arequipa 2018"

del (de la) estudiante Ruiz Marcelo, Marcelly.....

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.. % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Los Olivos 20 agosto 2019



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Dr. Elmer Benites Alvaro

DNI: 07867259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EFICIENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE MAGNETITA EN LA REDUCCIÓN DEL CROMO HEXAVALENTE A CROMO TRIVALENTE EN EL SUELO DEL PARQUE INDUSTRIAL DE RÍO SECO (PIRS), CERRO COLORADO – ARIQUIPA, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

RUZ MARTELLO, MARDIELLY

ASESORA:

M.Sc. CECILIA CORDOÑO CASABLANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

CODIGO: PIR-01

2018-1

*Mardelly Ruiz*  
*Dr. Scute A.*

Match Overview

24%

Currently viewing standard sources

View English Sources (Beta)

Matches

- 1 repositorio.ucv.edu.pe Internet Source 9% >
- 2 Submitted to Universid... Student Paper 9% >
- 3 dspace.uevora.pt Internet Source 1% >
- 4 bdigital.unal.edu.co Internet Source 1% >
- 5 Submitted to Universid... Student Paper 1% >
- 6 docplayer.es 1% >



# FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

## 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Ruiz Marcelo Mardelly  
D.N.I. : 74929396  
Domicilio : Jr. Alvarez # 551  
Teléfono : Fijo : 5720683 Móvil : 964149185  
E-mail : mardelly.05.marcelo@gmail.com

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería  
Escuela : Ingeniería Ambiental  
Carrera : Ingeniería Ambiental  
Título : Ingeniería Ambiental

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :  
Mención :

## 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Ruiz Marcelo Mardelly

Título de la tesis:

"Eficiencia de Nanopartículas de Magnetita en la reducción del Cromo Hexavalente a Cromo Trivalente en el suelo del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), Cerro Colorado - Arequipa 2018"

Año de publicación :

## 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento.

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha:

26/08/2019



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Ruiz Marcelo, Mardelly

INFORME TÍTULADO:

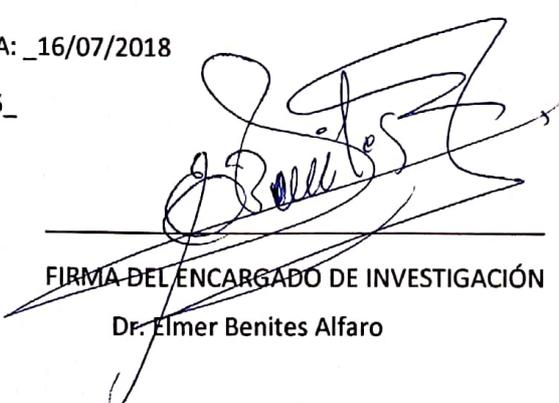
“Eficiencia de Nanopartículas de magnetita en la reducción del cromo hexavalente a cromo trivalente en el suelo del Parque Industrial de Rio Seco (PIRS), Cerro Colorado – Arequipa 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 16/07/2018

NOTA O MENCIÓN: 15

  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro

NRO...001-19/II