



# **UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

## **TESIS DE GRADO**

**“PROPUESTA DE UN MÉTODO DE CONTROL DE LOS  
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA CRUDA PARA  
OBTENER AGUA POTABLE DE ÓPTIMA CALIDAD EN  
LA EMPRESA EPSEL S.A.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO**

## **AUTORES**

**BACH. ARRIVASPLATA MERA KATIA MELISSA  
BACH. CORONEL GUEVARA AURORA DEL ROCIO**

## **ASESOR**

**ING. MSc. PEDRO PABLO ÁNGELES CHERO**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA  
“PROPUESTA DE UN MÉTODO DE CONTROL DE LOS  
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA CRUDA PARA  
OBTENER AGUA POTABLE DE ÓPTIMA CALIDAD EN LA  
EMPRESA EPSEL S.A.”  
TESIS DE GRADO  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO  
AUTORES**

**BACH. ARRIVASPLATA MERA KATIA MELISSA.  
BACH. CORONEL GUEVARA AURORA DEL ROCÍO.**

----- MSc. José Enrique Hernández Oré.	<b>PRESIDENTE</b>
----- Ing. Ada Patricia Barturén Quispe.	<b>SECRETARIA</b>
----- Ing. James Jenner Guerrero Braco.	<b>VOCAL</b>
----- Ing. MSc. Pedro Ángeles Chero.	<b>ASESOR</b>

**LAMBAYEQUE- PERÚ**

## **AGRADECIMIENTO**

Al creador de todas las cosas, el que nos ha dado la fortaleza para continuar cuando estuvimos a punto de rendirnos, por ello con la humildad de nuestros corazones agradecemos su compañía constante y amor incondicional.

A nuestros amados padres, por su amor, paciencia y comprensión, los cuales son detonantes de nuestra felicidad; les agradecemos por sus palabras de aliento las que nos permitieron seguir adelante para siempre ser perseverantes y llegar a cumplir nuestras metas.

A nuestro asesor M. Sc. Pedro Pablo Ángeles Chero, por sus conocimientos, sus orientaciones y su tiempo, los cuales han sido fundamentales en este lapso de tiempo que ha durado esta tesis.

A la empresa EPSEL S.A de la ciudad de CHICLAYO, por habernos brindado sus instalaciones y orientación, los cuales nos permitieron realizar los análisis correspondientes a nuestro proyecto.

A todas las personas que nos apoyaron con sus conocimientos, confianza y palabras de aliento durante nuestra formación profesional y en la realización de nuestra investigación.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme salud y darme sus bendiciones, para lograr mis objetivos, metas trazadas y llenarme de su infinito amor y bondad, por haberme permitido culminar mi carrera con éxito y guiarme en todo momento de mi vida.

A mi madre, Isabel Guevara Vallejos y a mi padre Segundo Coronel Vega, por enseñarme que las metas son alcanzables, por su apoyo, por su paciencia, consejos, por los valores que me inculcaron, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por darme el ejemplo de perseverancia y constancia que los caracteriza y que me han infundido siempre.

A mis hermanos, Diana, Jarissa y Jhojan, que son motivos de inspiración para mí y que siempre han estado a mi lado, brindándome su amistad, apoyo y ofreciéndome palabras de aliento que me ayudaron con la culminación de esta tesis.

A mis demás familiares, por sus consejos, apoyo, contribución y por su ayuda para que se hiciera realidad este logro.

A Roberto por ser parte importante y especial en mi vida, gracias por comprenderme, por estar siempre dispuesto a ayudarme y por sus valiosas oraciones, que hoy veo respondidas, por alegrarse conmigo en mis logros y estar siempre a mi lado.

A mi compañera de tesis Katia por la constancia y dedicación que demostró en este tiempo para poder lograr este sueño, agradezco por compartir conmigo esta hermosa experiencia y por darme su sincera amistad.

**BACH. AURORA DEL ROCIO CORONEL GUEVARA.**

## **DEDICATORIA**

A Dios como ser supremo, creador nuestro y de todo lo que nos rodea, por haber llenado mi camino de bendiciones, por guiarme, por tomar mi mano y darme la fuerza para seguir adelante y por ayudarme a culminar con éxito mi carrera profesional.

A mis padres Pedro Arrivasplata Silva y Dora Mera Vidarte, por su lucha constante, su amor latente, por su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores y su ejemplo de perseverancia, que han guiado mis pasos a lo largo de mi vida, gracias infinitas por impulsarme con valor y amor para cumplir mis metas.

A mi hermano Pedro, quien es mi fuente de motivación para ser mejor cada día, por ser la persona que llena de alegría mi vida.

A mis abuelitas Olinda y Antonia, por transmitirme mucho amor, por tenerme presente en sus plegarias para que cumpliera con mis metas.

A mis abuelitos Carlos y Eduardo que, aunque ya no estén a mi lado, su cariño y consejos prevalecen en mi corazón.

A todos y cada uno de mis familiares, que quienes con sus consejos y oraciones me apoyaron en mi desarrollo profesional

A mi compañera Rocío, que gracias a su amistad, apoyo y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

**BACH. KATIA MELISSA ARRIVASPLATA MERA.**

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	I
DEDICATORIA .....	II
DEDICATORIA .....	III
ÍNDICE GENERAL .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XV
ABSTRACT .....	1
RESUMEN .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	4
CAPITULO I: FUNDAMENTO TEORICO .....	7
1. FUNDAMENTO TEÓRICO .....	6
1.1. AGUA CRUDA .....	6
1.1.1. DEFINICIÓN .....	6
1.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA CRUDA .....	6
1.1.3. RECEPCION DE AGUA CRUDA PARA LA PLANTA EPSEL S.A. ...	8
1.2. AGUA POTABLE .....	11
1.2.1. DEFINICIÓN .....	11
1.2.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA .....	11
1.2.3. TRATAMIENTOS PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA .....	15
1.2.4. COAGULANTES .....	21
1.2.5. CALIDAD DE AGUA .....	27
1.2.6. NORMATIVA PERUANA .....	28
1.2.7. ENSAYO DE JARRAS .....	31
CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS .....	33
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	34
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	34
2.1.1. DE ACUERDO AL FIN QUE SE PERSIGUE .....	34
2.1.2. DEACUERDO AL DISEÑO DE EXPERIMENTACIÓN .....	34

2.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	34
2.2.1.	POBLACIÓN.....	34
2.2.2.	MUESTRA.....	34
2.3.	VARIABLES DEL ESTUDIO .....	35
2.3.1.	DEPENDIENTES.....	35
2.3.2.	INDEPENDIENTES .....	35
2.4.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	35
2.4.1.	MATERIAL, INSUMOS, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	35
2.4.2.	MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	39
2.5.	LUGAR DE EJECUCIÓN: .....	39
2.6.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	39
2.6.1.	REQUERIMIENTO DE MUESTRA DE AGUA CRUDA. ....	39
2.6.2.	PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA, CON LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO. ....	40
2.6.3.	ANÁLISIS QUÍMICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO. ....	42
2.7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS: .....	45
	CAPITULO III: RESULTADOS .....	52
3.	RESULTADOS: .....	47
3.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS DEL AGUA:.....	47
3.2.	PARÁMETROS FISICO - QUÍMICOS DE PRUEBA DE JARRAS CON DIFERENTES DOSIS DE SULFATOS DE ALUMINIO PARA LA DOSIS ÓPTIMA. .....	49
3.3.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN A LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A. ....	52
	CAPITULO IV: DISCUSIONES .....	91
	CAPITULO V: CONCLUSIONES .....	93
	CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.....	95
	CAPITULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	97
	CAPITULO VIII: ANEXOS .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- ESQUEMA RESUMEN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUAS DE LA CUENCA CHANCAY LAMBAYEQUE.....	10
FIGURA 2.- DIAGRAMA DE BLOQUES DE PROCESO DE AGUA CRUDA CON LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A.....	40
FIGURA 3.- COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO 2014.....	52
FIGURA 4.- COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO 2014.....	53
FIGURA 5.- COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO 2014.....	53
FIGURA 6.- COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO 2014.....	54
FIGURA 7.- COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO 2014.....	54
FIGURA 8.- COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO 2014.....	55
FIGURA 9.- COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO 2014.....	55
FIGURA 10.- COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO 2014.....	56



FIGURA 11.- COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO 2014.....	56
FIGURA 12.- COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO 2014.....	57
FIGURA 13.- COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO 2014.....	57
FIGURA 14 COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO 2014.....	58
FIGURA 15 COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	59
FIGURA 16 COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	59
FIGURA 17 COMPORTAMIENTO DEL SULFATO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	60
FIGURA 18 COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	60
FIGURA 19. COMPORTAMIENTO DEL RESIDUAL DE ALUMINIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	61
FIGURA 20 COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	61

FIGURA 21.-COMPORTAMIENTO DEL COLOR ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	62
FIGURA 22.-COMPORTAMIENTO DEL COBRE ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	62
FIGURA 23.-COMPORTAMIENTO DE LOS NITRATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	63
FIGURA 24.-COMPORTAMIENTO DE L HIERRO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	63
FIGURA 25.-COMPORTAMIENTO DEL MANGANESO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	64
FIGURA 26.-COMPORTAMIENTO DEL SODIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	64
FIGURA 27.-COMPORTAMIENTO DE LOS ZINC ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	65
FIGURA 28.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TOTALES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	65
FIGURA 29.-COMPORTAMIENTO DEL COL. TERMOTOLERANTES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	66
FIGURA 30.-COMPORTAMIENTO DEL REC.HETEROTROFICO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.....	66



FIGURA 31.-COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	67
FIGURA 32.-COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	67
FIGURA 33.-COMPORTAMIENTO DE LOS SULFATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	68
FIGURA 34.-COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	68
FIGURA 35.-COMPORTAMIENTO DEL RES. DE ALUMINIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	69
FIGURA 36.-COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	69
FIGURA 37.-COMPORTAMIENTO DEL COLOR ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	70
FIGURA 38.-COMPORTAMIENTO DEL COBRE ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	70
FIGURA 39.-COMPORTAMIENTO DE LOS NITRATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	71
FIGURA 40.-COMPORTAMIENTO DEL HIERRO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	71

FIGURA 41.-COMPORTAMIENTO DEL SODIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	72
FIGURA 42.-COMPORTAMIENTO DEL MANGANESO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	72
FIGURA 43.-COMPORTAMIENTO DEL ZINC ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	73
FIGURA 44.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TOTALES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	73
FIGURA 45.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TERMOTOLERANTES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.....	74
FIGURA 46.-COMPORTAMIENTO DEL REC. HET. ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	74
FIGURA 47.-COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	75
FIGURA 48.-COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	75
FIGURA 49.-COMPORTAMIENTO DE LOS SULFATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	76
FIGURA 50.-COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	76

FIGURA 51.-COMPORTAMIENTO DEL RES. DE ALUMINIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	77
FIGURA 52.-COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	77
FIGURA 53.-COMPORTAMIENTO DEL COLOR ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	78
FIGURA 54.-COMPORTAMIENTO DEL COBRE ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	78
FIGURA 55.-COMPORTAMIENTO DE LOS NITRATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	79
FIGURA 56.-COMPORTAMIENTO DEL HIERRO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	79
FIGURA 57.-COMPORTAMIENTO DEL MANGANESO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	80
FIGURA 58.-COMPORTAMIENTO DEL SODIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	80
FIGURA 59.-COMPORTAMIENTO DEL ZINC ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	81
FIGURA 60.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TOTALES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	81

FIGURA 61.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TERMOTOLERANTES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	82
FIGURA 62.-COMPORTAMIENTO DEL REC. HET. ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.....	82
FIGURA 63.-CURVA DE CALIBRACIÓN CON LAS DOSIS OPTIMAS DE LOS MESES DE JUNIO, JULIO, AGOSTO.....	83
FIGURA 64.-RESIDUAL DE ALUMINIO DESPUES DEL TRTAMIENTO CON SULFATO DE ALUMINIO TIPO A EN LOS MESES DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL AGUA CRUDA AL INGRESO DE LA PLANTA N° 1 .....	7
TABLA 2 REQUISITOS TÉCNICOS DE SULFATO GRANULADO TIPO A.....	26
TABLA 3 LIMITE MAXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA APOTABLE.....	30
TABLA 4 RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE A ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A EN EL MES DE JUNIO. ....	47
TABLA 5. RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE A ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A EN EL MES DE JULIO. ....	48
TABLA 6 RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE A ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A EN EL MES DE AGOSTO. ....	48
TABLA 7. RESULTADOS DE LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A SEGÚN LA TURBIDEZ INICIAL CON EL ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS DEL MES DE JUNIO.....	49
TABLA 8. RESULTADOS DE LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A SEGÚN LA TURBIDEZ INICIAL CON EL ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS DEL MES DE JULIO .....	50
TABLA 9. RESULTADOS DE LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A SEGÚN LA TURBIDEZ INICIAL CON EL ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS DEL MES DE JULIO .....	50



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1. ANALISIS QUIMICOS PARA AGUA CRUDA Y AGUA POTABLE.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO 2.LIMITES MINIMOS Y MAXIMOS DEL AGUA CRUDA TRATADA EN EPSEL S.A. DURANTE LOS MESES DE JUNIO, JULIO,AGOSTO .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO 3 .SEGURIDAD EN EL MANEJO DE INSUMOS QUIMICOS .....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 04.FORMATO DE PRUEBA DE JARRAS.....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO 05. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES.REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D.S. N°031-2010-SA.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO 6. FOTOS.....</b>	<b>130</b>

## **ABSTRACT**

The Water is a valuable and essential resource for life because of this improved drinking water can provide tangible benefits to the health and development of society.

In this work the laboratories of the company EPSEL SA, in which raw water analysis were performed, were used the same as possible to determine a control method to help optimize the quality of drinking water leaving the treatment plant N°1. It was possible to develop this control method using a calibration curve that enabled determine the optimal dose of aluminum sulfate type A for initial turbidity ranges between 6 and 20 NTU.

For the preparation of the calibration curve test jars the months of June, July and August trials, which determined the optimal dose of aluminum sulfate type A, in relation to the initial turbidity of the samples was performed.

Also analysis of turbidity, color, pH, conductivity, sulfates, hardness, residual aluminum, analysis of heavy metals and microbiological samples were analyzed before and after the addition of aluminum sulfate were performed A, in which observed variation in the results, however, do not exceed the maximum permissible limits for human consumption according to DS N° 031-2010. SA.

This control method will help to significantly improve the quality of drinking water and to save unnecessary expenses being developed, and most importantly to help optimize time and replace the dose when the team is not in operation, of this way benefits the company and the people of Chiclayo that supplies of this natural resource.

## **RESUMEN**

El agua es un recurso valioso y esencial para la vida, debido a ello la mejora del agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud y el desarrollo de la sociedad.

En este trabajo se utilizaron los laboratorios de la empresa EPSEL S.A., en los cuales se realizaron análisis de agua cruda, los mismos que permitieron determinar un método de control que ayude a optimizar la calidad del agua potable a la salida de la planta de tratamiento N° 1, se logró desarrollar este método de control con ayuda de una curva de calibración que permitió determinar la dosis óptima de sulfato de aluminio tipo A, para los rangos de turbidez inicial entre 6 UNT y 20 UNT.

Para la elaboración de la curva de calibración se realizaron ensayos de pruebas de jarras de los meses de Junio, Julio y Agosto, los cuales determinaron la dosis óptima de sulfato de aluminio tipo A, en relación a la turbidez inicial de las muestras.

Así mismo se realizaron análisis de turbidez, color, pH, conductividad, sulfatos, dureza, residual de aluminio, análisis de metales pesados y análisis microbiológicos a las muestras, antes y después de la adición del sulfato de aluminio tipo A, en las que se observó variación en los resultados, sin embargo, no exceden a los límites máximos permisibles para consumo humano según la D.S. N° 031-2010. SA.

Este método de control ayudara a mejorar significativamente la calidad del agua de consumo, así como a economizar gastos innecesarios que se vienen desarrollando, y lo más importante que ayuda a optimizar tiempo y reemplazar las dosis cuando el equipo encargado no se encuentre en funcionamiento, de esta manera beneficia a la empresa y a la población de Chiclayo que se abastece de este recurso natural.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al control de los parámetros de calidad del agua cruda para obtener agua potable de óptima calidad en la empresa EPSEL S.A, la misma que se ha visto afectada por el deterioro y agotamiento de las fuentes de agua debido a las diferentes acciones humanas esto ocasiona que llegue a la planta de tratamiento recargada de sedimentos.

Actualmente no hay un método estandarizado para adicionar el sulfato de aluminio, es por ello que nuestro principal objetivo es determinar un método de control para optimizar la calidad de agua potable a la salida de la planta de tratamiento número I de la empresa EPSEL S.A. de la ciudad de Chiclayo, en función a la calidad de agua cruda que ingresa; para ello se registraron los datos de los meses de Junio, Julio y Agosto y se analizó el efecto de la adición del sulfato de aluminio Tipo A en los parámetros de turbidez, pH, color, conductividad, sulfatos, dureza y residual de aluminio.

El trabajo de investigación ha sido dividido en los siguientes capítulos: fundamento teórico, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

- ✓ Determinar un método de control para optimizar la calidad de agua potable a la salida de la planta de tratamiento, en función a la calidad de agua cruda que ingresa.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✓ Evaluar datos históricos de calidad de agua cruda que ingresó a la planta durante el tercer trimestre del año 2015.
- ✓ Comparar los datos históricos del agua cruda con la cantidad de dosis óptima de sulfato de aluminio tipo A agregado.
- ✓ Proponer una curva patrón que determine la dosis de sulfato de aluminio en relación a la turbidez inicial del agua cruda
- ✓ Evaluar la calidad de agua potable a la salida de la planta.

# **CAPITULO I**

# **1.FUNDAMENTO TEÓRICO**

## **1.1.AGUA CRUDA**

### **1.1.1. DEFINICIÓN.**

El agua cruda es aquella que se encuentra en la naturaleza, la cual no ha sido sometida a tratamiento, generalmente se encuentra en fuentes y reservas naturales de aguas superficiales (ríos, quebradas, lagos), subterráneas y aguas de lluvias, habitualmente no se puede usar de forma directa para consumo humano, por no encontrarse suficientemente limpia, ya que a su paso por el suelo, el subsuelo o el aire, el agua recoge materia en suspensión o solución como arcilla, organismos vivos como plantas, bacterias, virus y huevos de parásitos, sales disueltas, materia orgánica y gases. La presencia de estas sustancias obliga a efectuar el tratamiento de las aguas antes de ser usada por los seres humanos.

### **1.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA CRUDA**

Las características principales del agua cruda de ingresa a la planta número I de Chiclayo son las siguientes: (Pisfil, J. 2014).

**TABLA 1** CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL AGUA  
CRUDA AL INGRESO DE LA PLANTA N° 1

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	<b>LECTURAS</b>
PH	8.22
Temperatura	25 °C
Turbidez	18.05 UNT
Conductividad	287 µmho/cm
Alcalinidad	110.81 mg/L
Dureza total	119.93 mg/L
Nitratos	1.719 mg/L
Fosfatos	0.0181 mg/L
Color	6 Pt-Co.
Hierro	0.3255 mg/L
Manganeso	0.0359 mg/l
Cobre	0.0273 mg/L
Sodio	13.7261 mg/L
Zinc	0.0253 mg/L

FUENTE: PLANTA EPSEL S.A. DE CHICLAYO, TOMA  
REALIZADA EL 19/05/2014



### **1.1.3. RECEPCION DE AGUA CRUDA PARA LA PLANTA EPSEL S.A.**

La fuente principal de captación y conducción de las aguas superficiales que abastecen el valle Chancay-Lambayeque, provienen de los ríos Conchano, Chotano, Chancay-Lambayeque.

El reservorio Tinajones que tiene una capacidad de embalse de 320 millones de m<sup>3</sup>, profundidad máxima de 37 m, un espejo de agua de 20 Km<sup>2</sup>, la captación se realiza aguas arriba a través de la bocatoma Racarrumi ubicada en el río Chancay-Lambayeque, luego el agua almacenada se descarga y esto se inicia en el túnel de acero circular de 4 km, empalmado con las aguas del río Chancay-Lambayeque, las mismas que llegan al partidor “La Puntilla”.

En esta estructura se reparten las aguas del río Chancay tanto al río Reque, como al canal Taymi, llegando a la toma Santeño; la misma que a su vez se divide en dos corrientes hídricas; una de ellas el río Lambayeque hasta llegar al partidor Chescope y el otro ramal es el canal Santeño, en este curso aguas abajo llega a la toma Bola de Oro y de aquí el agua es conducida a las lagunas Boro I y II.

El agua cruda llega a las lagunas Boro que actúan como presedimentador y como embalse de regulación en épocas de emergencia. La laguna Boro I cuenta con una capacidad de almacenamiento de 500 000 m<sup>3</sup>, con una superficie de 19 ha., un periodo de retención 8 días y una cota de operación de 49.60 msnm.

La laguna Boro II cuenta con una capacidad de almacenamiento de 1 500 000 m<sup>3</sup>, con una superficie de 57 ha., un periodo de retención de 23 días y una cota de operación de 49 msnm.

El abastecimiento de agua a la planta número I, se realiza a través de dos tramos de tubería; el primero denominada Boro-Chescope de 5835 metro lineales y el segundo Chescope Planta de 8520 metros lineales, teniendo una capacidad de 700 l/s.

Borro II abastece a la planta número II, mediante una tubería de 34" de diámetro, su capacidad es de 750 l/s; este es el recorrido que hace el agua cruda que ingresa a la planta EPSEL S.A. de la ciudad de Chiclayo. (Pisfil, J. 2014).





# SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CHICLAYO



FIGURA 1.- ESQUEMA RESUMEN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUAS DE LA CUENCA CHANCAY LAMBAYEQUE

FUENTE: EMPRESA EPSEL S.A. DE LA CIUDAD DE CHICLAYO.

## **1.2. AGUA POTABLE**

### **1.2.1. DEFINICIÓN:**

Es considerada agua potable, toda agua natural producida por un tratamiento de potabilización que cumpla con las Normas de calidad establecidas para tal fin. Estas Normas se basan en estudios toxicológicos y epidemiológicos, así como en consideraciones estéticas, cada país es el encargado de establecer dichas normas y de vigilar su cumplimiento.

Siendo el agua indispensable para la vida, es necesario que los consumidores dispongan de un abastecimiento de agua satisfactorio, por lo que el abastecedor debe realizar el mayor esfuerzo posible para suministrar agua de la mejor calidad de acuerdo con las normas establecidas, para ello se deben conocer características físicas, químicas y microbiológicas antes de seleccionarla como fuente de agua cruda. (Lyonnaise, E., 1985).

### **1.2.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA**

El consumidor es cada vez más exigente en cuanto al olor, sabor, color y turbidez del agua que recibe, ya que son los parámetros organolépticos que el consumidor puede apreciar por sí mismo y cualquier cambio que percibe tiende a asociarlo a algún riesgo sanitario.

Es por ello que la mejora en cuanto a la potabilización de agua es muy importante para las empresas suministradoras de agua potable y para todas aquellas organizaciones involucradas en el ciclo del agua. Así tenemos las siguientes características fisicoquímicas del agua:

- **TURBIDEZ**

La turbidez en el agua es causada por partículas en suspensión, de diferentes tamaños, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, como arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos, microorganismos, etc.

Para determinar la turbidez en el agua se usa el método nefelométrico, que consiste en enviar una luz que traspasa la muestra y cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez, para su medición se usa una suspensión estándar de referencia, la cual está compuesta de un polímero de formalina.

Es de gran importancia determinar la turbidez ya que sirve para determinar el grado de tratamiento que requiere una fuente de agua, siendo más efectivos los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua. (Romero, J. 2002).

- **COLOR**

El color del agua es causado principalmente por la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución, que pueden encontrarse en desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales, que puede arrastrar el agua.

El color puede ser de dos tipos:

**El color verdadero;** que es aquel que queda después de remover la turbidez.

**Color aparente;** es el que presenta con todo material en suspensión sin antes haber pasado por un tratamiento.

La unidad de color es expresada en unidades de escala de Pt-Co, ya que el color producido por un mg/L de platino, en la forma de ion cloroplatinato.

La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso usado para su remoción. (Romero, J. 2002).

- **PH**

Las aguas naturales son mayormente básicas debido a los carbonatos y bicarbonatos que presentan, teniendo un rango entre 4 a 9, dicha lectura se realiza utilizando un electrodo de vidrio que mide el cambio eléctrico producido por el cambio de pH; la lectura de pH de las aguas crudas como tratadas debería estar entre 6.5 y 8.5, teniendo una gran influencia en la coagulación, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. (Romero, J. 2002)



## ▪ CONDUCTIVIDAD

Es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica y es igual al recíproco de la resistividad de la solución. Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiental. Las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos (ej. aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato) son relativamente buenos conductores.

Por esta razón, el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos, su lectura mediante instrumentos comerciales de lectura directa en  $\mu\text{mho/cm}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ , con un error menor al 1%. (Romero, J. 2002).

## ▪ DUREZA

La dureza del agua se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes; como (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos) y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio, parámetro importante en la calidad del agua.

Esta cantidad de sales afecta la capacidad de formación de espuma de detergentes en contacto con agua y representa una serie de problemas de incrustaciones en equipos industriales y domésticos, además de resultar nociva para el consumo.

### **1.2.3. TRATAMIENTOS PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA**

Para lograr la potabilización de agua se debe someter a tratamientos elementales como; coagulación, clarificación, desinfección y acondicionamiento químico y organoléptico; donde clarificación incluye la coagulación – floculación, proceso mediante el cual las partículas presentes en el agua se aglomeran formando pequeñas masas que presentan un peso específico mayor que el del agua, de esta forma las partículas sedimentan y permiten que el agua alcance las características idóneas para el consumo humano.

#### **a. COAGULACIÓN**

Proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. La coagulación es el tratamiento más eficaz, representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es el método universal porque elimina gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas, que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos. El proceso de coagulación mal realizado puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto, se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada. (Acosta, Y. 2006).

- **Mecanismos de la Coagulación:**

La desestabilización se puede obtener por los mecanismos fisicoquímicos siguientes:

**Compresión de la doble capa:** Al aproximarse dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan generando repulsión, de acuerdo a la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue sólo con los iones del coagulante. Así mismo existe un potencial de atracción o fuerzas de atracción  $E_a$ , entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Waals, que dependen de los átomos que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos. Contrariamente a las Fuerzas de repulsión, las fuerzas de Van der Waals no son afectados por las características de la solución.

**Absorción y neutralización de la carga:** Las partículas coloidales poseen carga negativa en su superficie, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide. El potencial en la superficie del plano de cizallamiento es el potencial electrocinético – potencial ZETA, este potencial rige el desplazamiento de coloides y su interacción mutua. Cuando se adiciona un exceso de coagulante al agua a tratar, se produce a la reestabilización de la carga de la partícula; esto se puede explicar debido a que el exceso de coagulante es absorbido en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original.

### **Atrapamiento de partículas dentro de un precipitado:**

Las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floc, cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalentes como el sulfato de aluminio

$\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$ , o Cloruro Férrico  $\text{FeCl}_3$ . La presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales acelera la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante la formación del floc, una concentración importante de partículas en suspensión puede requerir menor cantidad de coagulante.

**Adsorción y puente:** En cualquier caso, se obtiene el tratamiento más económico utilizando un polímero aniónico, cuando las partículas están cargadas negativamente. Este fenómeno es explicado por la teoría del “puente”. Las moléculas del polímero muy largas contienen grupos químicos que pueden absorber las partículas coloidales. La molécula de polímero puede así absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el “puente” entre las partículas coloidales. (ANDIA, Y. 2000)

## **b. FLOCULACIÓN**

Consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad, sucede que los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no sean lo suficientemente grande como para sedimentar con rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados. La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos, puede ser mejorado por la adición de un reactivo de floculación o ayudante de floculación. (ANDIA, Y. 2000).

- **Cinética de la Floculación.**

Tan pronto como se agregan coagulantes a una suspensión coloidal, se inician una serie de reacciones hidrolíticas que adhieren iones a la superficie de las partículas presentes en la suspensión, las cuales tienen así oportunidad de unirse por sucesivas colisiones hasta formar flóculos que crecen con el tiempo. La rapidez con que esto ocurre depende del tamaño de las partículas con relación al estado de agitación del líquido, de la concentración de las mismas y de su “grado de desestabilización”, que es el que permite que las

colisiones sean efectivas para producir adherencia. (ANDIA, Y. 2000).

- **Floculación Pericinética:**

Se produce por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano. (Acosta, Y. 2006).

- **Floculación Ortocinética:**

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinética luego se produce la floculación ortocinética.

- **Parámetros de Floculación.**

Los parámetros que caracterizan la floculación son los siguientes:

- Floculación Ortocinética (Se da por el grado de agitación proporcionada: Mecánica o Hidráulica).
- Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- Número de colisiones (choque entre microflóculos).
- Tiempo de retención (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación).

- Densidad y tamaño de floc. - Volumen de lodos (los flóculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación). (ANDIA, Y. 2000).

### **c. SEDIMENTACIÓN**

Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación.

Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. Es así que podemos referirnos a la sedimentación de las partículas discretas, sedimentación de partículas floculentas y sedimentación de partículas por caída libre e interferida. (Rojas, J. 2000).

- **Partículas discretas:**

Son aquellas partículas que no cambian de características, forma, tamaño y densidad durante la caída.

- **Partículas floculentas:**

Son aquellas producidas por la aglomeración de las partículas coloides desestabilizadas a consecuencia de la aplicación de agentes químicos.

A diferencia de las partículas discretas, las características de este tipo de partículas; forma, tamaño y densidad si cambian durante la caída. Este tipo de sedimentación se presenta en la clarificación de aguas, como proceso intermedio entre la coagulación-floculación y la filtración rápida.

- **Partículas por caída libre e interferida:**

Cuando la concentración de partículas es pequeña, cada partícula sedimenta discretamente, como si estuviera sola, no siendo estorbadas por otras partículas. Partiendo del reposo, la velocidad de una partícula bajo la gravedad en un líquido aumentara al ser la densidad de la partícula mayor que la densidad del líquido.

#### **1.2.4. COAGULANTES**

En general, se puede decir que los coagulantes son aquellos compuestos de hierro y aluminio capaces de formar un floc y que pueden efectuar coagulación al ser añadidos al agua.

Los productos químicos que se utilizan normalmente en la coagulación son alúmina (sulfato de aluminio), cloruro férrico, aluminato de sodio, sulfato ferroso y cal.



Entre las ayudas de coagulación se incluye el cloruro de magnesio, el aluminato de sodio, la sílice activa, el almidón y gran número de polielectrólitos de masa molecular alta.

La popularidad de los coagulantes de aluminio y hierro surge no solo de su efectividad como coagulantes, sino también de su disponibilidad y relativo bajo costo. (Romero, J. 2002).

#### ▪ **Clases de coagulantes**

Los coagulantes se pueden clasificar en dos grupos: los polielectrolitos o ayudantes de coagulación y los metálicos. Ambos grupos actúan como polímeros a pesar de la carga eléctrica que poseen.

En los primeros, las cadenas poliméricas están ya formadas cuando se le agrega al agua. En los segundos, la polimerización se inicia cuando se pone el coagulante en el agua, después de los cuales viene la etapa de la absorción por los coloides en la fase acuosa. (Romero, J. 2002)

#### **Coagulantes metálicos**

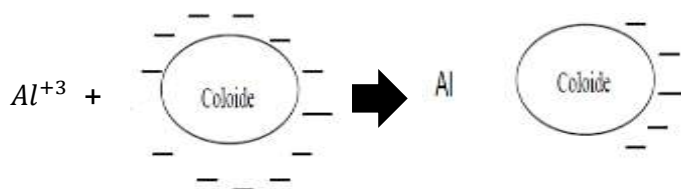
Se clasifican en tres tipos: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios. Las sales de aluminio más conocidas son el sulfato de aluminio, el sulfato de aluminio amoniacal y el cloruro de polialuminio.

##### **a. SULFATO DE ALUMINIO (ALUMBRE)**

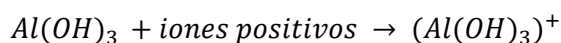
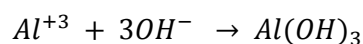
El sulfato de aluminio es el coagulante estándar usado en tratamientos de aguas.

El producto comercial tiene usualmente la formula  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ . Se obtiene de la digestión de minerales de bauxita con ácido sulfúrico.

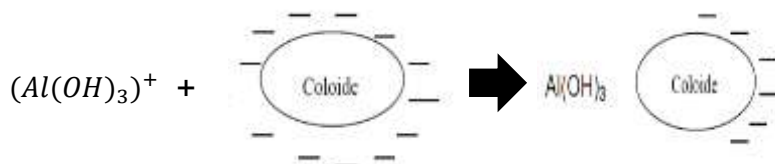
El  $Al^{+++}$  puede combinarse con coloides cargados negativamente para neutralizar parte de la carga de la partícula coloidal. (Romero, J. 2002).



El  $Al^{+++}$  puede también combinarse con los  $OH^-$  del agua para formar hidróxido de aluminio. (Romero, J. 2002).



Este hidróxido de aluminio es de carácter coloidal, ya que absorbe iones positivos en solución para formar un sol cargado positivamente. Dicho sol neutraliza la carga de los coloides negativos y ayuda a completar la aglomeración. (Romero, J. 2002).

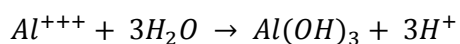
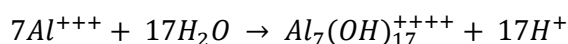
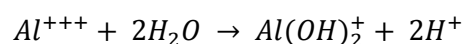
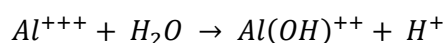


Casi siempre se forma un exceso de solución de hidróxido de aluminio y su destrucción y precipitación se logra

mediante los iones sulfato y otros iones negativos presentes en el agua. (Romero, J. 2002).



Con respecto a los coagulantes de hierro y a los de aluminio se puede afirmar que los cationes metálicos reaccionan inmediatamente con el agua para formar iones acuimetálicos e hidrógeno; los aniones permanecen libres o combinados con otros cationes. Con alumbre ocurren las siguientes reacciones: (Romero, J. 2002).



Los iones acuimetálicos son adsorbidos por el coloide negativo y neutralizan su carga superficial permitiendo la coagulación. La coagulación por adsorción y neutralización de la carga es posiblemente el fenómeno predominante en soluciones de alta concentración de coloides. (Romero, J. 2002).

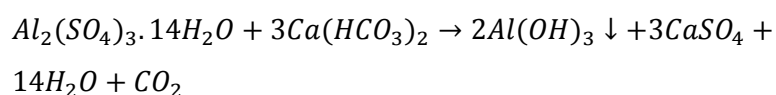
Los coloides pueden ser barridos por los flocs formados, al ser atrapados dentro de ellos durante la floculación y sedimentación; en otras palabras, los precipitados de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  atrapan los coloides efectuando una coagulación de barrido, la cual predomina en algunas soluciones de concentración coloidal baja. (Romero, J. 2002).

Debe tenerse en cuenta, que si se sobre dosifica el coagulante, el fenómeno puede revertirse y resurgir el coloide negativo causando nuevamente el problema de turbidez y color. (Romero, J. 2002).

El sulfato de aluminio debe distribuirse a través de toda la masa de agua rápidamente, con el fin de que se logre el contacto con todas las partículas coloidales antes de que se presente la formación de las especies menos deseables. (Romero, J. 2002).

Esto se logra mediante una mezcla instantánea que provea una buena distribución del coagulante en el menor tiempo posible. Durante la floculación se completa la aglomeración de las partículas y crecen los flocs hasta una condición adecuada para su sedimentación. (Romero, J. 2002).

Durante la sedimentación el floc se asienta para dejar un líquido clarificado. Cuando se añade sulfato de aluminio al agua este reacciona con la alcalinidad natural del agua para formar floc de hidróxido de aluminio: (Romero, J. 2002).



La producción de  $CO_2$  es indeseable puesto que incrementa la corrosividad del agua; además, la ecuación muestra también como se presenta una conversión de bicarbonato de calcio en sulfato de calcio, o sea una

reducción de la dureza carbonacea y un aumento de la no carbonacea, lo cual es también desventajoso desde el punto de vista de remoción de dureza. (Romero, J. 2002).

#### **b. SULFATO DE ALUMINIO GRANULADO TIPO A.**

Según las especificaciones Técnica Requeridas en la NTP 311.095 1999, el sulfato de aluminio granulado tipo A cumple:

**TABLA 2 REQUISITOS TÉCNICOS DE SULFATO GRANULADO TIPO A.**

DESCRIPCION	REQUISITOS	RESULTADOS
Fecha de Análisis	-	18/12/2015
Lote	-	24-11-15 / 25-11-15 / 27-11-
Presentación Física	Sólido Granulado	Sólido Granulado
Aluminio Total como $\text{Al}_2\text{O}_3$ , % min.	17	17.1
Hierro Total como $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , % máx.	0.05	0.009
Insolubles en agua, % máx.	0.2	0.018

**FUENTE: Laboratorio Epsel S.A. Chiclayo.**

#### **1.2.5. CALIDAD DE AGUA**

Es la condición del agua que permite que se emplee para usos concretos, domésticos, regadíos, industriales, etc.; dependiendo de sus características físico-químicas y bacteriológicas, serán requeridas para determinado uso.

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la físico-química y la biología de la masa de agua a que se refiera.

Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato.

Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre substratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidad apreciable la

sílice. El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presenta sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua. Las aguas hipersalinas o muy sulfurosas, por ejemplo, no se pueden usar como agua potable o de riego. (Romero, J. 1996)

#### **1.2.6. NORMATIVA PERUANA**

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental, en este contexto era necesario actualizar el Reglamento de los requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables, que por su antigüedad (1946), se hacía inaplicable; es entonces que en el año 2000, la Dirección General de Salud Ambiental, asume la tarea de elaborar el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, tarea que el 26 de setiembre del 2010, a través del D.S. N° 031-2010-SA, se vio felizmente culminada. Queda pues ahora el compromiso y la responsabilidad de cada uno de los trabajadores del sector Salud, para desarrollar acciones en forma conjunta y multisectorialmente, a efectos de poder implementar en los plazos previstos, este nuevo

reglamento, para bien de la salud de nuestras poblaciones, que son el fin de nuestro trabajo. (Minsa 2014).

#### **1.2.6.1. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.**

Este nuevo Reglamento, a través de sus 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos; no solo establece límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también le asigna nuevas y mayores responsabilidades a los Gobiernos Regionales.

Respecto a la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo humano; además de fortalecer la DIGESA, en el posicionamiento como Autoridad Sanitaria frente a estos temas.

Con arreglo a la Ley N° 26842 - Ley General de Salud, el presente Reglamento tiene como objeto normar los siguientes aspectos:

- ✓ La gestión de la calidad del agua.
- ✓ La vigilancia sanitaria del agua.
- ✓ El control y supervisión de la calidad del agua.



- ✓ La fiscalización, las autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
- ✓ Los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano.
- ✓ La difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano.
- ✓ En el anexo II del reglamento de la calidad de agua para consumo humano, se encuentra la tabla con los límites máximos permisibles de parámetros de calidad

**TABLA 3 LIMITE MAXIMOS PERMISIBLES PARA  
AGUA APOTABLE**

organoléptica:

PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Olor	.....	Aceptable
Sabor	.....	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
PH	Valor de Ph	6.5 a 8.5
Conductividad (25°C)	umho/cm	1500
Solidos totales disueltos	mg/L	1000
Cloruros	mg $Cl^-$ /L	250
Sulfatos	mg $SO_4^{=}$ /L	250
Dureza total	mg $CaCO_3$ /L	500
Amoniaco	mg N/L	1.5
Hierro	mg Fe/L	0.3
Manganeso	mg Mn/L	0.4
Aluminio	mg Al/L	0.2
Cobre	mg Cu/L	2
Zinc	mg Zn/L	3
Sodio	mg Na/L	200
UCV =	Unidades de color verdadero	
UNT =	Unidades nefelometricas de turbiedad	

FUENTE: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Minan.

#### 1.2.7. ENSAYO DE JARRAS

Es un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad diferentes.

Su objetivo es determinar las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación; tales como: selección del coagulante; selección del pH óptimo; gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación y correlación de las velocidades de sedimentación y la eficiencia de remoción. (Water Poll.1983).

#### **a. CONDICIONES DE LA PRUEBA DE JARRAS**

Debido a que la prueba de jarras es sólo una simulación del proceso, es necesario mantener las condiciones operacionales que existen en el proceso industrial como son: gradiente hidráulico y tiempo en la mezcla lenta y rápida, punto de aplicación de los reactivos, el orden y el tiempo de dosificación de los mismos. (Pisfil, J. 2014).

##### **Mezcla rápida**

El objetivo de la mezcla rápida es crear la turbulencia o movimiento necesario en el líquido contenido en la jarra para poner en contacto los reactivos químicos con las partículas coloidales del agua, modo de neutralizar sus cargas, desestabilizarlas y hacer que se aglomeren en un corto período de tiempo. El tiempo de aplicación de la mezcla rápida depende de la clase del coagulante.

##### **Mezcla lenta**

Generalmente, el tiempo de mezcla no excede de 15 min. Un tiempo excesivo puede crear calentamiento de la muestra originando una floculación más eficiente, pero a su vez una pobre sedimentación, ya que ocurre la liberación de los gases disueltos en el agua, formando burbujas que se adhieren a los flóculos y los hacen flotar.

#### **Reposo (Sedimentación).**

Durante este tiempo los coloides sedimentan por gravedad y se obtiene el agua clarificada.

### **b. PROCEDIMIENTOS PARA LLEVAR UNA PRUEBA DE JARRAS.**

Las muestras para las pruebas deben ser lo más representativa del sistema y en cantidad suficiente para una serie de pruebas completas. En las muestras viejas la turbidez del agua usualmente coagula más fácilmente que en las muestras frescas, debido a la inestabilidad de la suspensión coloidal; por lo que no se recomienda correr pruebas de jarras con no más de dos horas de captadas. La adición de químicos debe realizarse en el mismo orden en que son añadidos en planta. A las jarras se añaden normalmente coagulantes, floculantes y/o ajustadores de pH. Algunas plantas usan el cloro para la desinfección, oxidando la materia orgánica y eliminando parte del color.

Se debe tener cuidado de no demorar la adición de los químicos si se necesita una adición simultánea de los mismos, ya que se estarían alternando las condiciones de la prueba. (Pisfil, J.2014).

# **CAPITULO II**

## **2.MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. DE ACUERDO AL FIN QUE SE PERSIGUE**

Aplicada

#### **2.1.2. DEACUERDO AL DISEÑO DE EXPERIMENTACIÓN**

Investigación experimental

### **2.2.POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **2.2.1. POBLACIÓN**

La población estará constituida por las muestras diarias de agua obtenidas de los meses de Junio, Julio y Agosto del 2015, proveniente de la entrada de la planta N° 1 de EPSEL S.A.

#### **2.2.2. MUESTRA**

Las muestras tomadas son diarias, haciendo un total de 77, tomadas a la entrada de planta tratamiento N°01 de EPSEL-Chiclayo.

## **2.3.VARIABLES DEL ESTUDIO**

### **2.3.1. DEPENDIENTES**

Calidad del agua.

### **2.3.2. INDEPENDIENTES**

Control de los parámetros de calidad de agua.

## **2.4.INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **2.4.1. MATERIAL, INSUMOS, EQUIPOS Y REACTIVOS**

#### **A. MATERIAL BIOLÓGICO:**

El material biológico estará conformado por muestras de agua de la entrada a la planta 1 de la empresa EPSEL S.A. de Chiclayo.

#### **B. MATERIALES DE LABORATORIO:**

- 6 Frascos de polietileno de 1000mL.
- 3 Pipetas volumétricas de 10ml.
- 6 Matraz Erlenmeyer 250ml.
- 6 vasos de precipitación de 1000ml.
- 3 vasos de precipitación de 500ml.

- 6 jeringas de 3ml.
- 6 jeringas de 5ml.
- 6 jeringas de 10ml.
- 1 probeta de 250ml.
- 3 fiola de 1000ml.
- 1 varilla de vidrio.
- Papel filtro.
- 1 piseta.
- Plumón de tinta indeleble
- Guantes desechables.

#### **C. EQUIPOS DE LABORATORIO.**

- **Equipo de prueba de jarras.**

**MARCA:** PHIPPS & BIRD.

**MODELO:** SERIE PB-900.

**CAPACIDAD:** 6 Jarras.

- **Turbidimetro:**

**MARCA:** HACH

**MODELO:** 2100P

**PRECISION:** 0-1,000 NTU.



- **Conductímetro**

**MARCA:** HACH

**MODELO:** 910/8

**CAPACIDAD:** 1500  $\mu\text{mho/cm}$

- **Peachimetro**

**MARCA:** HACH

**MODELO:** SENSION 1 Waterproof pH/ Mv Meter.

**PRECISIÒN:** -2,00 to 19,99

- **Espectrofotómetro**

**MARCA:** HACH

**MODELO:** AQ01

**RANGO DE LONGITUD DE ONDA:** 190 a 860 nm.

**D. REACTIVOS QUÍMICOS:**

- Sulfato de Aluminio tipo A.
- Tiosulfato de Sodio.
- Fenolftaleína.
- Anaranjado de Metilo.
- Ácido Sulfúrico 0,02 N.
- Edta.

- Cianuro de Sodio.
- Cloruro de Amonio.
- Agua Destilada.
- Ácido Clorhídrico Concentrado.
- Acetato de Sodio Anhidro.
- Indicador Acido de Cloruros.
- Cloruro de Sodio.
- Ácido Acético al 99%.
- Hexacloroplatenato de Potasio.
- Cloruro de Cobalto Hexahidratado.
- Amoniaco.
- Nitrato de Mercurio.
- Cloruro de Magnesio Hexahidratado.
- Nitrato de Potasio.

#### **E. TÉCNICAS:**

- **Entrevista**

Una técnica que se encuentra orientada a establecer un contacto directo con las personas en este caso los operadores que son los que manipulan la adición del reactivo a la planta, tiene como propósito obtener información más espontánea y abierta.

- **Análisis de documentos**

Es una técnica basada en recopilar los datos de años pasados, referente al tratamiento de sulfato en la planta N°01 de EPSEL S.A. con el único fin de comparar con el control del método en estudio.

#### **F. INSTRUMENTO:**

- Libreta de notas

Dichas herramientas será la necesaria para poder desarrollar nuestro trabajo.

#### **2.4.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

Se usó el método de prueba de jarras, para determinar la dosis óptima de sulfato de aluminio tipo A.

#### **2.5.LUGAR DE EJECUCIÓN:**

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios de control de calidad de la empresa EPSEL S.A. de la ciudad de Chiclayo.

#### **2.6.METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

Se divide en tres etapas:

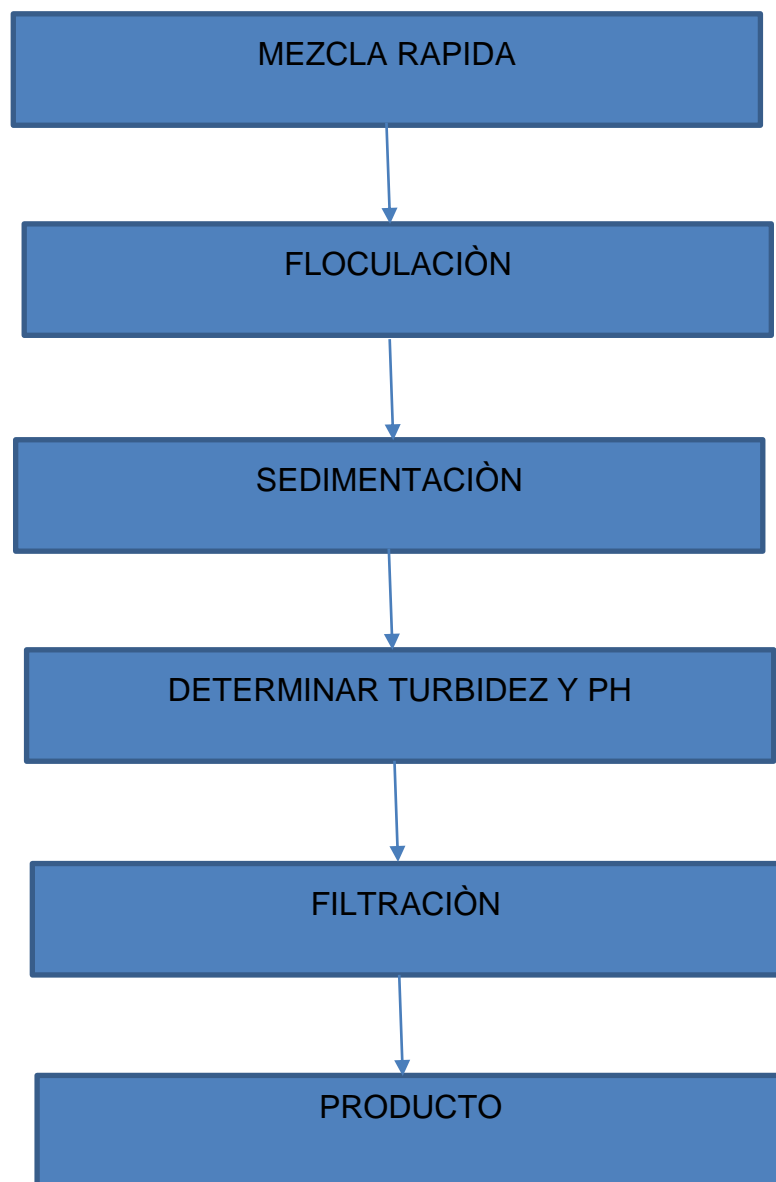
##### **2.6.1. REQUERIMIENTO DE MUESTRA DE AGUA CRUDA.**

La muestra de agua será tomada de la planta de tratamiento número 1 de EPSEL S.A., tomándose 10 litros diarios de agua.

### 2.6.2. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA, CON LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO.

El proceso de tratamiento se hace mediante el método de prueba de jarras y este se desarrolla de acuerdo al siguiente diagrama de bloques.

**FIGURA 2.-** DIAGRAMA DE BLOQUES DE PROCESO DE AGUA CRUDA CON LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A.



FUENTE: Elaboración Propia, 2015.

## **A. MEZCLA RÁPIDA.**

Se llena los vasos de precipitación del equipo (1000 ml o 2000 ml) con agua cruda que ingresa a la planta.

Se coloca las paletas dentro del vaso de precipitación, la cual debe ser ajustada exactamente en el centro del recipiente.

Colocar los deflectores dentro de los vasos de precipitación.

Se hace girar las paletas a una velocidad de 100 rpm, durante el tiempo de 60 segundos (si el equipo es digital se programa los tiempos que corresponden a la mezcla rápida), luego en diferentes cantidades, se agrega el coagulante sulfato de aluminio.

## **B. FLOCULACIÓN**

Después del tiempo de la mezcla rápida se disminuye la velocidad de rotación a 40 rpm durante el tiempo de 14 minutos de floculación (mezcla lenta), aquí se debe anotar cuanto tiempo transcurre antes de que se empiece a formar un floculo.

## **C. SEDIMENTACIÓN**

Terminada la mezcla lenta se anula la velocidad de rotación, se saca las paletas, se pone el dispositivo para extraer la muestra y luego pasa a la etapa de sedimentación, durante el tiempo de 15 minutos.

#### **D. DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ Y PH.**

Cumplido el tiempo de sedimentación se procede a tomar la muestra de cada uno de los vasos de precipitado y se determina la turbidez y PH.

#### **E. FILTRACIÓN.**

Luego se filtra cada muestra de cada uno de los vasos, para realizar los análisis correspondientes.

#### **2.6.3. ANÁLISIS QUÍMICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO.**

##### **ANÁLISIS DE RESIDUAL DE ALUMINIO:**

##### **MARCHA DE ALUMINIO- MÉTODO ERICROMOCIANINA**

Se requiere preparar un blanco, estándar, blanco de muestra y una muestra.

##### **Blanco:**

- ❖ Se coloca 25 ml de agua destilada en una fiola de 50ml.
- ❖ Se le adiciona 1 ml de  $H_2SO_4$  de 0.002 N.
- ❖ Luego se agrega 1 ml de EDTA, 1ml de ácido ascórbico, 10 ml de baffle de aluminio y para terminar

le agregamos 5 ml de Ericromo Cianina, para terminar, lo enrasamos con agua destilada.

- ❖ EL baffle de aluminio se prepara: 136 gr. de acetato de sodio, 40 ml. de ácido acético 1N, luego lo enrasa con agua hasta completar 1 litro de solución.

#### **Estándar de aluminio:**

- ❖ Se coge 1 ml de solución estándar de aluminio de 10 ppm y se enrasa con 25 ml de agua en una fiola de 50 ml.
- ❖ Se le adiciona 1 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de 0.002 N.
- ❖ Luego agregamos 1 ml de ácido ascórbico, 10 ml de baffle de aluminio y 5 ml de Ericromo Cianina, después enrasamos con agua destilada hasta completar 50 ml.

#### **Blanco de muestra:**

- ❖ Se coge 25 ml de agua de muestra.
- ❖ Se le adiciona el gasto de alcalinidad más 1 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de 0.002 N.
- ❖ Luego agregamos 1 ml de EDTA, 1ml de ácido ascórbico, 10 ml de baffle de aluminio y 5 ml de Ericromo Cianina, después enrasamos con agua destilada hasta completar los 50 ml.

#### **Muestra:**

- ❖ Se coge 25 ml. de agua de muestra.
- ❖ Se le adiciona el gasto de alcalinidad más 1 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de 0.002 N.

- ❖ Luego agregamos 1 ml de ácido ascórbico, 10 ml de baffle de aluminio y 5 ml de Ericromo Cianina, después enrasamos con agua destilada hasta completar 50 ml.

## MARCHA DE ALCALINIDAD

- ❖ Se extrae una muestra de 50 ml, se le adiciona 2 gotas de fenolftaleína para neutralizar la muestra.
- ❖ Luego a la muestra se le agrega 2 gotas de anaranjado de metilo y luego titulamos con  $H_2SO_4$  0.02 N hasta que vire a un color anaranjado.
- ❖ Con este gasto puedo realizar la prueba de residual de aluminio.
- ❖ Fórmula para obtener la alcalinidad del agua es:

$$Alc = A * N * 50000 / ml \text{ de muestra}$$

Dónde:  $A = \text{Gasto } H_2SO_4 \text{ en ml.}$

$N = \text{Normalidad del } H_2SO_4$

## ANÁLISIS DE TURBIDEZ

### Materiales

Tubos de muestra de cristal incoloro transparente. Mantener los tubos escrupulosamente limpios, por dentro y por fuera, descartando los rayados y manchados.

### Equipos

Turbidímetro de escala expandida marca HACH modelo 2100P.

### Procedimiento



El equipo Hach cuenta con un juego de estándares de calibración proporcionado por el fabricante que puede ser usado para calibrar cada vez que se realice una medición.

Se debe cuidar que los envases de vidrio que contienen los estándares y las muestras estén completamente limpios y libres de huellas dactilares o suciedad, tanto externa como internamente, limpiar con papel “tissue” antes de hacer las mediciones.

### **Manejo del Turbidímetro**

Llenar la muestra de agua en la celda de muestreo y limpiar la celda.

Prender el turbidímetro y seleccionar el rango de medida y nuevamente apretar el botón de encendido y esperar a que salga 0,00.

Agitar la muestra asegurándose de que no presente huellas de suciedad e insertar la celda en la porta muestra y presionar READ.

## **2.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS:**

- Comparación de los datos históricos (turbidez, pH, conductividad, dureza) de los meses de junio, julio y agosto del año 2014 con los datos de los mismos meses del año 2015, con la finalidad de demostrar la relación turbidez dosis que se propone.
- Los parámetros de turbidez, color, pH, conductividad, dureza, sulfatos y residual de aluminio del tercer trimestre del año 2015 se relacionan en función a la dosis óptima de sulfato de aluminio tipo A.

- Posteriormente se construye una curva patrón relacionando la turbidez inicial en función a la dosis óptima de sulfato de aluminio.

# **CAPITULO III**

### 3.RESULTADOS:

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS DEL AGUA:

Se evaluó los parámetros físico - químicos del agua (turbidez, pH, color, conductividad, sulfatos, dureza y residual de aluminio), para identificar la variación de estos luego de la adición del sulfato de aluminio Tipo A, durante el tercer trimestre del año 2015; los mismos que fueron realizados en el laboratorio de físico - química de la empresa EPSEL S.A de la ciudad de Chiclayo.

**TABLA 4 RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE A ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A EN EL MES DE JUNIO.**

MES: JUNIO															
FECHA	DOSIS APLICACIÓN DE SULF. AL. (PPM)	TURB INICIAL	TURB FINAL	COND INICIAL	COND FINAL	DUREZA INICIAL	DUREZA FINAL	SULFATOS INICIAL	SULFATOS FINAL	RES. ALUMINIO INICIAL	RES. ALUMINIO FINAL	PH INICIAL	PH FINAL	COLOR INICIAL	COLOR FINAL
01/06/2015	18	19.42	2.60	313	320	147.2	142.65	18.61	28.66	0.023	0.175	8.17	7.70	12	3
02/06/2015	18	19.93	2.33	314	318	147.6	142.84	19.72	28.39	0.029	0.125	8.14	7.72	12	3
03/06/2015	17	17.85	2.73	309	317	145.23	144.23	17.62	29.03	0.044	0.128	8.14	7.70	11	3
04/06/2015	17	17.7	2.04	304	306	146.9	153.34	16.21	28.10	0.018	0.116	8.16	7.68	10	3
05/06/2015	17	16.43	2.41	303	306	147.25	153.74	17.18	35.33	0.017	0.136	8.1	7.71	10	3
06/06/2015	17	17.63	1.84	304	309	151.76	159.68	17.14	34.10	0.021	0.195	8.11	7.71	10	3
07/06/2015	16	15.48	1.69	309	309	151.98	150.77	18.21	33.76	0.04	0.185	8.07	7.68	9	3
08/06/2015	16	14.43	2.07	307	311	152.34	149.38	18.43	29.03	0.022	0.126	8.17	7.68	8	3
09/06/2015	16	14.37	2.05	310	317	152.56	173.16	18.62	28.63	0.034	0.128	8.14	7.71	8	3
10/06/2015	16	14.51	2.19	298	319	150.46	157.70	18.32	28.08	0.03	0.134	8.05	7.69	8	3
11/06/2015	14	12.93	3.21	313	319	150.83	159.29	18.53	28.70	0.023	0.150	8.16	7.71	8	3
12/06/2015	14	12.96	3.38	317	324	152.89	142.65	18.73	28.37	0.022	0.160	8.07	7.68	8	3
13/06/2015	16	14.83	2.55	312	317	151.78	158.10	19.74	28.39	0.026	0.153	8.14	7.72	8	3
14/06/2015	16	15.29	2.72	317	320	151.96	147.20	19.76	29.25	0.023	0.167	8.17	7.73	8	3
15/06/2015	16	14.65	2.26	303	312	151.98	159.29	18.2	28.86	0.027	0.132	8.2	7.68	8	3
16/06/2015	16	15.55	2.24	312	316	147.54	151.56	19.42	28.94	0.028	0.121	8.09	7.70	8	3
17/06/2015	16	15.88	2.14	312	315	147.67	145.42	19.71	28.08	0.032	0.128	8.17	7.69	8	3
18/06/2015	16	15.43	2.01	310	318	149.7	145.62	19.81	28.30	0.014	0.152	8.15	7.69	8	3
19/06/2015	16	14.44	2.05	309	316	148.65	152.16	19.33	29.12	0.022	0.124	8.17	7.71	8	3
20/06/2015	18	18.36	1.92	305	315	149.7	152.35	19.11	29.40	0.021	0.127	8.16	7.72	10	3
21/06/2015	16	15.91	1.91	313	312	150.88	152.95	19.23	33.43	0.024	0.125	8.16	7.69	10	3
22/06/2015	15	13.56	1.97	308	313	148.76	144.63	18.43	32.82	0.022	0.128	8.14	7.71	8	3
23/06/2015	15	13.37	1.85	306	313	155.98	146.41	19.32	29.24	0.029	0.133	8.11	7.67	8	3
24/06/2015	15	13.22	2.09	305	315	154.86	143.84	19.43	27.5	0.033	0.154	8.14	7.68	8	3
25/06/2015	15	13.28	1.55	306	313	145.65	171.57	19.56	28.41	0.037	0.148	8.16	7.70	8	3
26/06/2015	15	13.47	1.62	300	306	158.7	164.44	17.97	28.40	0.032	0.142	8.11	7.69	8	3
27/06/2015	15	13.15	1.33	310	319	147.32	166.62	17.45	29.12	0.011	0.141	8.14	7.69	8	3
28/06/2015	15	13.26	1.71	309	312	147.98	154.34	19.1	28.40	0.015	0.160	8.08	7.70	8	3
29/06/2015	13	11.11	1.42	308	313	148.98	153.15	18.48	32.67	0.012	0.161	8.04	7.69	8	3
30/06/2015	15	13.13	1.26	313	316	147.91	140.07	18.65	34.38	0.014	0.138	8.16	7.68	8	3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 5. RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE A ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A EN EL MES DE JULIO.**

MES: JULIO															
FECHA	DOSIS APLICACIÓN DE SULF. AL. (PPM)	TURB INICIAL	TURB FINAL	COND INICIAL	COND FINAL	DUREZA INICIAL	DUREZA FINAL	SULFATOS INICIAL	SULFATOS FINAL	RES. ALUMUNIO INICIAL	RES. ALUMUNIO FINAL	PH INICIAL	PH FINAL	COLOR INICIAL	COLOR FINAL
01/07/2015	12	10.68	1.41	309	317	165.3	128.70	19.56	23.82	0.015	0.143	8.1	7.70	9	3
02/07/2015	12	10.11	1.12	310	316	142.9	128.70	19.79	27.05	0.052	0.142	8.07	7.69	8	3
03/07/2015	12	10.43	1.26	307	309	132	131.08	18.65	27.60	0.021	0.147	8.11	7.71	8	3
04/07/2015	13	11.64	1.10	298	305	147.98	128.70	18.56	27.09	0.013	0.152	8.06	7.73	9	3
05/07/2015	13	11.25	1.15	309	313	145.56	128.98	18.18	34.31	0.023	0.149	8.14	7.69	8	3
06/07/2015	14	12.74	1.35	307	313	143.45	123.83	16.54	35.41	0.022	0.157	8.14	7.71	8	3
07/07/2015	13	11.53	1.50	308	313	144.57	125.41	18.59	34.07	0.016	0.147	8.12	7.65	8	3
08/07/2015	13	11.47	1.60	309	314	152.34	129.17	17.92	33.13	0.019	0.141	8.12	7.68	8	3
09/07/2015	13	11.75	1.54	304	306	152.76	120.85	17.56	36.36	0.032	0.120	8.11	7.72	10	3
10/07/2015	13	11.42	1.49	309	311	150.98	120.26	18.74	36.91	0.01	0.149	8.04	7.66	9	3
11/07/2015	13	11.85	1.50	304	314	154.86	121.84	18.51	36.61	0.015	0.151	8.06	7.68	9	3
12/07/2015	14	12.24	1.82	302	308	145.95	127.71	18.32	25.08	0.014	0.154	8.1	7.66	10	3
13/07/2015	14	12.01	1.72	305	312	164.87	129.10	19.1	23.56	0.012	0.149	8.06	7.70	10	3
14/07/2015	13	11.39	1.37	306	311	166.74	133.65	19.03	25.63	0.016	0.139	8.19	7.66	9	3
15/07/2015	14	12.86	1.53	300	305	148.97	125.81	19.67	33.18	0.023	0.148	8.11	7.72	10	3
16/07/2015	14	12.92	1.38	305	311	145.85	133.93	19.34	35.68	0.021	0.139	8.1	7.68	10	3
17/07/2015	14	12.78	1.32	302	312	134.84	123.43	18.56	33.49	0.015	0.147	8.05	7.68	10	3
18/07/2015	14	12.81	1.28	299	312	137.83	126.00	18.34	37.20	0.013	0.140	8.07	7.71	10	3
19/07/2015	14	12.09	1.36	300	305	136.49	122.83	17.67	37.47	0.012	0.139	8.12	7.73	10	3
20/07/2015	13	11.43	1.35	304	311	143.76	128.50	19.56	28.90	0.024	0.136	8.14	7.69	9	3
21/07/2015	13	11.23	1.37	301	310	149.85	131.27	18.43	30.64	0.017	0.134	8.17	7.71	9	3
22/07/2015	12	10.39	1.13	300	309	162.76	131.27	16.43	25.61	0.025	0.145	8.13	7.68	8	3
23/07/2015	12	10.56	0.93	303	310	123.34	131.55	19.23	34.92	0.035	0.165	8.09	7.70	8	3
25/07/2015	11	9.31	1.06	303	308	148.98	128.78	16.34	33.21	0.02	0.178	8.09	7.71	8	3
24/07/2015	14	12.21	1.05	302	307	145.83	127.79	17.76	32.96	0.024	0.147	8.07	7.69	9	3
26/07/2015	12	10.93	1.05	303	309	158.7	126.85	18.45	32.40	0.043	0.168	8	7.68	8	3
27/07/2015	11	9.37	0.89	300	308	147.32	126.60	17.85	35.59	0.019	0.175	8.13	7.68	8	3
28/07/2015	11	9.14	1.17	299	306	146.07	134.76	19.67	36.44	0.021	0.142	8.08	7.69	8	3
29/07/2015	11	9.13	1.25	300	308	143.56	132.54	18.78	33.81	0.052	0.1632	8.1	7.78	8	3
30/07/2015	11	9.05	1.13	304	308	153.84	133.53	16.98	34.67	0.013	0.154	8.11	7.69	8	3
31/07/2015	11	9.27	1.25	302	305	147.1	127.45	19.34	32.35	0.022	0.127	8.14	7.67	8	3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 6 RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA ANTES Y DESPUÉS DE A ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A EN EL MES DE AGOSTO.**

MES: AGOSTO															
FECHA	DOSIS APLICACIÓN DE SULF. AL. (PPM)	TURB INICIAL	TURB FINAL	COND INICIAL	COND FINAL	DUREZA INICIAL	DUREZA FINAL	SULFATOS INICIAL	SULFATOS FINAL	RES. ALUMUNIO INICIAL	RES. ALUMUNIO FINAL	PH INICIAL	PH FINAL	COLOR INICIAL	COLOR FINAL
01/08/2015	11	9.74	1.51	301	308	156.23	131.81	19.45	34.19	0.017	0.127	8.1	7.70	9	3
02/08/2015	11	9.66	1.23	295	307	164.34	142.50	18.35	32.39	0.015	0.165	8.07	7.69	9	3
03/08/2015	8	7.49	1.28	300	304	147.98	125.28	19.53	34.95	0.014	0.176	8.11	7.71	9	3
04/08/2015	8	7.13	1.07	300	307	147.45	168.83	19.22	34.90	0.011	0.179	8.06	7.73	8	3
05/08/2015	8	7.37	1.23	295	305	148.24	156.16	18.54	32.94	0.016	0.132	8.14	7.69	8	3
06/08/2015	7	6.02	1.00	294	304	144.56	147.65	18.23	35.49	0.023	0.163	8.14	7.71	7	3
07/08/2015	8	7.57	1.35	301	309	148.09	139.73	18.65	35.55	0.022	0.162	8.12	7.65	8	3
08/08/2015	11	9.71	1.01	295	308	154.06	135.18	18.24	33.25	0.018	0.143	8.12	7.68	8	3
09/08/2015	11	9.89	1.02	299	308	155.15	141.12	18.25	36.34	0.033	0.156	8.11	7.72	7	3
10/08/2015	10	9.01	1.07	300	309	176.27	160.51	18.56	34.57	0.014	0.153	8.04	7.66	8	3
11/08/2015	9	8.35	1.06	300	307	165.85	149.43	19.63	32.89	0.056	0.161	8.06	7.68	7	3
12/08/2015	11	9.45	1.02	300	308	157.96	158.34	18.24	35.80	0.014	0.145	8.1	7.66	8	3
13/08/2015	11	9.59	1.01	300	307	164.67	150.82	18.54	34.03	0.012	0.125	8.06	7.70	8	3
14/08/2015	13	11.41	1.06	299	307	167.34	131.22	17.89	33.26	0.016	0.157	8.19	7.66	9	3
15/08/2015	13	11.98	0.94	303	307	152.45	134.89	17.43	32.98	0.023	0.123	8.11	7.72	9	3
16/08/2015	12	10.09	0.92	304	307	155.93	138.15	17.25	34.99	0.021	0.121	8.1	7.68	8	3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Estos valores fueron comparados con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010 – S.A.

### 3.2. PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS DE PRUEBA DE JARRAS CON DIFERENTES DOSIS DE SULFATOS DE ALUMINIO PARA LA DOSIS ÓPTIMA.

Se realizaron los ensayos de pruebas de jarras durante los meses de Junio, Julio y Agosto para encontrar la dosis óptima de Sulfato de Aluminio Tipo A.

**TABLA 7. RESULTADOS DE LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A SEGÚN LA TURBIDEZ INICIAL CON EL ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS DEL MES DE JUNIO.**

MES JUNIO 2015														
REGISTRO DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE JARRAS EN PLANTA DE TRATAMIENTO N°01 CHICLAYO														
Nº DE ENSAYOS	INICAL (NTU)	DOSIFICACION $Al_2(SO_4)_3$ mg/L						TURBIDEZ FINAL(NTU)						DOSIS OPTIMA $Al_2(SO_4)_3$ mg/L
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1	19.42	12	14	16	18	20	22	8.20	6.70	4.30	2.60	1.30	1.40	18
2	19.93	10	14	18	22	26	30	9.60	5.80	2.33	4.10	3.90	4.80	18
3	17.85	9	11	13	15	17	19	11.3	6.80	3.60	4.80	2.73	1.20	17
4	17.7	13	15	17	19	21	23	7.40	5.20	2.04	3.60	2.50	2.90	17
5	16.43	7	9	11	13	15	17	9.80	10.0	4.30	5.20	3.32	2.41	17
6	17.63	15	17	19	21	23	25	3.02	1.84	2.04	1.12	0.81	2.23	17
7	15.48	12	14	16	18	20	22	6.03	3.85	1.69	2.08	1.1	0.97	16
8	14.43	8	12	16	20	24	28	7.98	5.23	2.07	1.32	2.45	1.1	16
9	14.37	8	10	12	14	16	18	7.15	5.24	3.67	2.96	2.05	1.02	16
10	14.51	12	14	16	18	20	22	6.34	4.21	2.19	1.98	1.24	3.02	16
11	12.93	11	14	17	20	23	26	5.71	3.21	3.98	2.42	1.96	0.76	14
12	12.96	10	12	14	16	18	20	7.12	5.23	3.38	2.06	1.23	0.95	14
13	14.83	12	14	16	18	20	22	6.45	4.65	2.55	2.98	1.92	1.22	16
14	15.29	14	16	18	20	22	24	6.43	2.55	1.87	1.05	0.64	1.12	16
15	14.65	8	12	16	20	24	28	5.76	4.52	2.26	3.72	3.38	3.97	16
16	15.55	10	12	14	16	18	20	8.09	4.18	2.24	3.51	4.78	1.93	16
17	15.88	12	14	16	18	20	22	7.56	4.81	2.14	1.15	0.96	1.52	16
18	15.43	13	16	19	22	25	28	5.98	2.01	3.34	2.75	2.04	1.81	16
19	14.44	7	10	13	16	19	22	8.24	5.93	2.97	2.05	1.86	0.91	16
20	18.36	12	14	16	18	20	22	6.91	5.34	3.98	1.92	2.09	2.21	18
21	15.91	10	12	14	16	18	20	8.43	6.02	3.28	1.91	2.76	2.99	16
22	13.56	9	11	13	15	17	19	7.52	5.36	2.45	1.97	2.01	1.02	15
23	13.37	9	12	15	18	21	24	8.11	5.92	1.85	3.21	2.19	1.12	15
24	13.22	7	9	11	13	15	17	9.23	6.95	4.81	3.12	2.09	3.18	15
25	13.28	7	9	11	13	15	17	10.2	5.58	3.45	3.12	1.55	1.01	15
26	13.47	9	11	13	15	17	19	8.94	4.96	4.01	1.62	1.21	0.97	15
27	13.15	11	13	15	17	19	21	6.32	3.92	1.33	3.97	2.18	1.76	15
28	13.26	9	12	15	18	21	24	8.46	4.87	1.71	2.65	1.12	1.19	15
29	11.11	7	9	11	13	15	17	9.67	6.25	3.27	2.23	1.42	0.97	13
30	13.13	7	11	15	19	23	27	9.04	5.14	1.26	1.87	3.96	1.11	15

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**TABLA 8. RESULTADOS DE LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A SEGÚN LA TURBIDEZ INICIAL CON EL ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS DEL MES DE JULIO**

MES JULIO 2015														
REGISTRO DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE JARRAS EN PLANTA DE TRATAMIENTO N°01 CHICLAYO														
Nº DE ENSAYOS	TURBIDEZ INICAL	DOSIFICACION $Al_2(SO_4)_3$ mg/L						TURBIDEZ FINAL(NTU)						DOSIS OPTIMA $Al_2(SO_4)_3$ mg/L
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1	10.68	10	12	14	16	18	20	3.24	1.41	1.12	0.93	0.75	1.17	12
2	10.11	8	10	12	14	16	18	3.56	3.81	1.12	2.03	1.19	0.78	12
3	10.43	8	12	16	20	24	28	3.29	1.26	2.17	2.00	1.14	1.83	12
4	11.64	7	10	13	16	19	22	5.98	3.29	1.1	0.98	0.75	0.64	13
5	11.25	10	13	16	19	22	25	4.56	1.15	3.54	2.37	2.89	1.03	13
6	12.74	8	10	12	14	16	18	6.02	4.22	2.19	1.35	1.10	1.16	14
7	11.53	9	11	13	15	17	19	4.23	2.19	1.5	2.01	1.22	0.87	13
8	11.47	9	11	13	15	17	19	3.23	2.21	1.6	1.03	0.98	0.94	13
9	11.75	11	13	15	17	18	21	3.96	1.54	2.15	1.1	1.76	1.98	13
10	11.42	7	10	13	16	19	22	6.21	3.87	1.49	2.87	1.85	1.98	13
11	11.85	7	9	11	13	15	17	5.98	3.12	2.2	1.5	1.24	1.19	13
12	12.24	10	12	14	16	18	20	6.83	4.21	1.82	2.19	2.87	1.10	14
13	12.01	8	10	12	14	16	18	5.93	3.24	2.19	1.72	0.91	0.82	14
14	11.39	9	11	13	15	17	19	6.54	2.29	1.37	1.98	1.12	2.13	13
15	12.86	6	8	10	12	14	16	7.82	5.14	4.29	2.68	1.53	1.92	14
16	12.92	10	12	14	16	18	20	4.24	2.19	1.38	2.01	1.12	0.94	14
17	12.78	6	10	14	18	22	26	6.43	3.46	1.32	1.02	0.97	0.67	14
18	12.81	5	8	11	14	17	20	7.98	5.97	2.31	1.28	1.93	1.12	14
19	12.09	8	10	12	14	16	18	4.93	2.18	2.10	1.36	4.09	3.02	14
20	11.43	7	10	13	16	19	22	6.05	4.93	1.35	0.95	1.94	1.10	13
21	11.23	11	13	15	17	19	21	3.98	1.37	2.09	2.12	3.97	2.01	13
22	10.39	8	10	12	14	16	18	5.35	3.32	1.13	1.91	0.98	0.85	12
23	10.56	10	12	14	16	18	20	5.78	0.93	1.82	2.10	1.1	1.62	12
24	9.31	7	9	11	13	15	17	3.92	2.18	1.06	2.91	1.98	1.30	11
25	12.21	10	12	14	16	18	20	5.84	3.17	1.05	2.19	1.93	1.12	14
26	10.93	8	10	12	14	16	18	5.72	2.87	1.05	2.52	1.20	0.96	12
27	9.37	9	11	13	15	17	19	2.25	0.89	1.92	2.83	1.22	1.18	11
28	9.14	7	9	11	13	15	17	3.94	2.01	1.17	1.90	1.14	0.86	11
29	9.13	7	11	14	17	20	23	5.79	1.25	1.51	2.16	1.12	0.95	11
30	9.05	7	9	11	13	15	17	5.91	3.67	1.13	2.98	1.34	1.97	11
31	9.27	11	13	15	17	19	21	1.25	2.91	1.1	3.29	0.87	0.57	11

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**TABLA 9 RESULTADOS LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A  
SEGÚN LA TURBIDEZ INICIAL CON EL ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS EN  
EL MES DE AGOSTO  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

MES AGOSTO 2015														
REGISTRO DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE JARRAS EN PLANTA DE TRATAMIENTO N°01 CHICLAYO														
Nº DE ENSAYOS	INICAL (NTU)	DOSIFICACION Al2(SO4)3 mg/L						TURBIDEZ FINAL(NTU)						DOSIS OPTIMA Al2(SO4)3 mg/L
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1	9.74	7	9	11	13	15	17	5.98	3.92	1.51	2.10	2.39	1.04	11
2	9.66	8	11	14	17	20	23	5.76	1.23	1.07	2.82	1.93	0.92	11
3	7.49	4	6	8	10	12	14	4.92	3.29	1.28	2.19	1.76	1.01	8
4	7.13	6	8	10	12	14	16	3.92	1.07	2.19	2.76	3.19	0.99	8
5	7.37	4	6	8	10	12	14	4.86	2.25	1.23	2.00	1.92	1.03	8
6	6.02	3	5	7	9	11	13	4.23	3.29	1.00	2.19	1.20	2.03	7
7	7.57	2	4	6	8	10	12	5.32	3.48	2.91	1.35	1.10	0.92	8
8	9.71	5	8	11	14	17	20	5.86	2.74	1.01	1.24	2.24	1.10	11
9	9.89	7	9	11	13	15	17	4.82	1.86	1.02	2.94	3.21	3.19	11
10	9.01	2	6	10	14	18	22	6.39	2.10	1.07	3.02	2.19	1.03	10
11	8.35	3	6	9	12	15	18	3.21	1.92	1.06	1.12	1.02	0.93	9
12	9.45	5	7	9	11	13	15	5.36	2.19	2.13	1.02	1.19	1.26	11
13	9.59	7	9	11	13	15	17	5.92	3.24	1.01	2.10	2.18	1.19	11
14	11.41	5	7	9	11	13	15	6.29	3.39	2.11	2.34	1.06	0.96	13
15	11.98	7	9	11	13	15	17	5.2	3.92	1.72	0.94	1.19	0.99	13
16	10.09	2	4	6	8	10	12	7.19	5.93	2.19	2.56	1.2	0.92	12

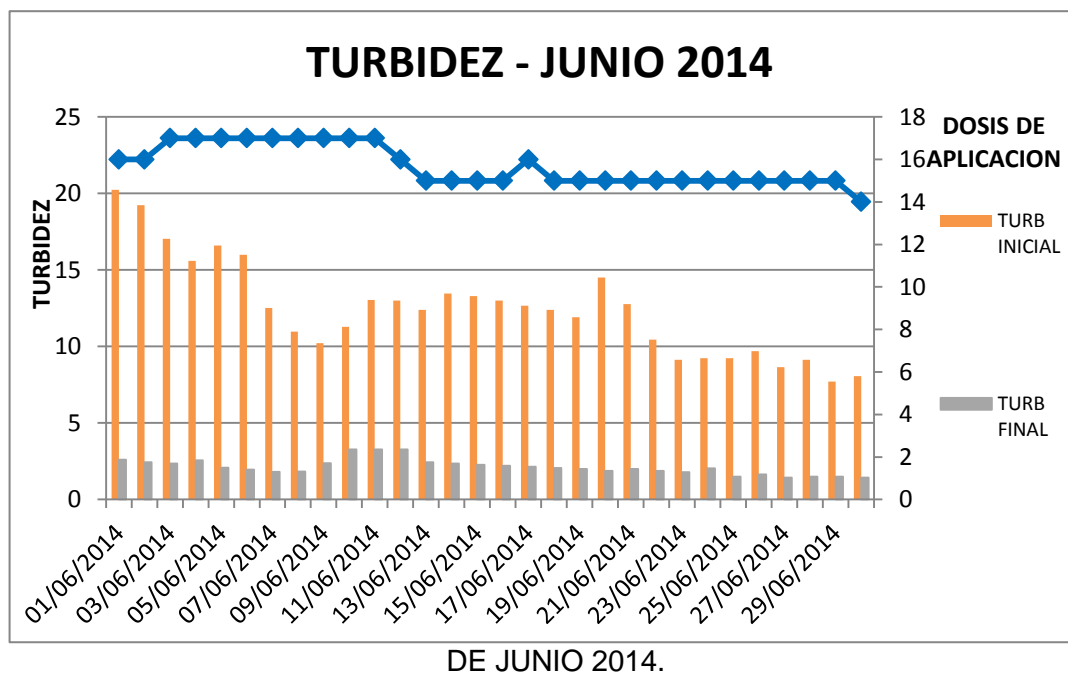


### 3.3.DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN A LA DOSIS ÓPTIMA DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A.

3.3.1. Los parámetros de calidad del agua cruda de los meses de junio, julio y agosto del año 2014, fueron evaluados para comparar con los datos de los mismos meses del año 2015, para la determinación de la dosis óptima.

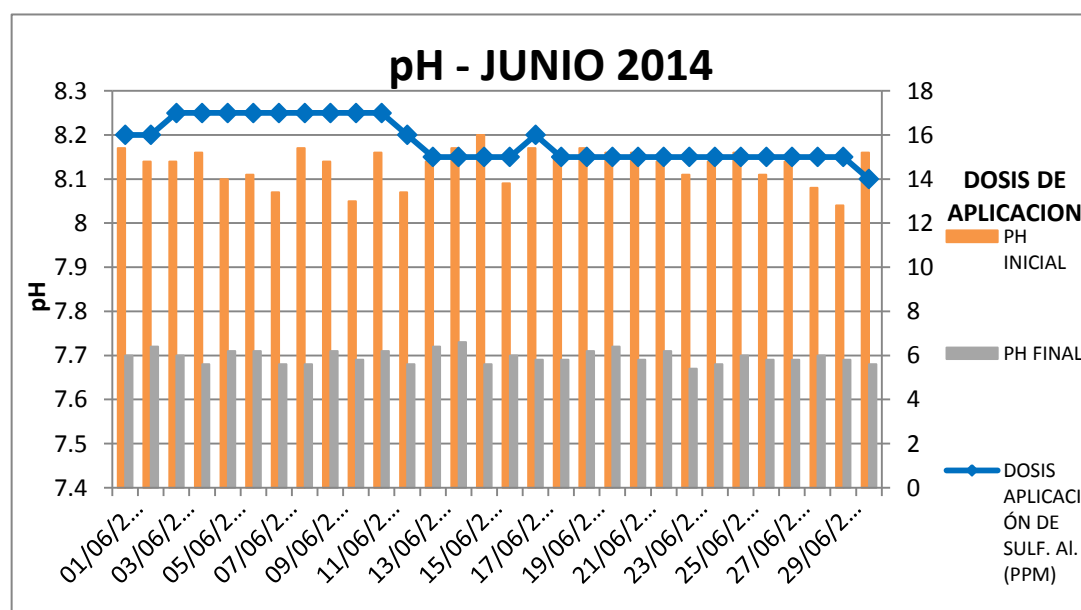
#### a) MES DE JUNIO:

**FIGURA 3.-** COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

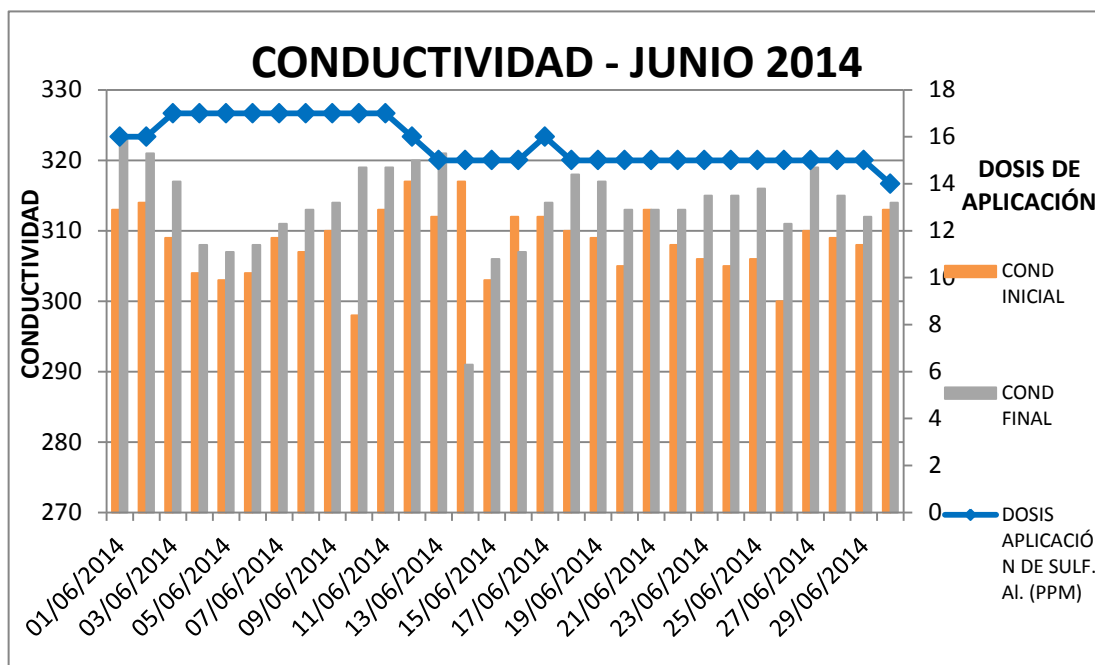
**FIGURA 4.- COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN**



DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO 2014.

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

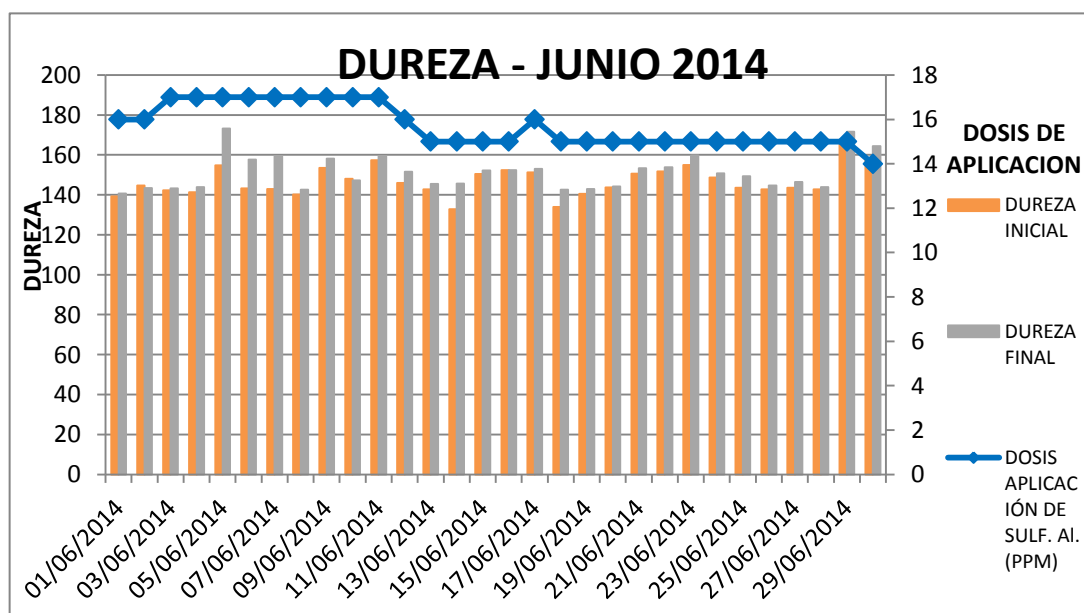
**FIGURA 5.- COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



JUNIO 2014.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 6.- COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**

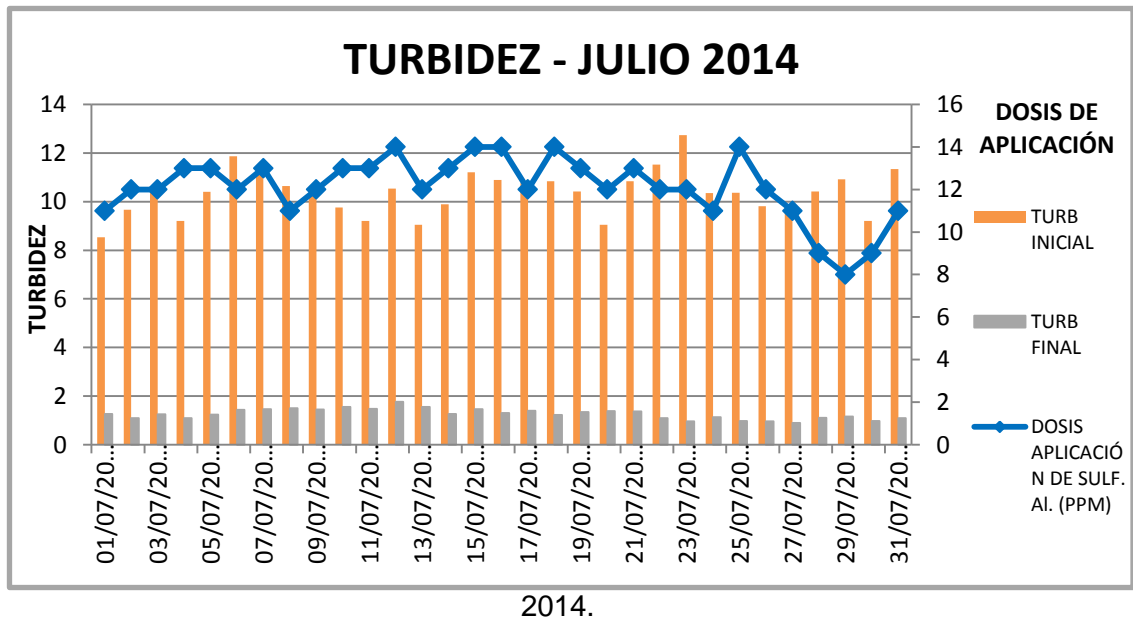


2014.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

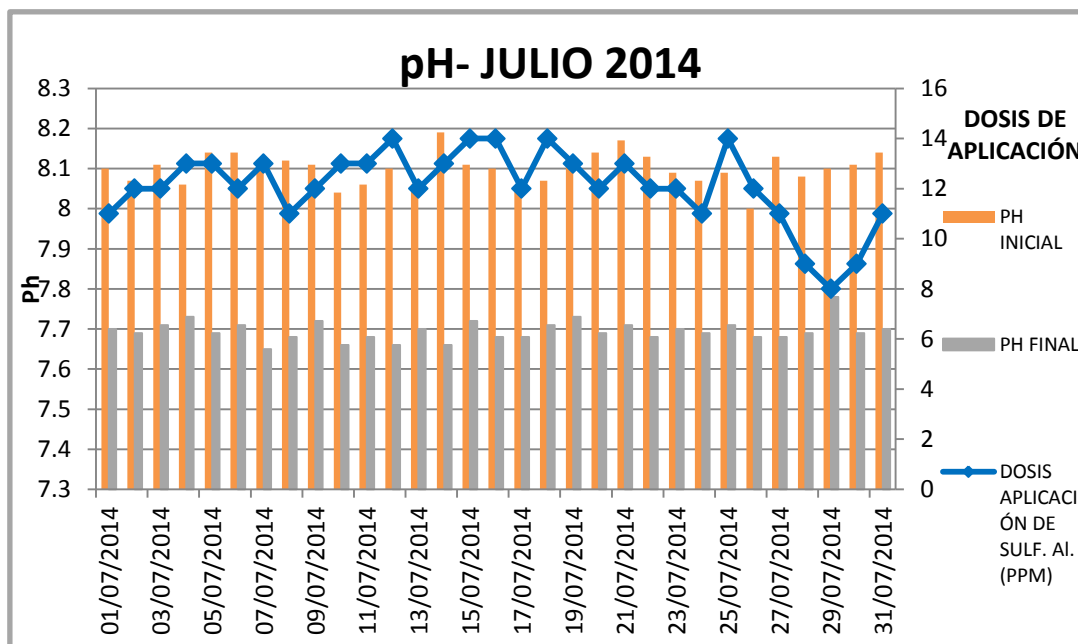
**b) MES DE JULIO:**

**FIGURA 7.- COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO**



**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

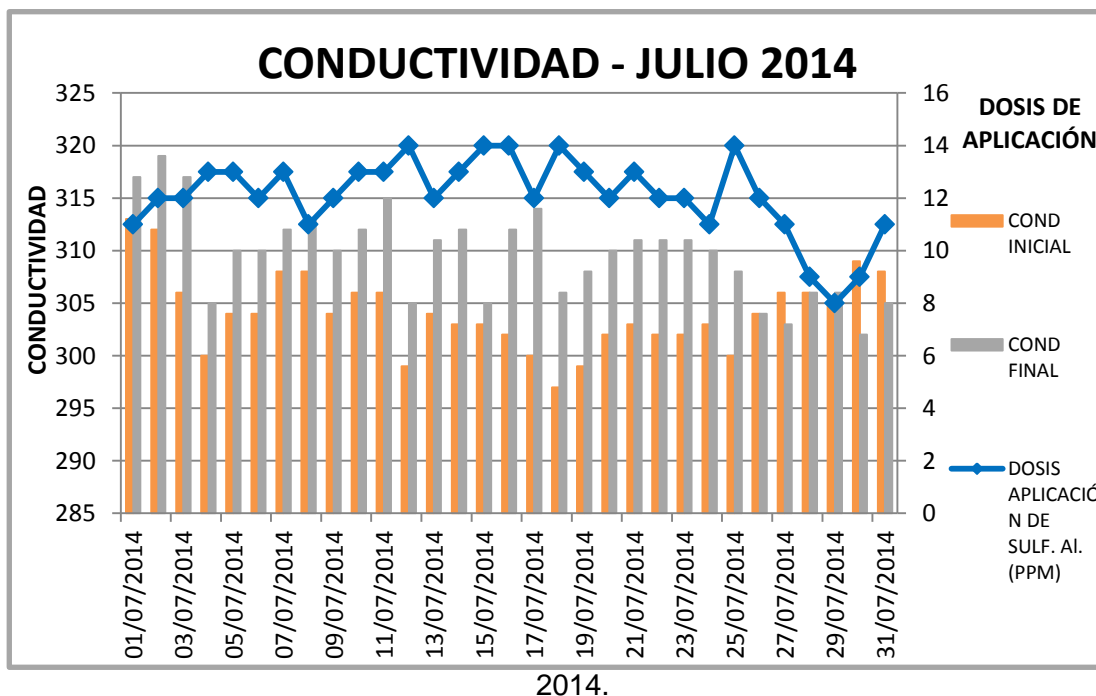
**FIGURA 8.- COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN**



DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO 2014.

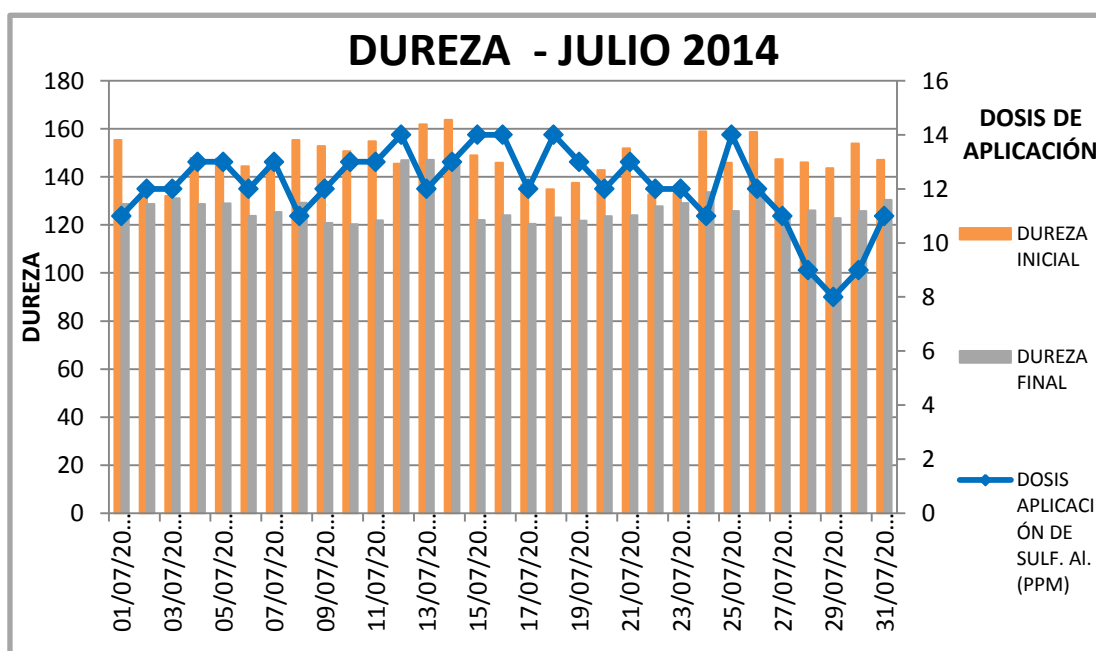
**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

**FIGURA 9.- COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 1:COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO**

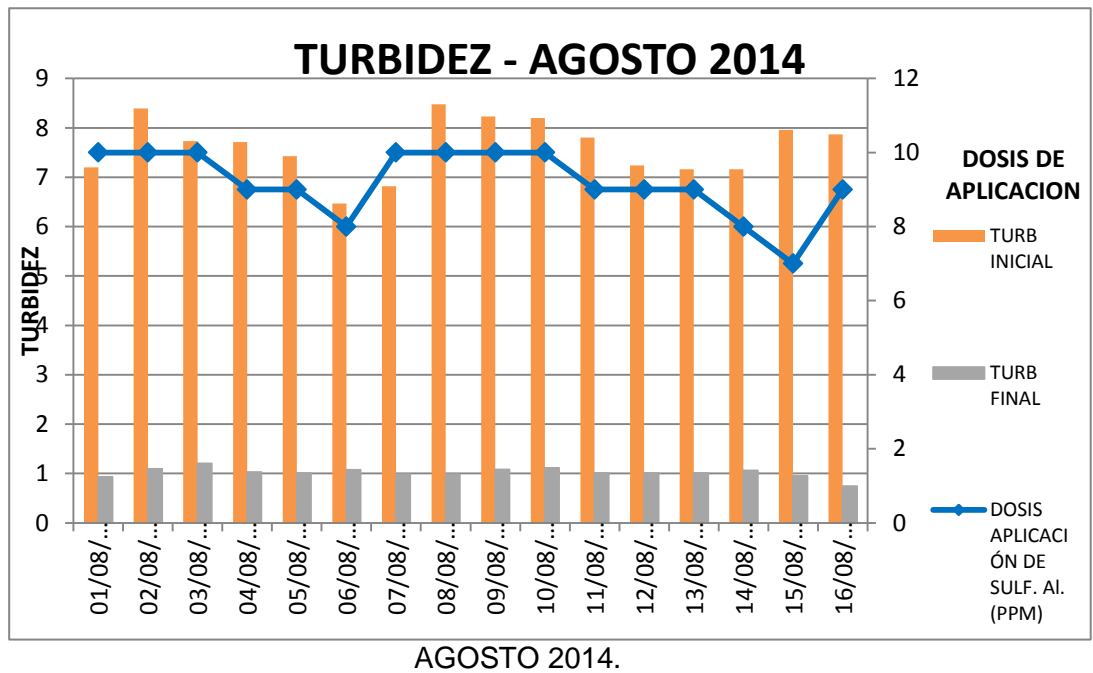


2014.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

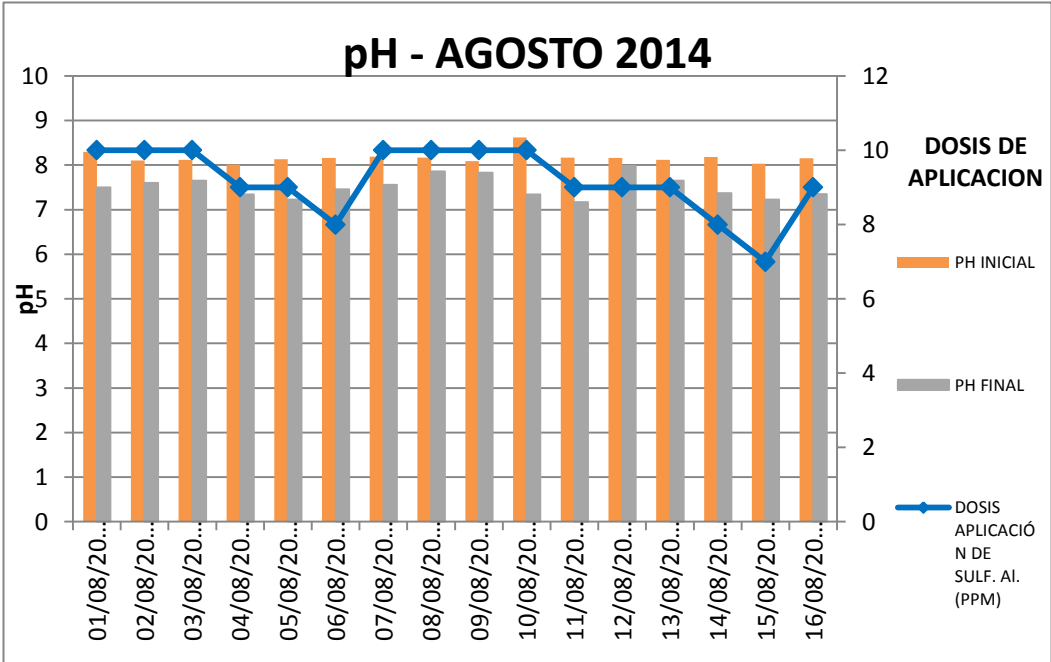
**c) MES DE AGOSTO:**

**FIGURA 11.- COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 12.- COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN**

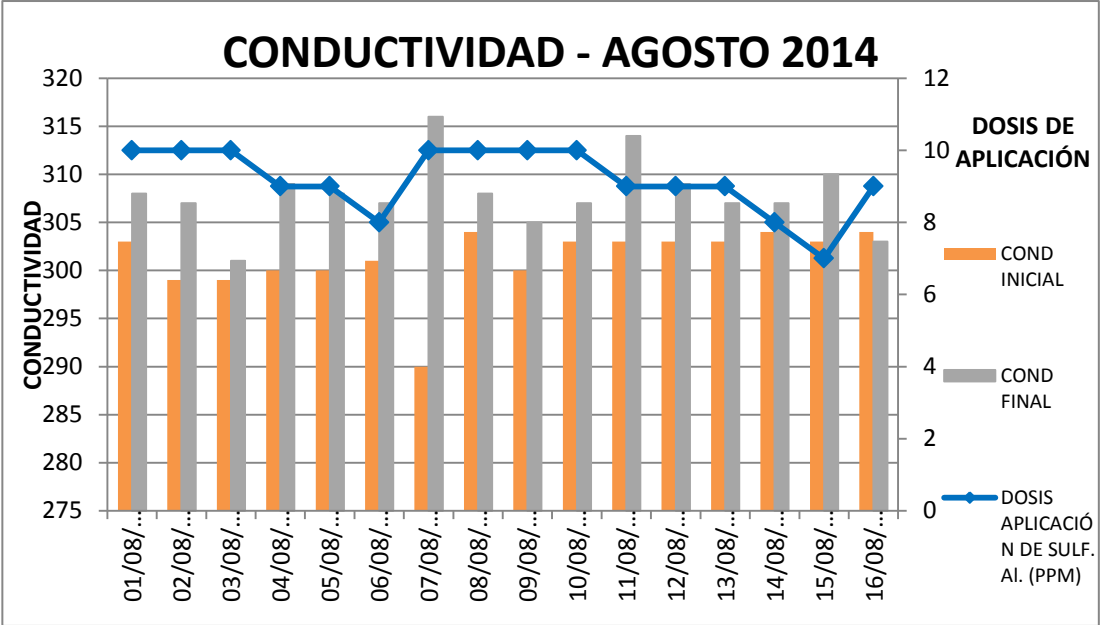


DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO 2014.

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**



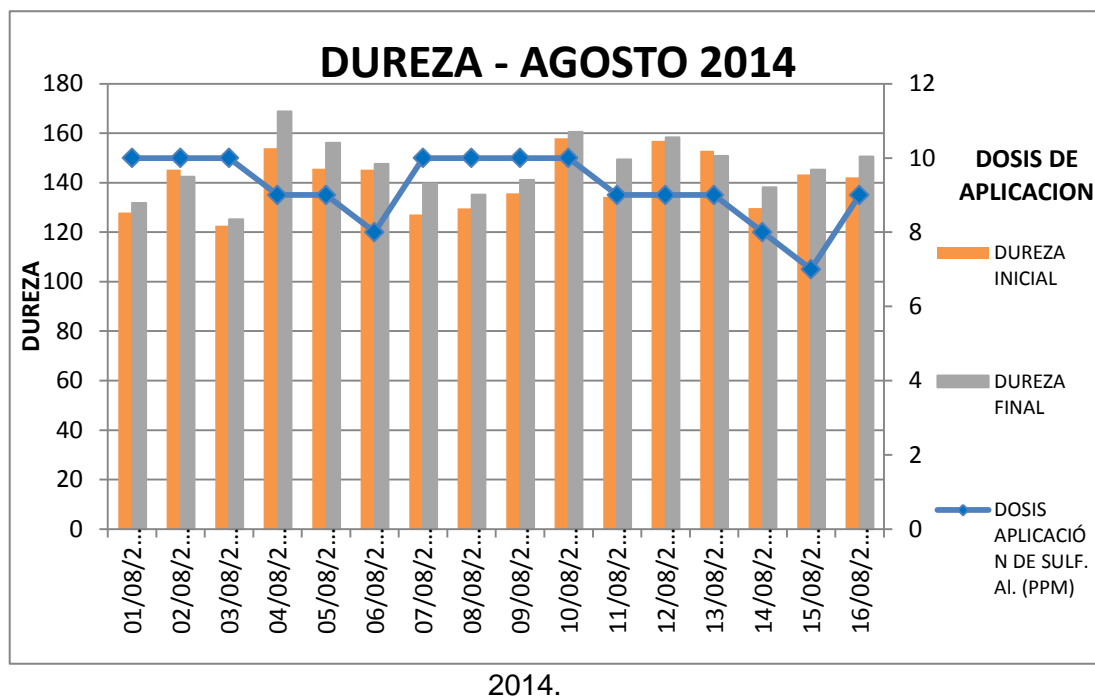
**FIGURA 13.- COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



AGOSTO 2014.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 14.-COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO**

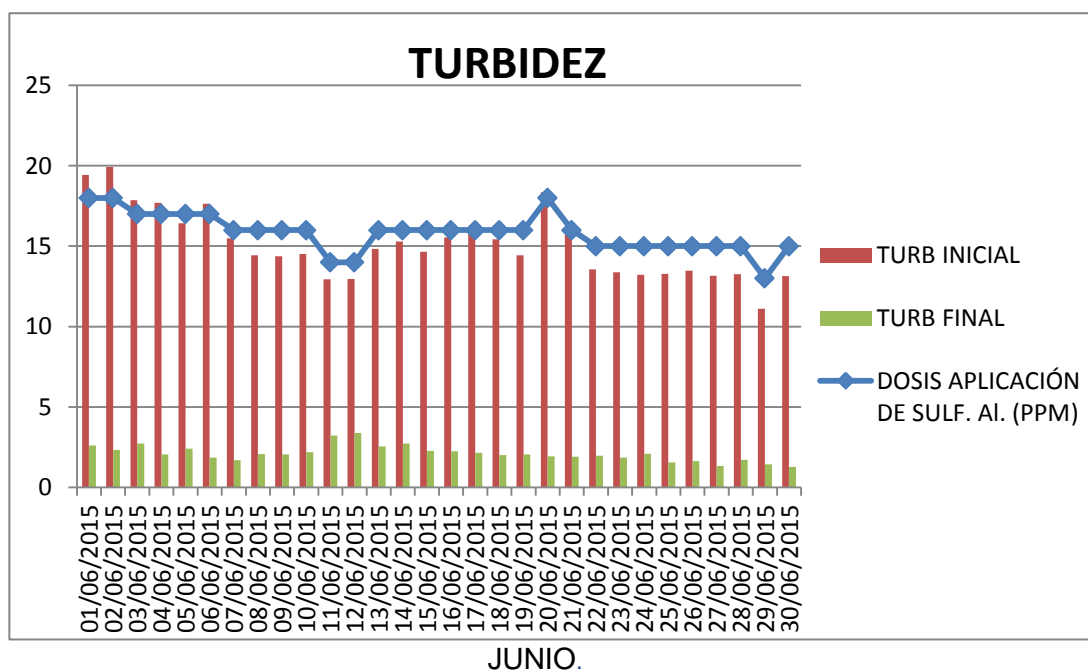


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**3.3.2.** Los parámetros de calidad del agua cruda de los meses de junio, julio y agosto, fueron evaluados antes y después de su tratamiento con sulfato de aluminio tipo A; en base a estos datos se construye la curva patrón, que relaciona la turbidez inicial con la dosis óptima aplicable.

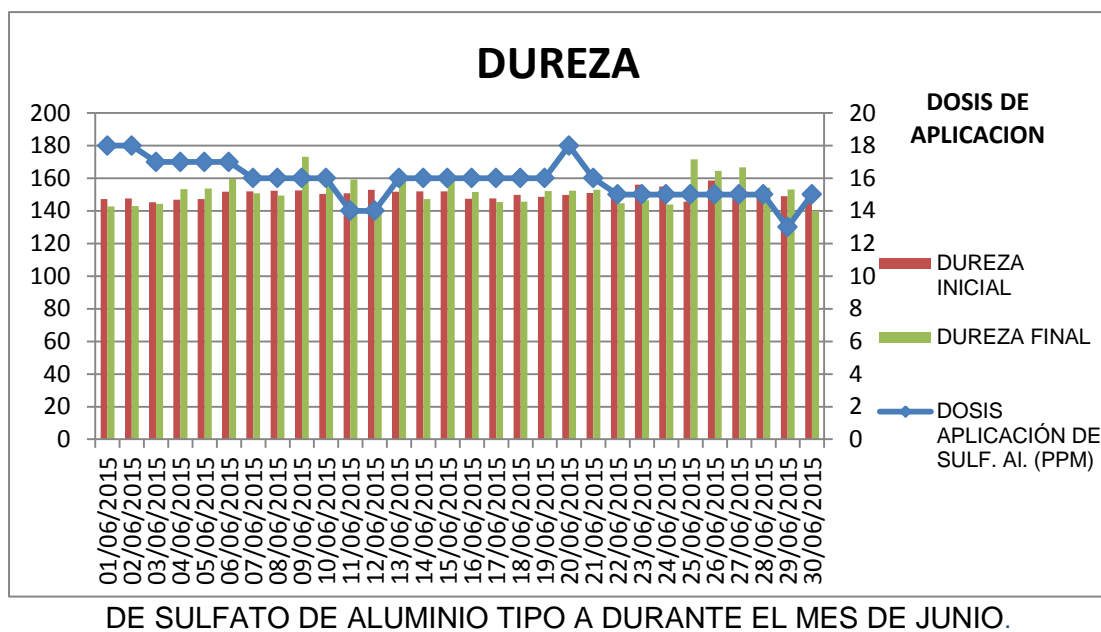
a) MES DE JUNIO:

**FIGURA 15.-COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**

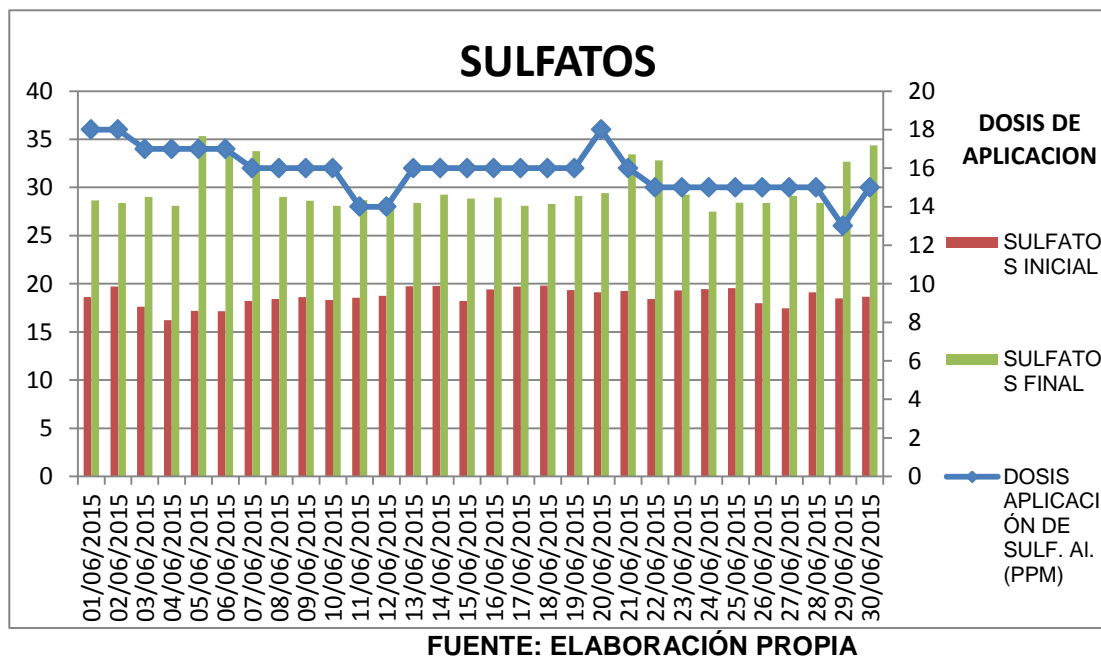


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

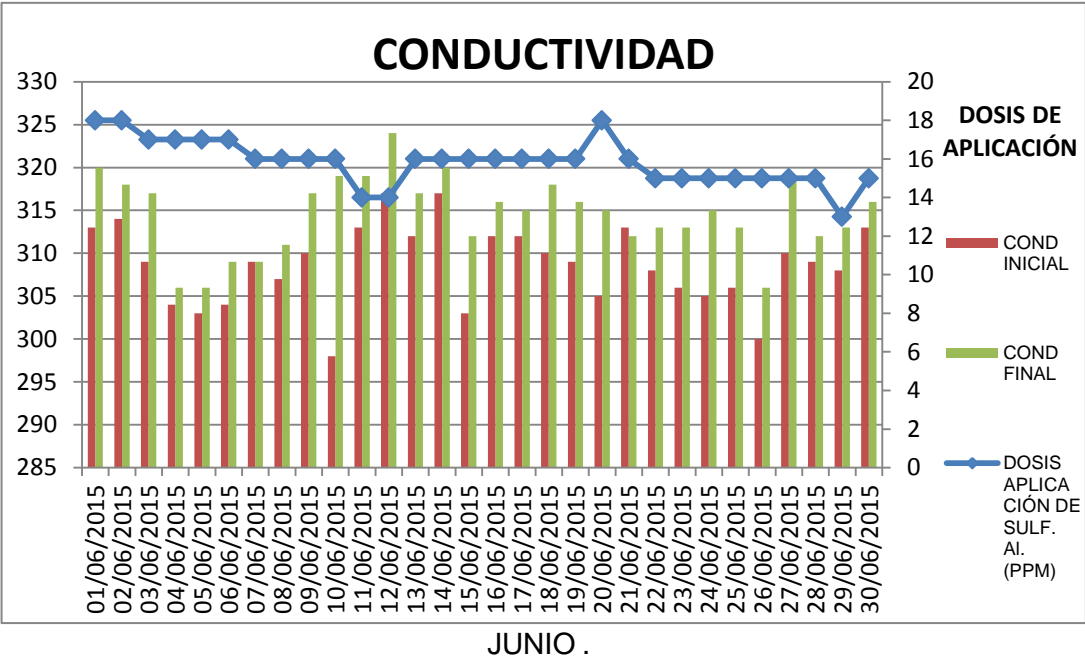
**FIGURA 16.-COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN**



**FIGURA 17.-COMPORTAMIENTO DEL SULFATO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.**

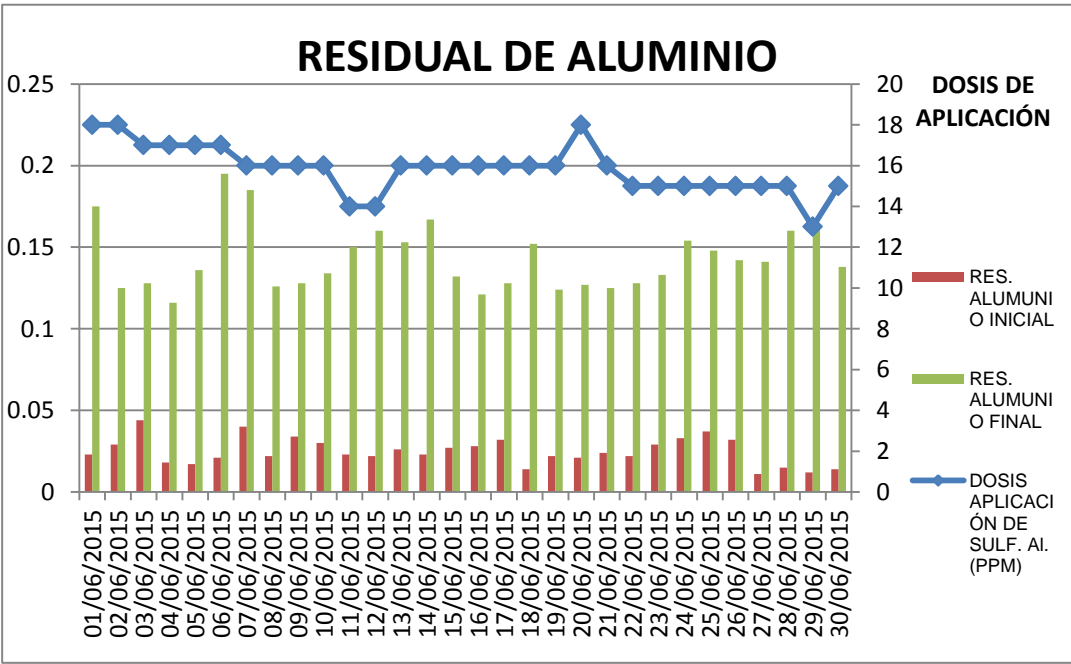


**FIGURA 18.-COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



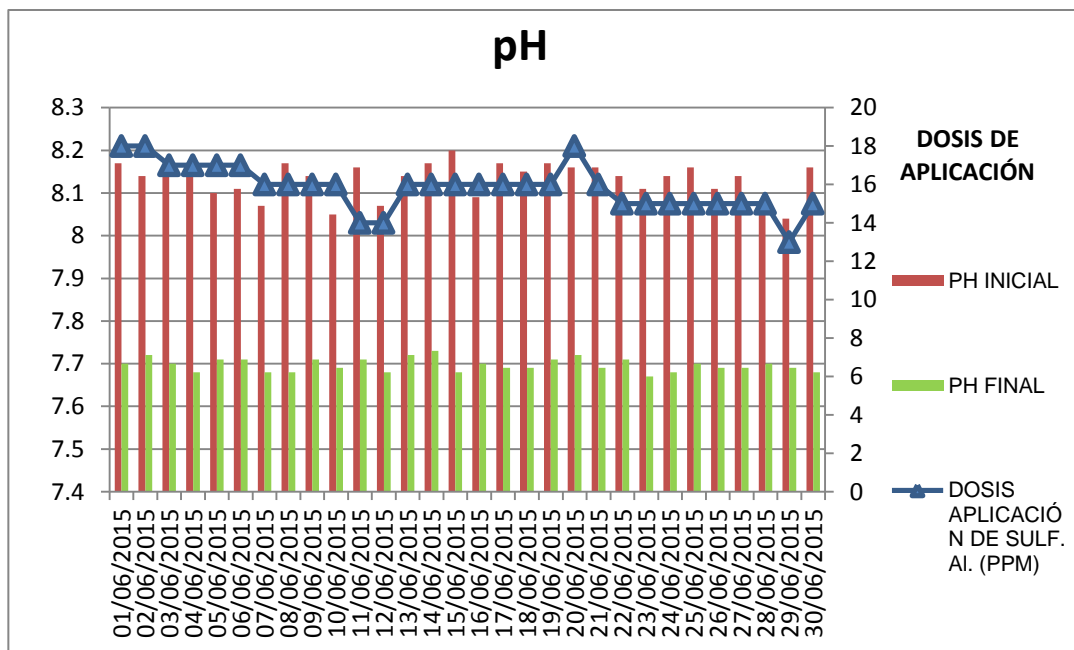
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 19.-COMPORTAMIENTO DEL RESIDUAL DE ALUMINIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO .**



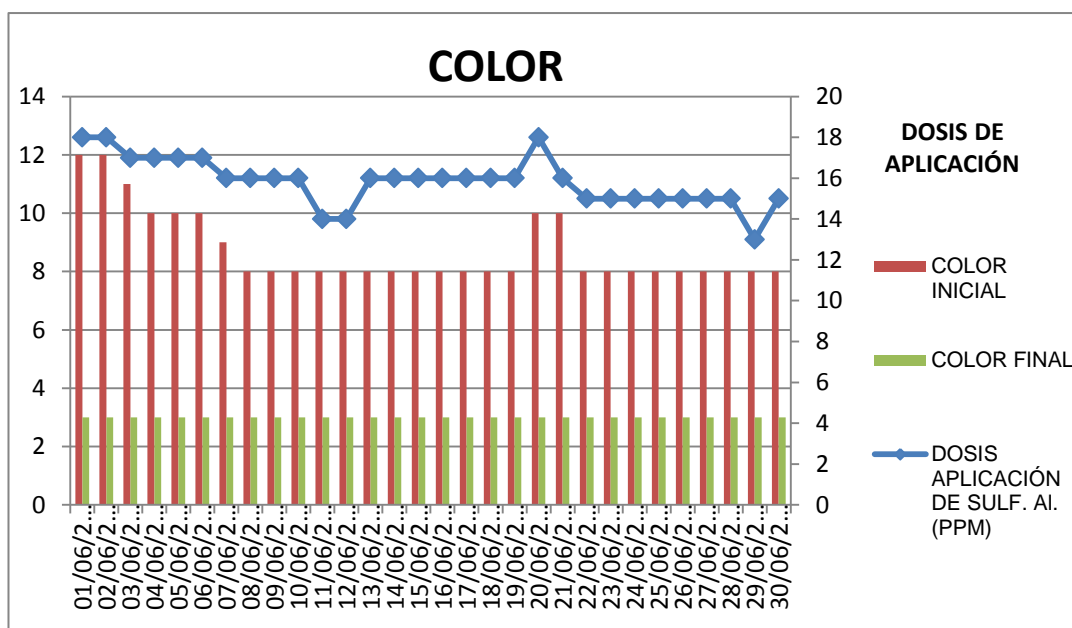
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 20.-COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.**



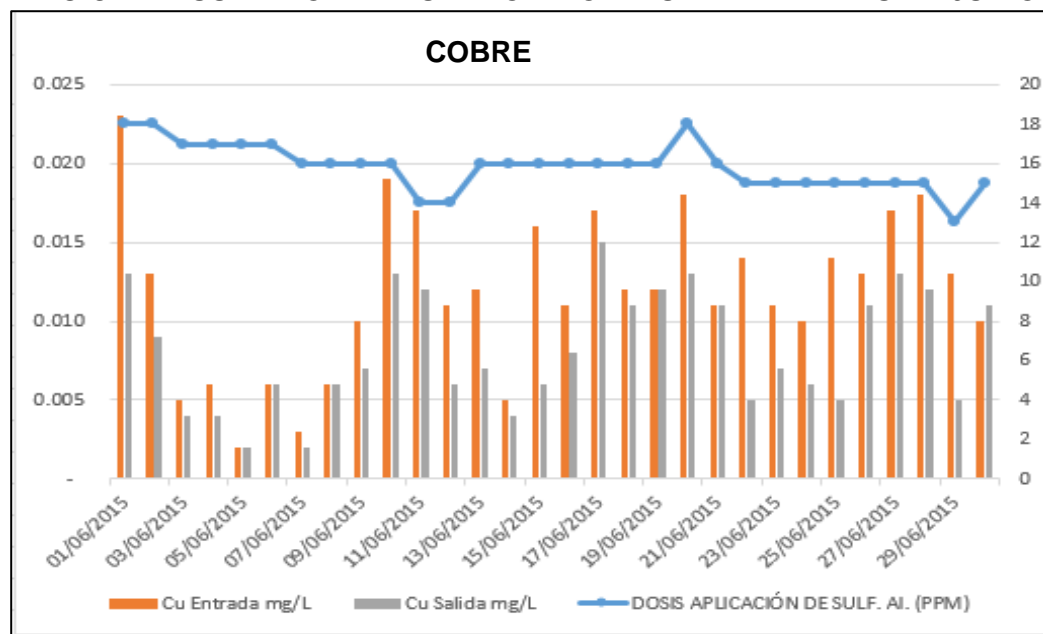
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 21.-COMPORTAMIENTO DEL COLOR ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO .**



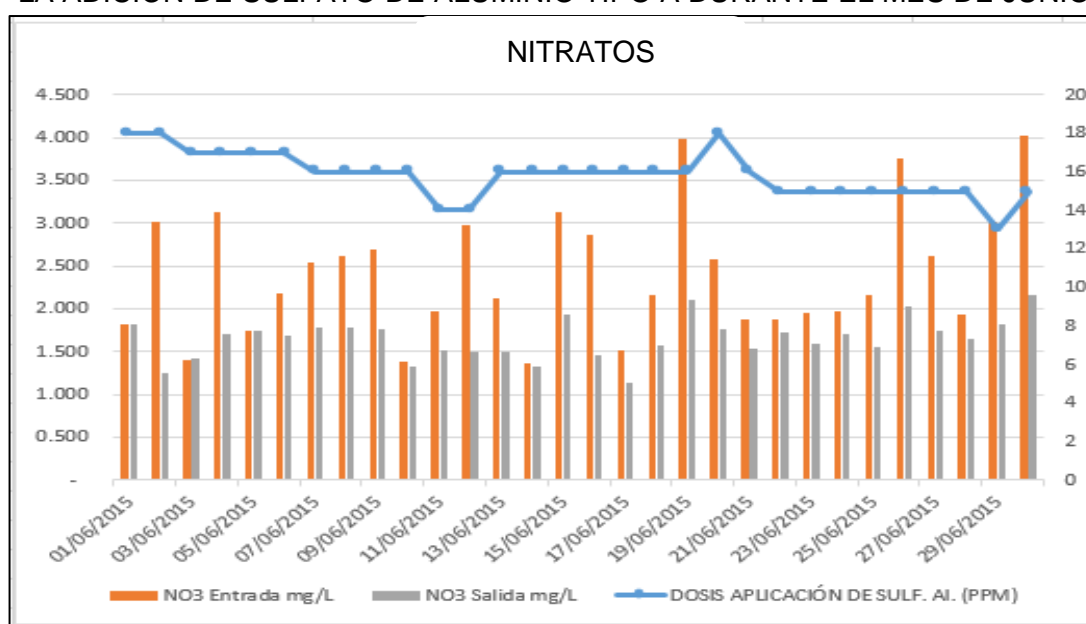
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 22.-COMPORTAMIENTO DEL COBRE ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**



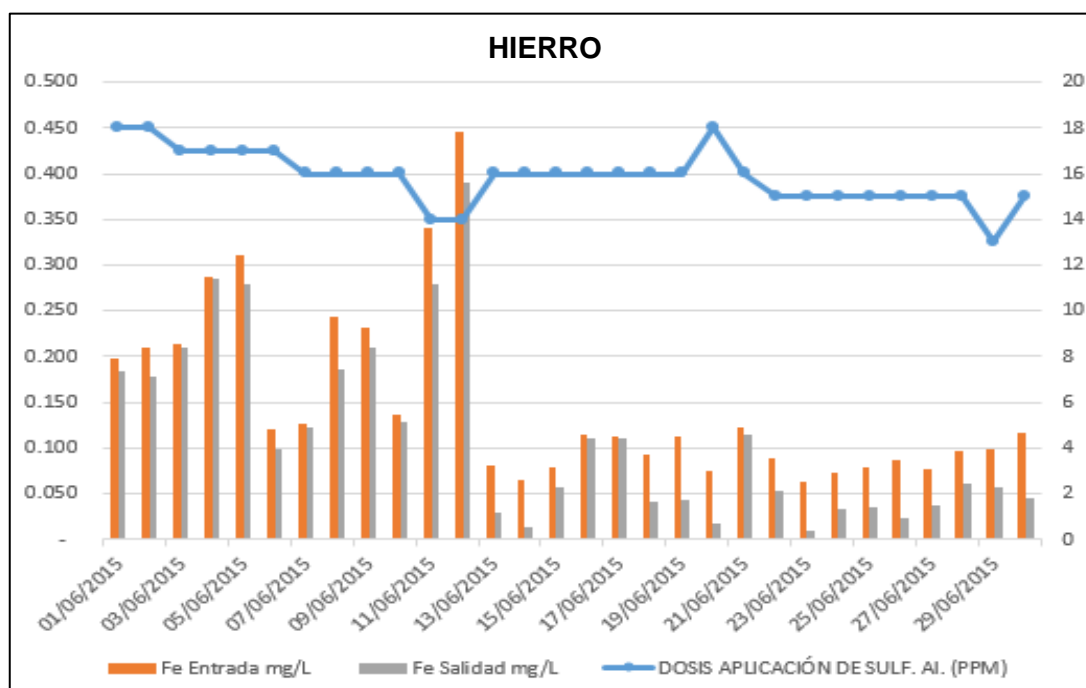
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 23.-COMPORTAMIENTO DE LOS NITRATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**



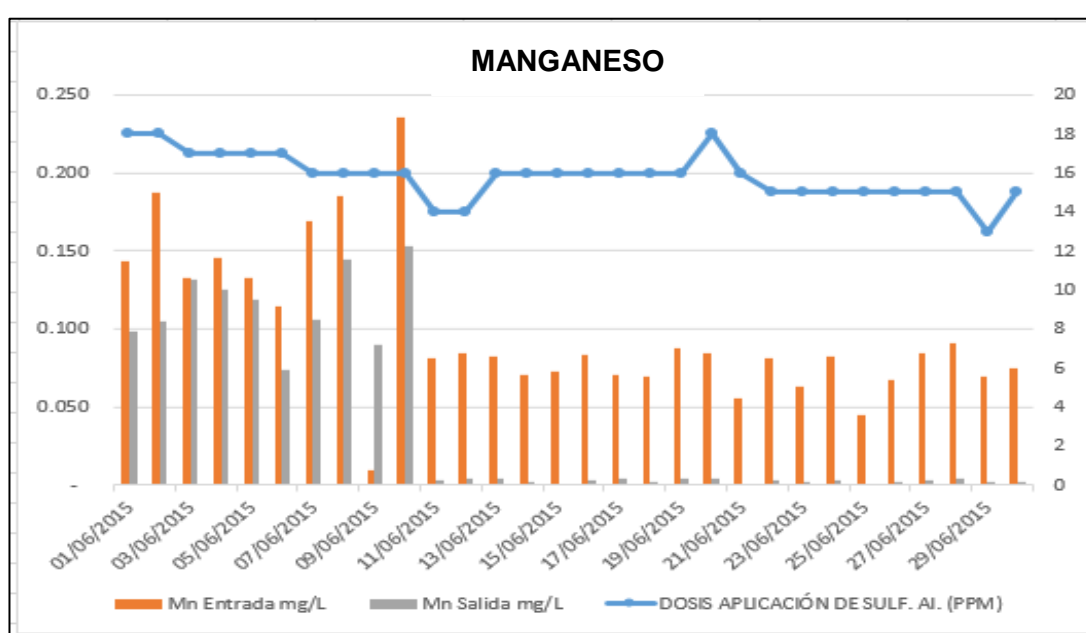
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 24.-COMPORTAMIENTO DEL HIERRO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO.**



**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

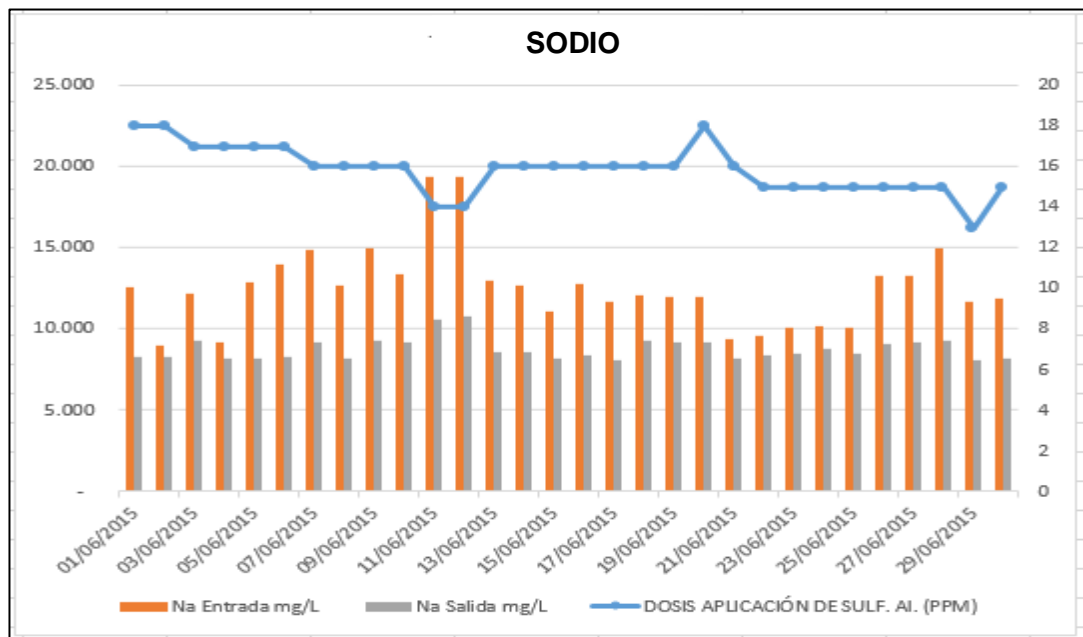
**FIGURA 25.-COMPORTAMIENTO DEL MANGANESO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**





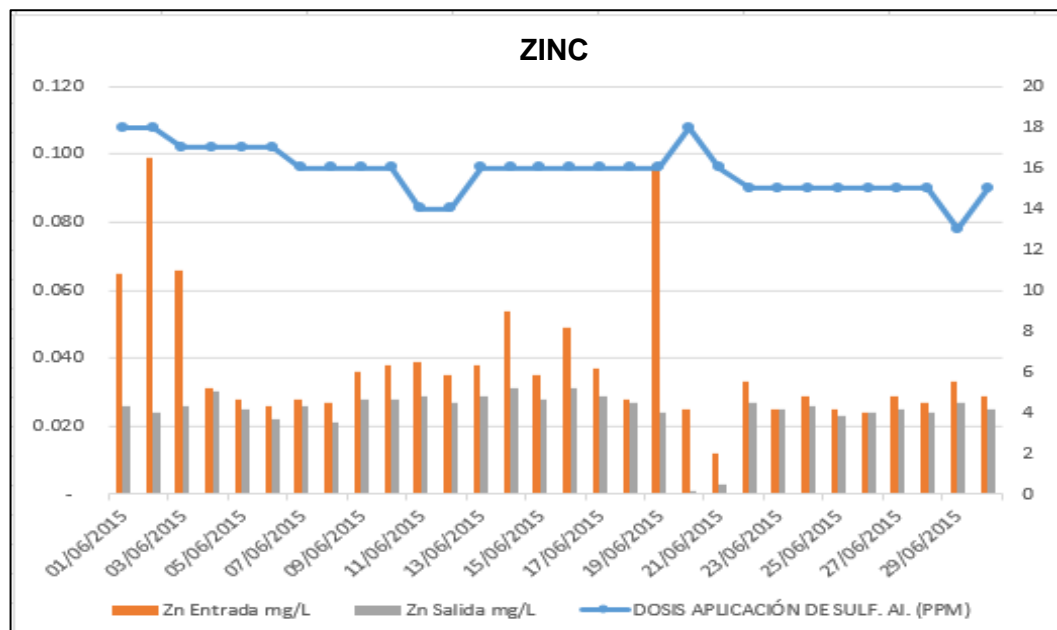
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 26.-COMPORTAMIENTO DEL SODIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**



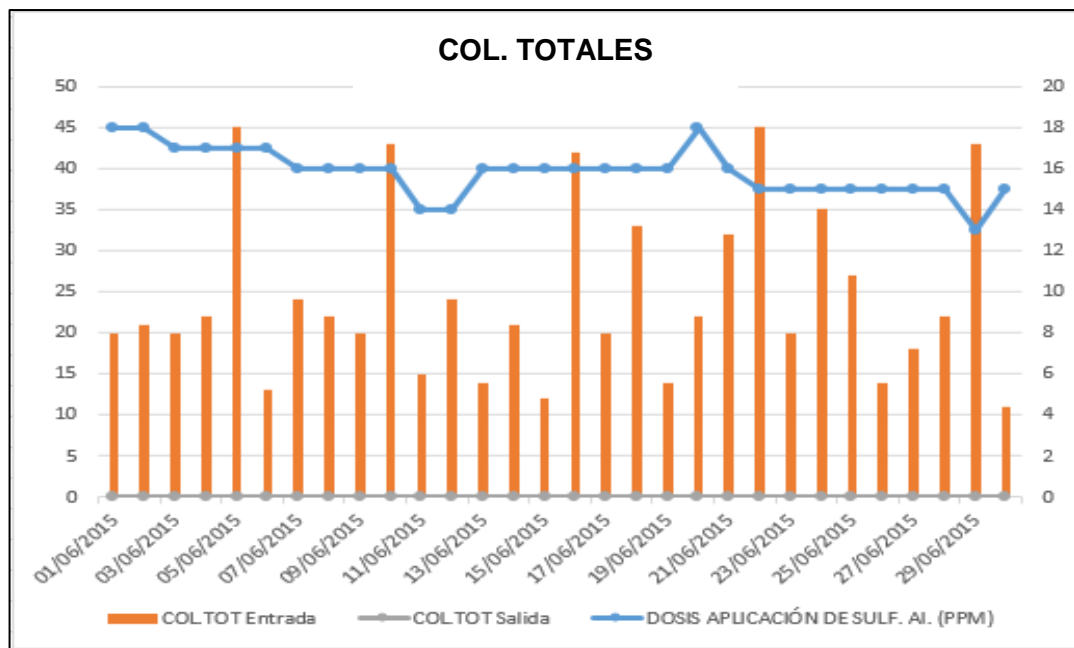
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 27.-COMPORTAMIENTO DE LOS ZINC ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**



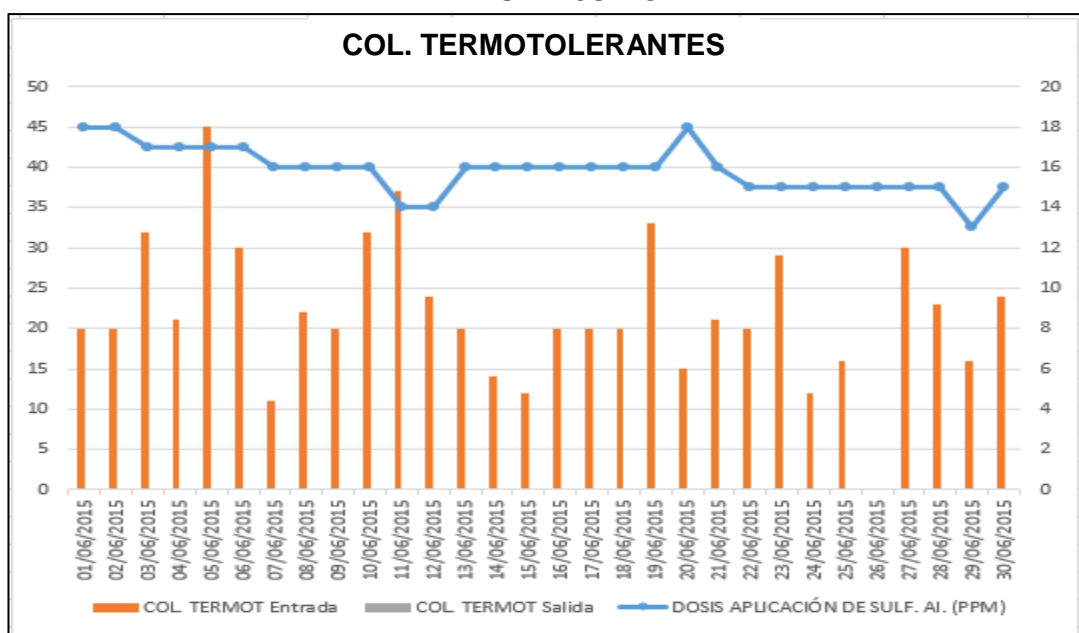
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 28.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TOTALES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**



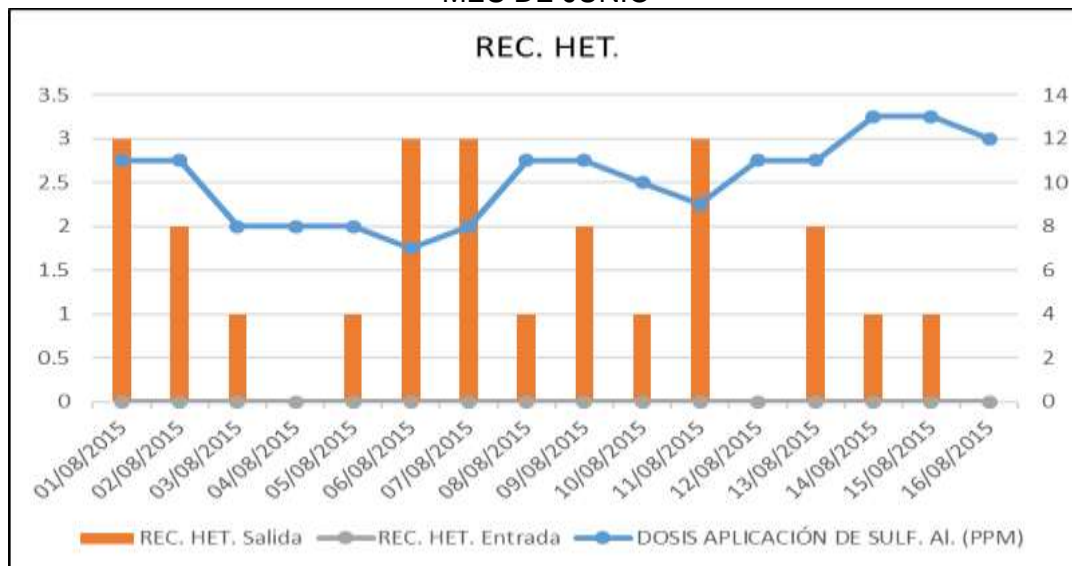
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 29.-COMPORTAMIENTO DEL COL. TERMOTOLERANTES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 30.-COMPORTAMIENTO DEL REC.HETEROTROFICO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JUNIO**

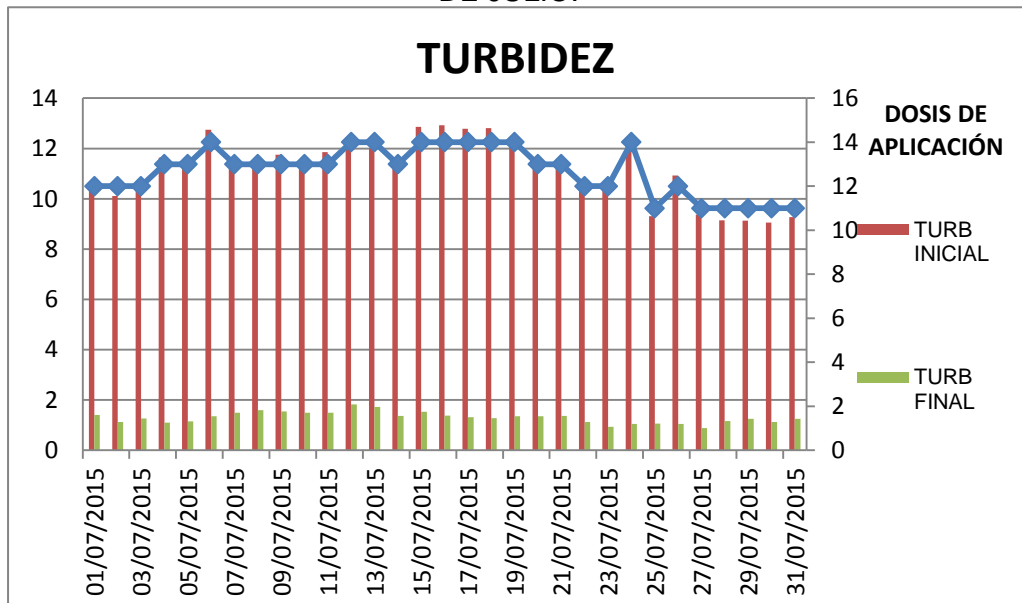


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## b) MES DE JULIO:

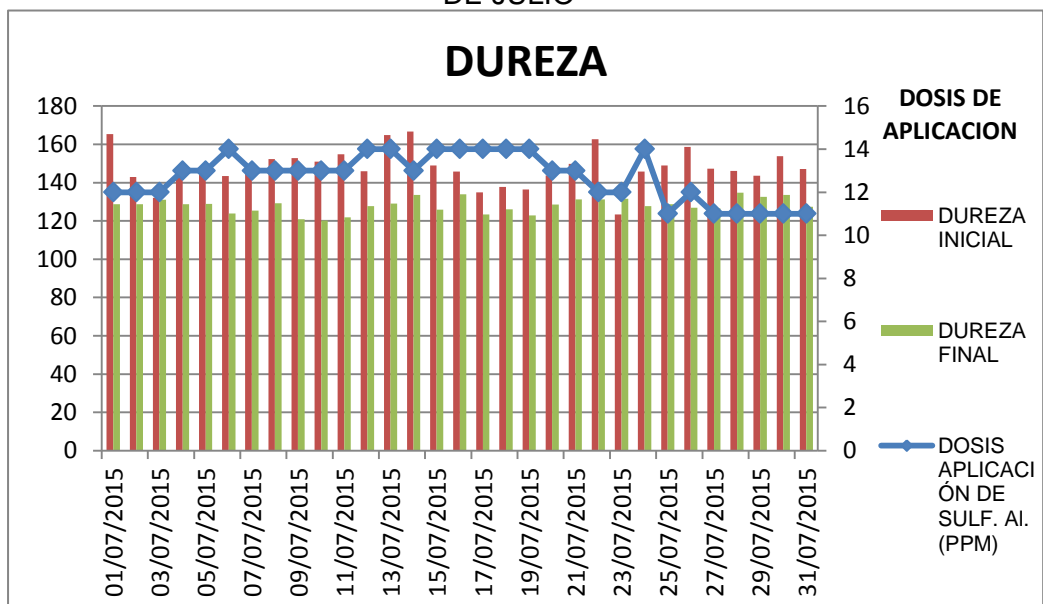
**FIGURA 31.-COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES**

DE JULIO.



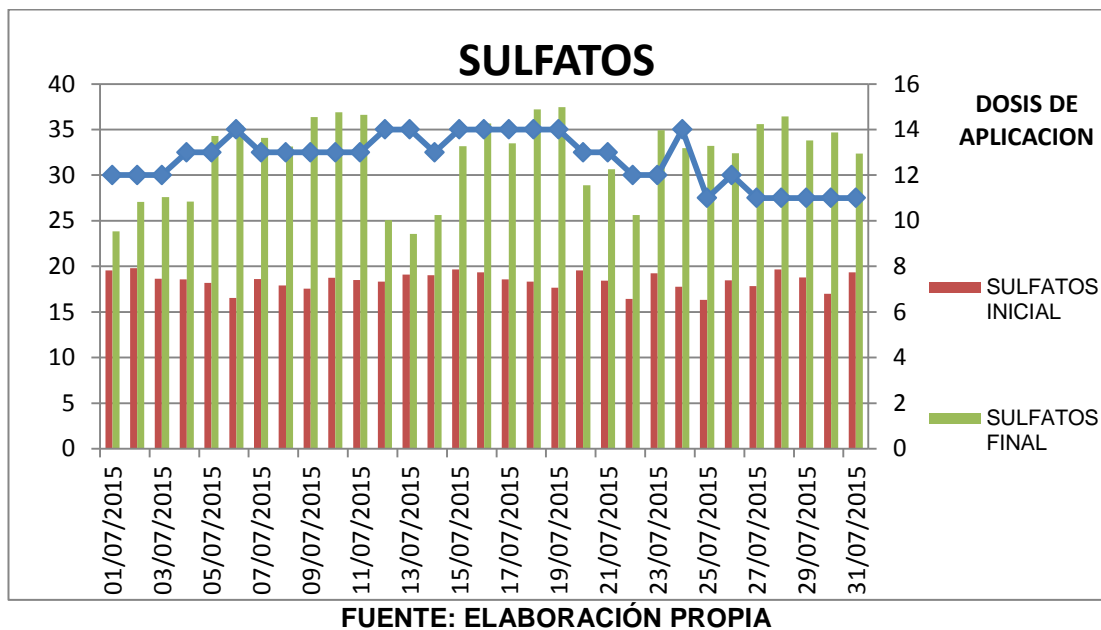
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 32.-COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO**

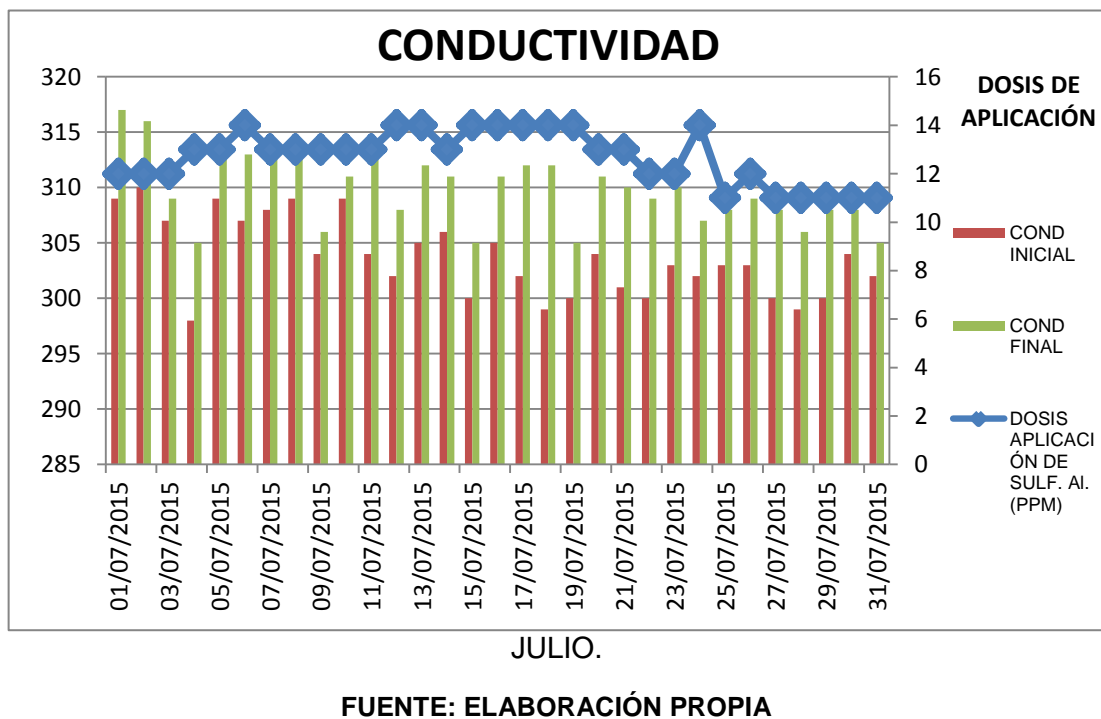


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

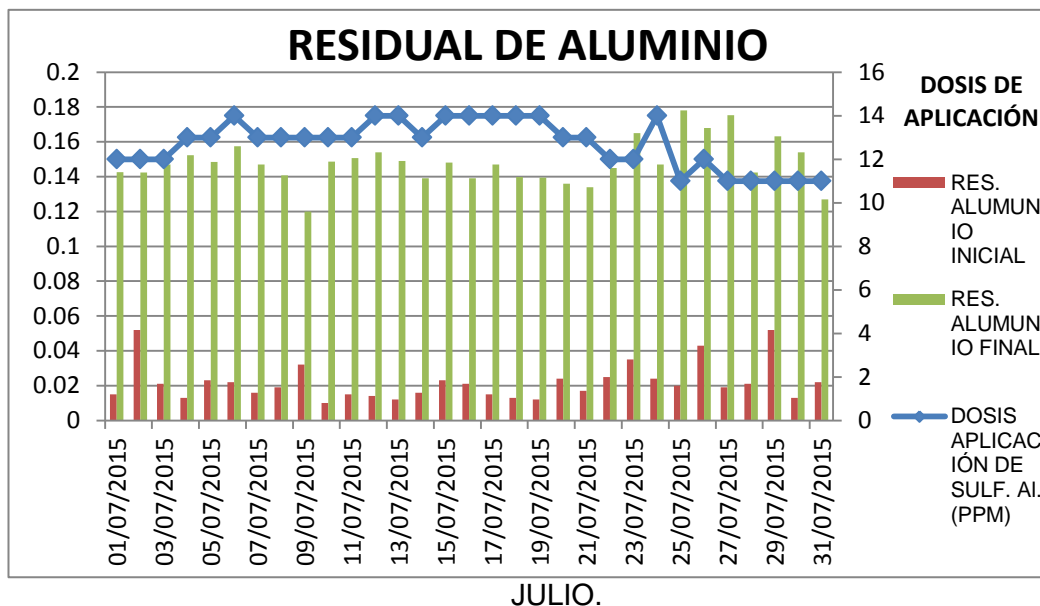
**FIGURA 33.-COMPORTAMIENTO DE LOS SULFATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO**



**FIGURA 34.-COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**

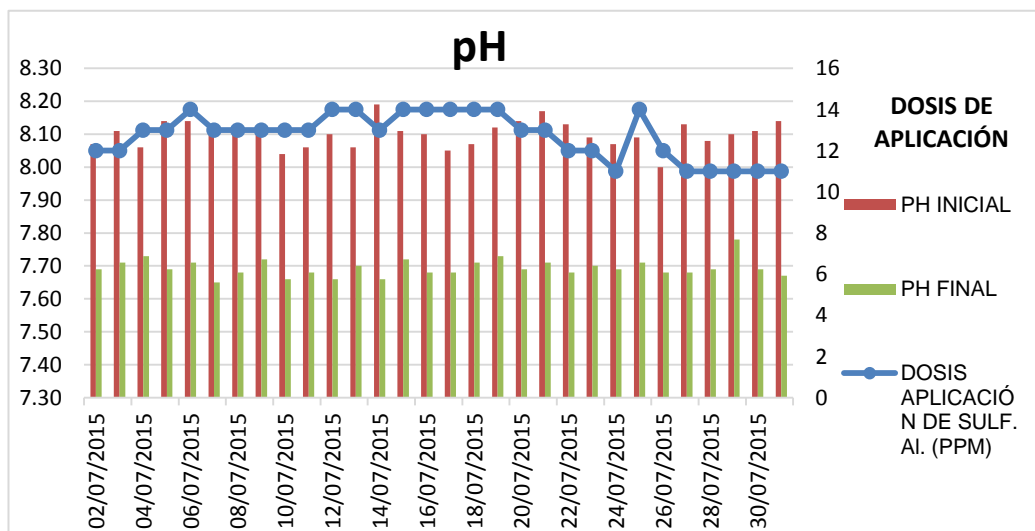


**FIGURA 35.-COMPORTAMIENTO DEL RES. DE ALUMINIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

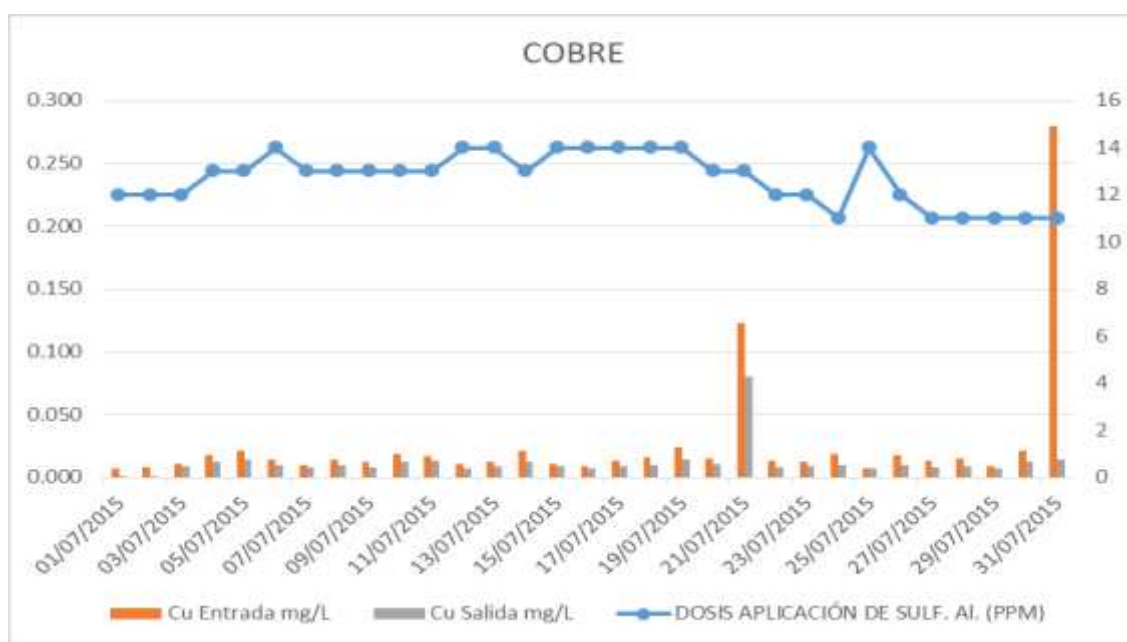
**FIGURA 36.-COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN**



DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

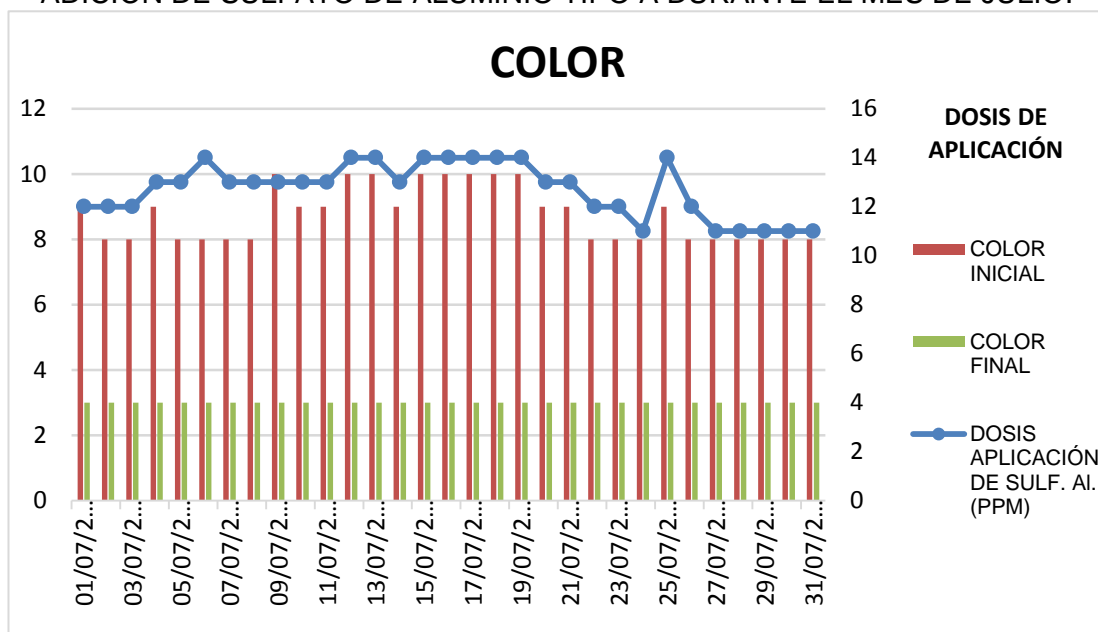
**FIGURA 37.-COMPORTAMIENTO DEL COLOR ANTES Y DESPUÉS DE LA**



ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.

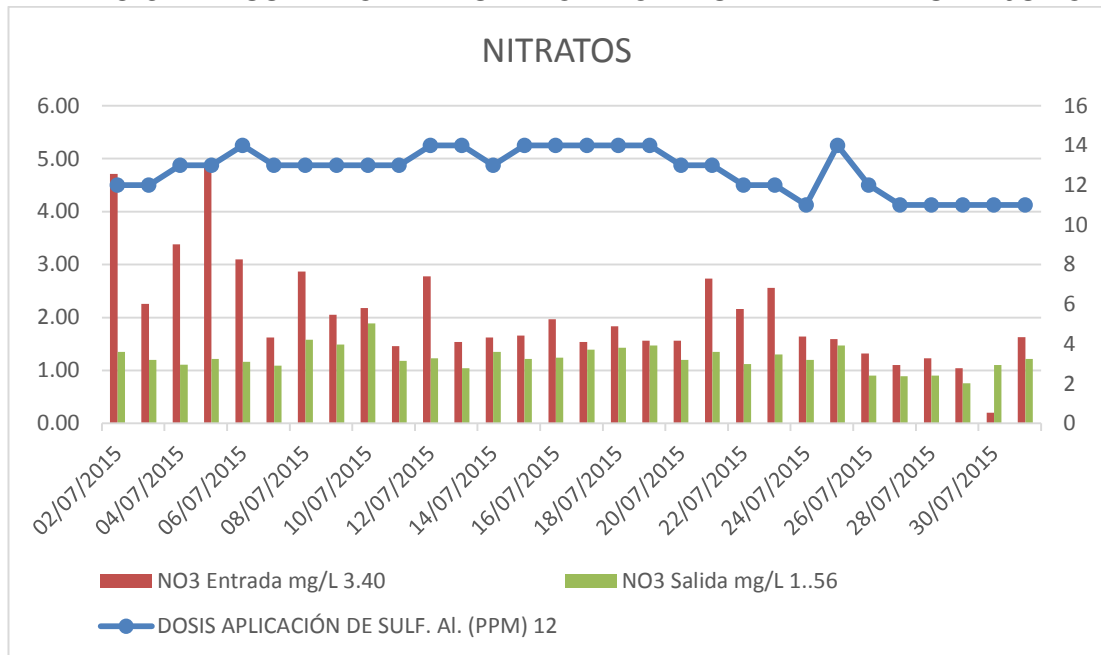
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 38.-COMPORTAMIENTO DEL COBRE ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.**



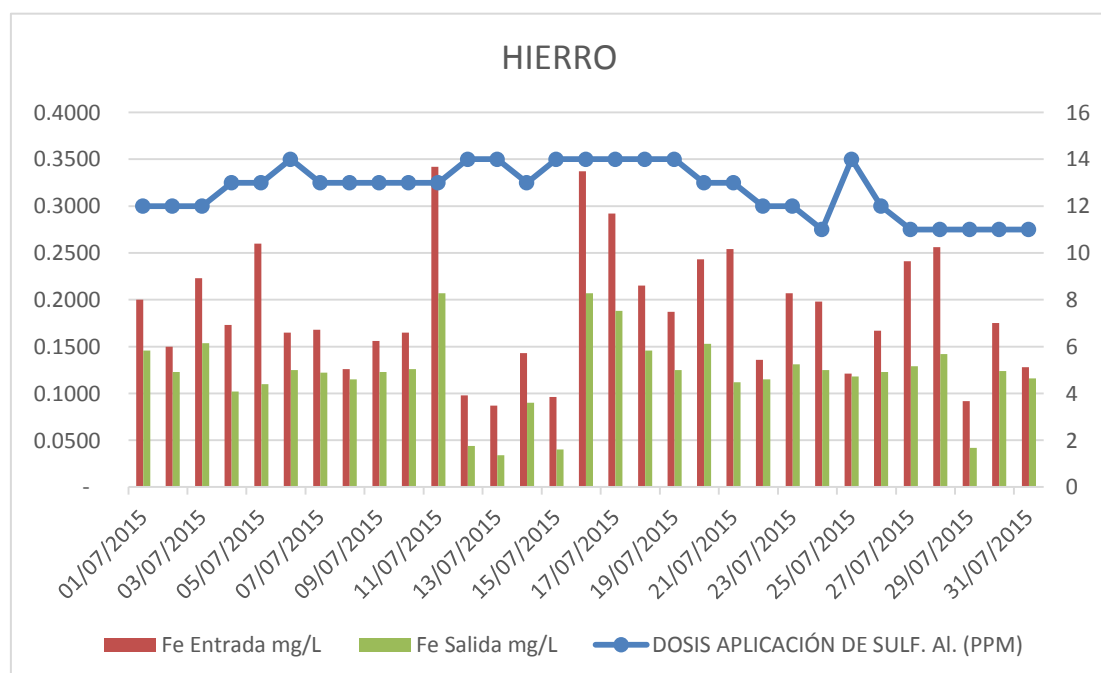
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 39.-COMPORTAMIENTO DE LOS NITRATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 40.-COMPORTAMIENTO DEL HIERRO ANTES Y DESPUÉS DE LA**

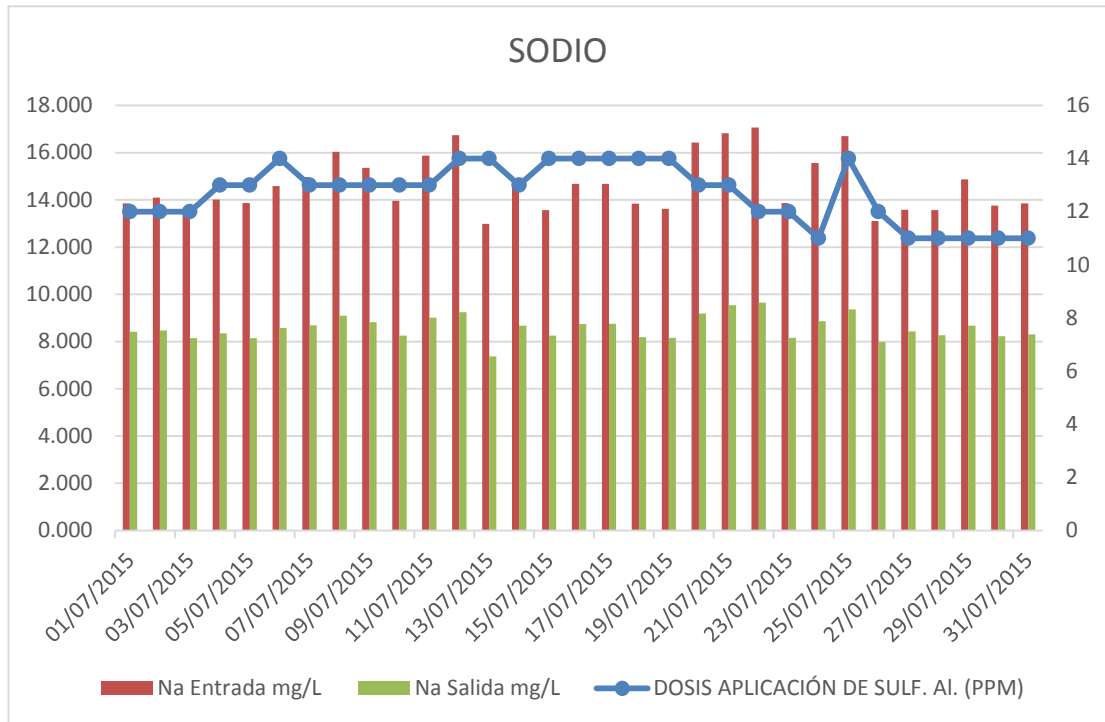




ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

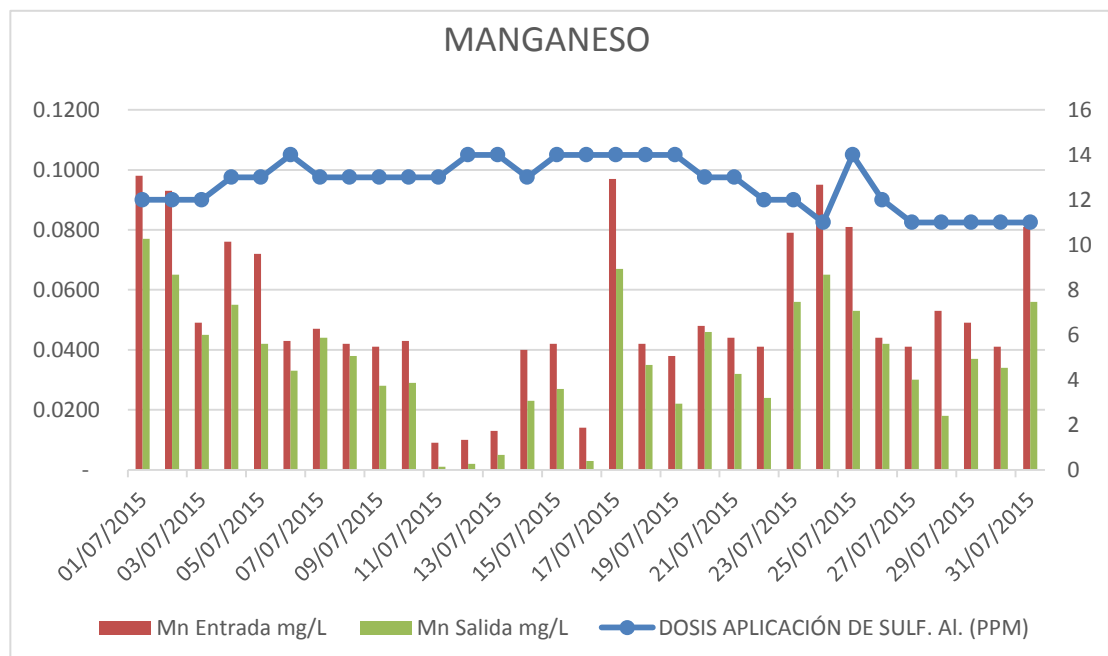
FIGURA 41.-COMPORTAMIENTO DEL SODIO ANTES Y DESPUÉS DE LA



ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

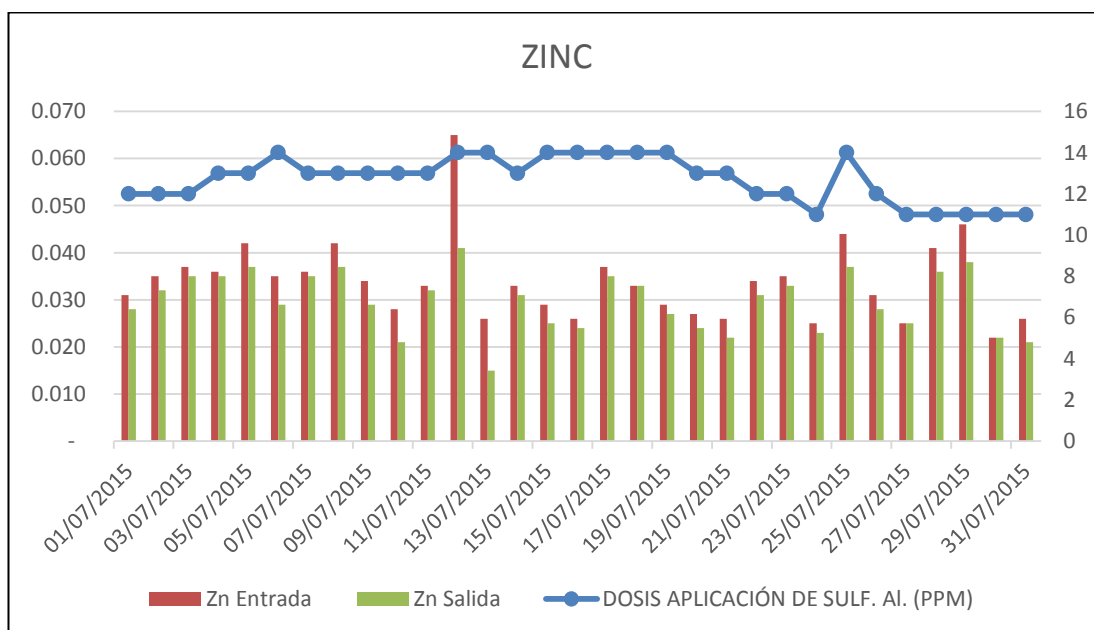
FIGURA 42.-COMPORTAMIENTO DEL MANGANESO ANTES Y DESPUÉS DE LA



ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.

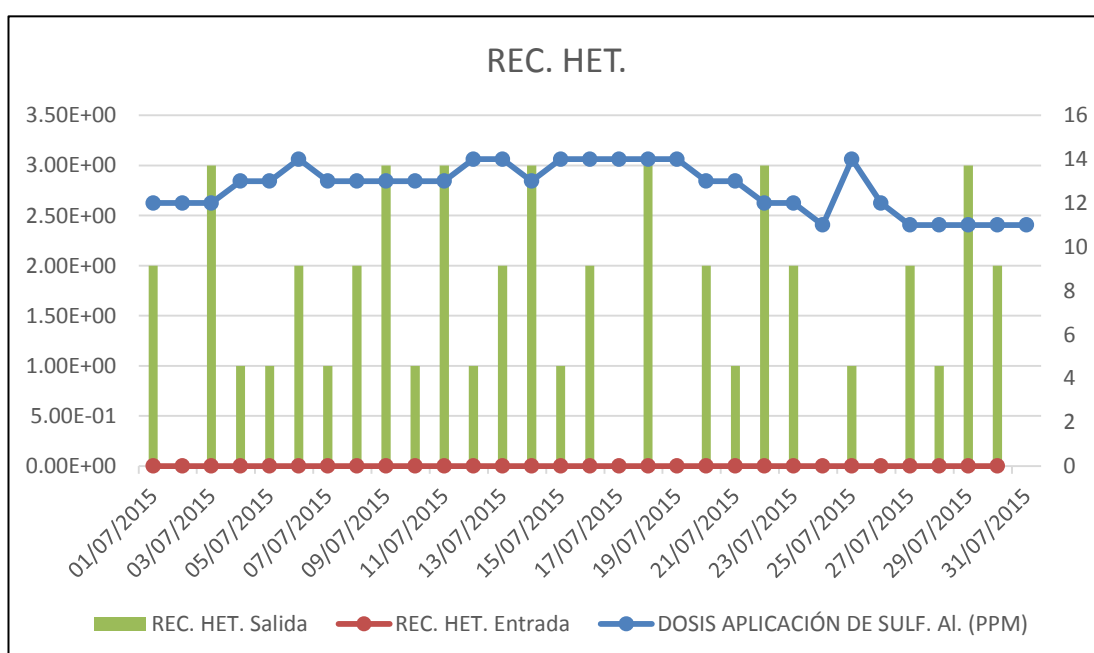
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 43.-COMPORTAMIENTO DEL ZINC ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

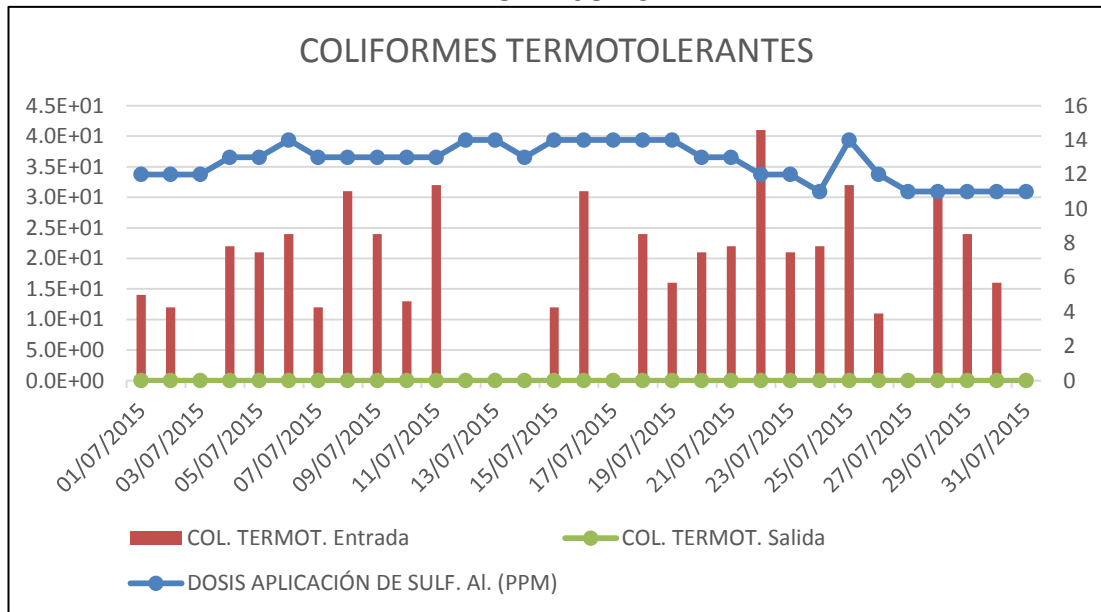
**FIGURA 44.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TOTALES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



JULIO.

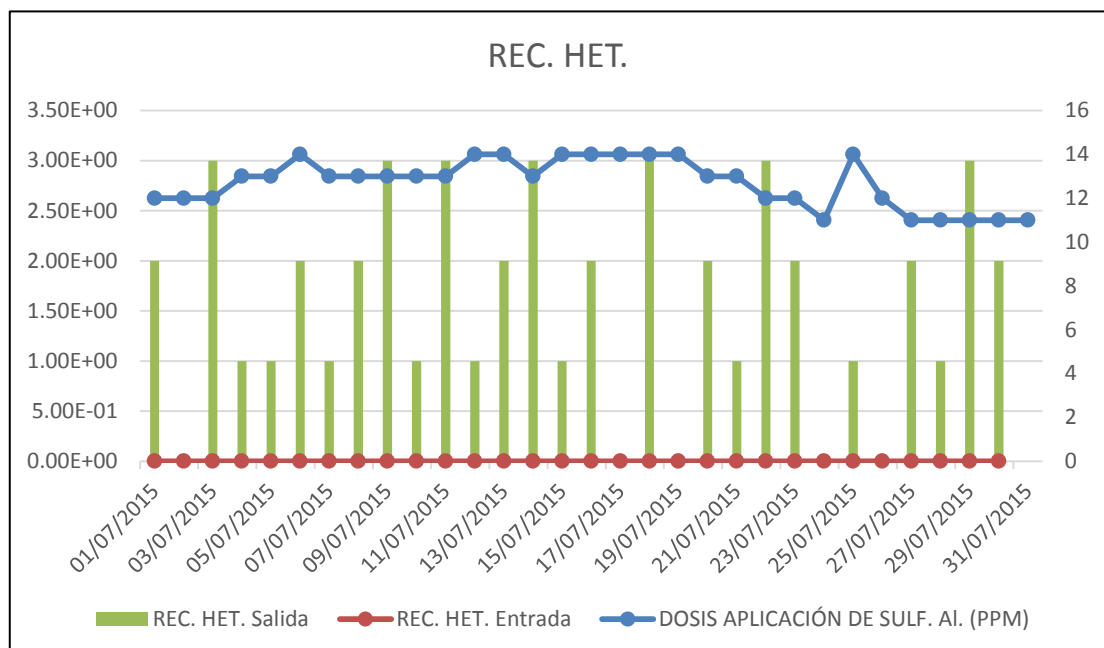
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 45.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TERMOTOLERANTES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 46.-COMPORTAMIENTO DEL REC. HET. ANTES Y DESPUÉS DE LA**

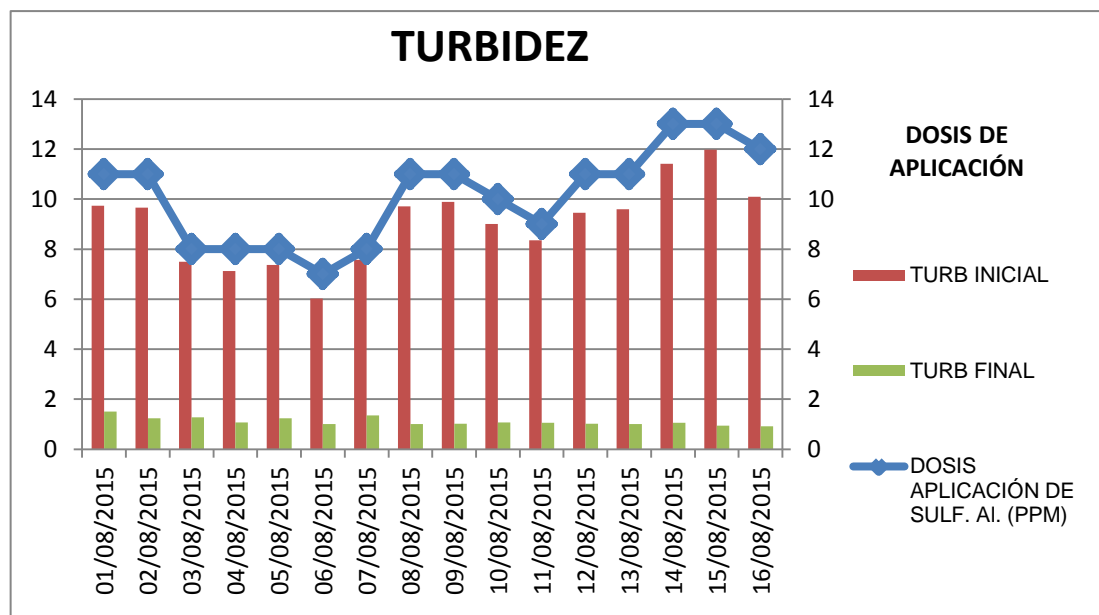


ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE JULIO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

c) MES DE AGOSTO:

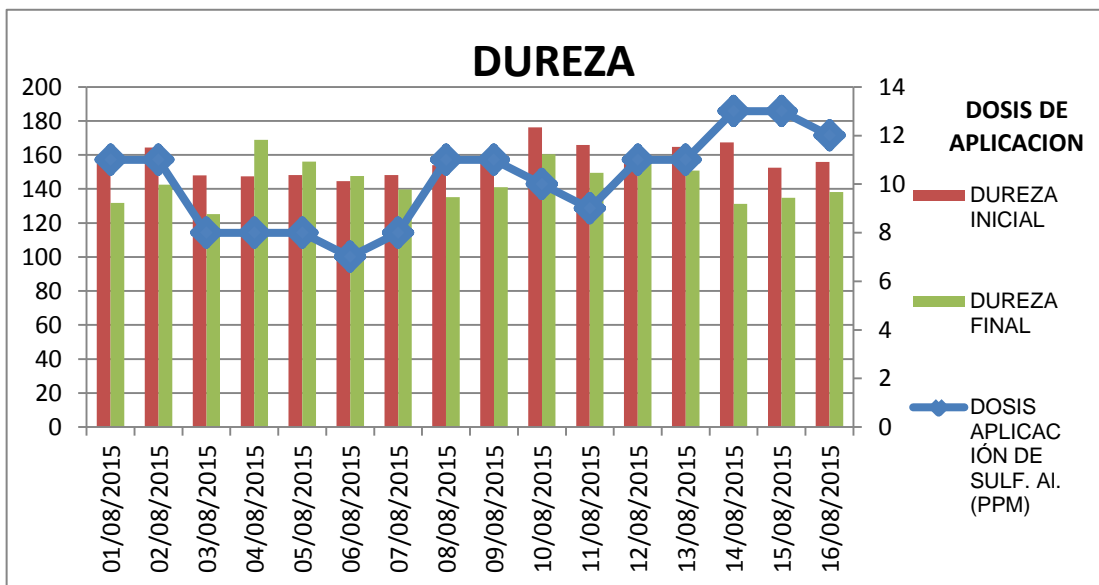
FIGURA 47.-COMPORTAMIENTO DE LA TURBIDEZ ANTES Y DESPUÉS DE LA



ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

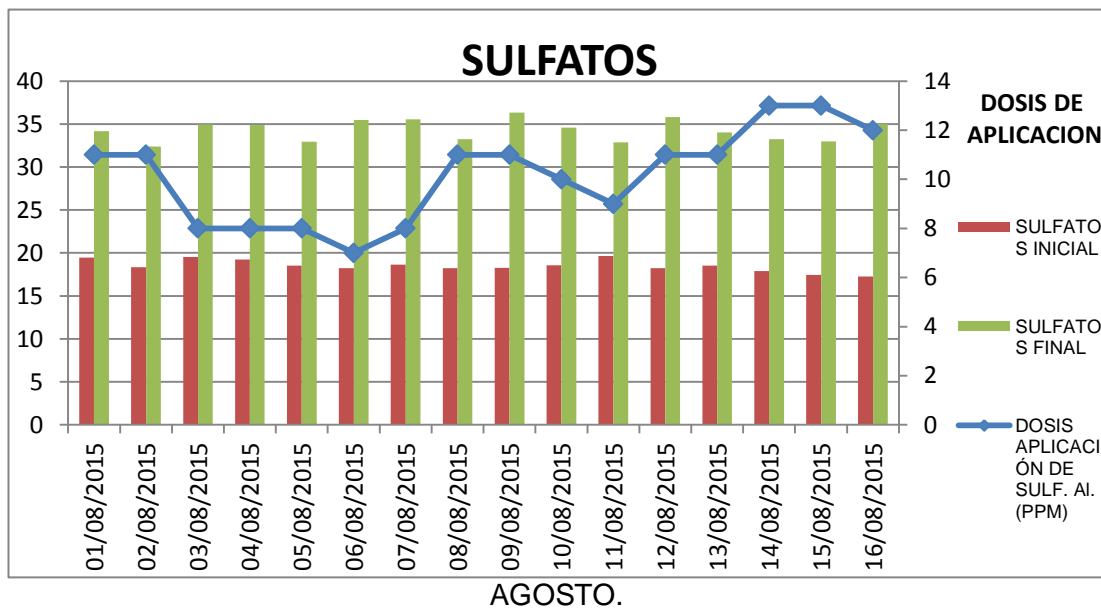
FIGURA 48.-COMPORTAMIENTO DE LA DUREZA ANTES Y DESPUÉS DE LA



ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.

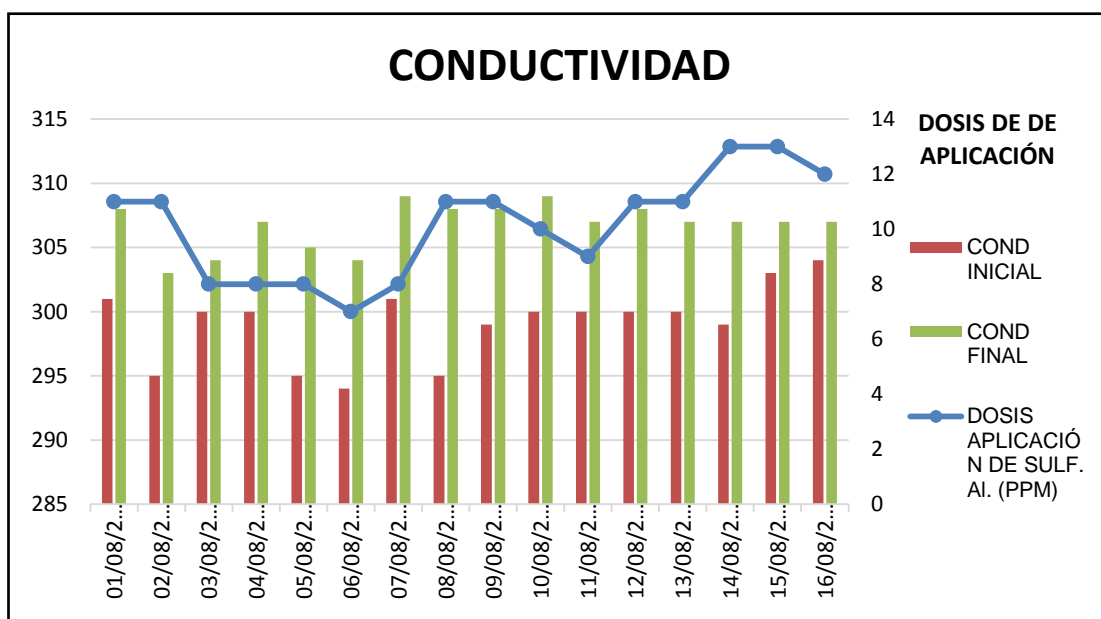
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 49.-COMPORTAMIENTO DE LOS SULFATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

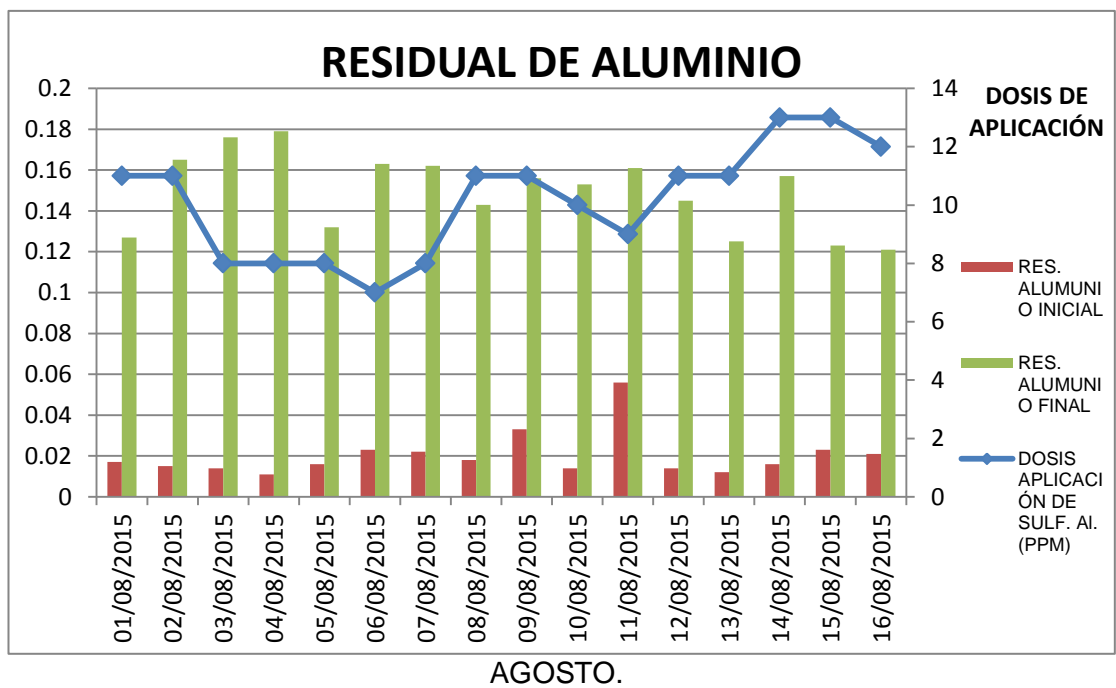
**FIGURA 50.-COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



AGOSTO.

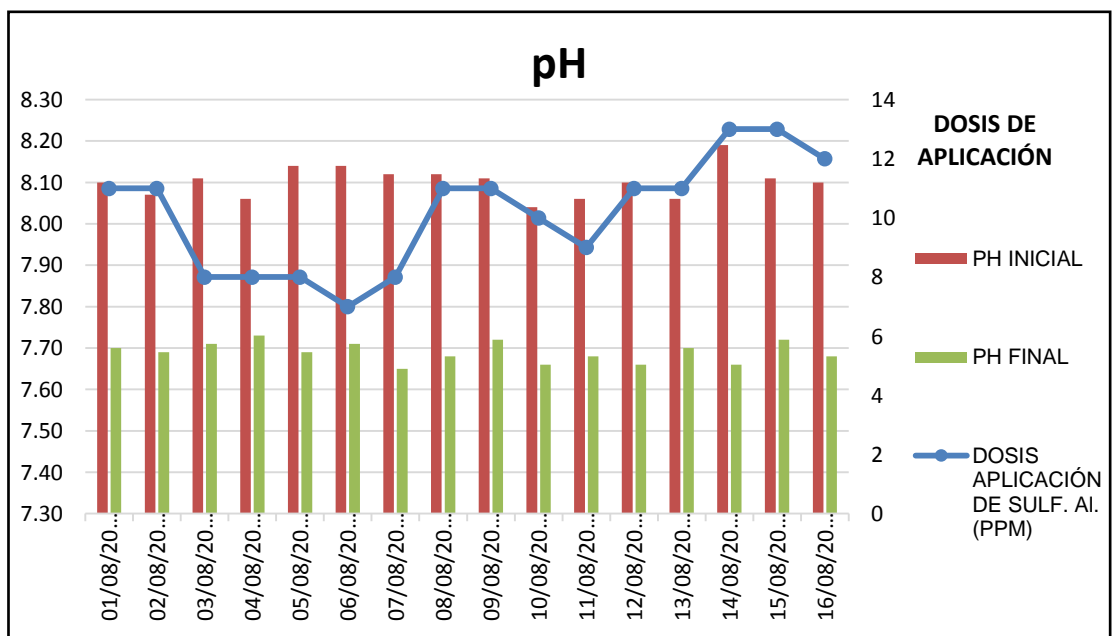
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 51.-COMPORTAMIENTO DEL RES. DE ALUMINIO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

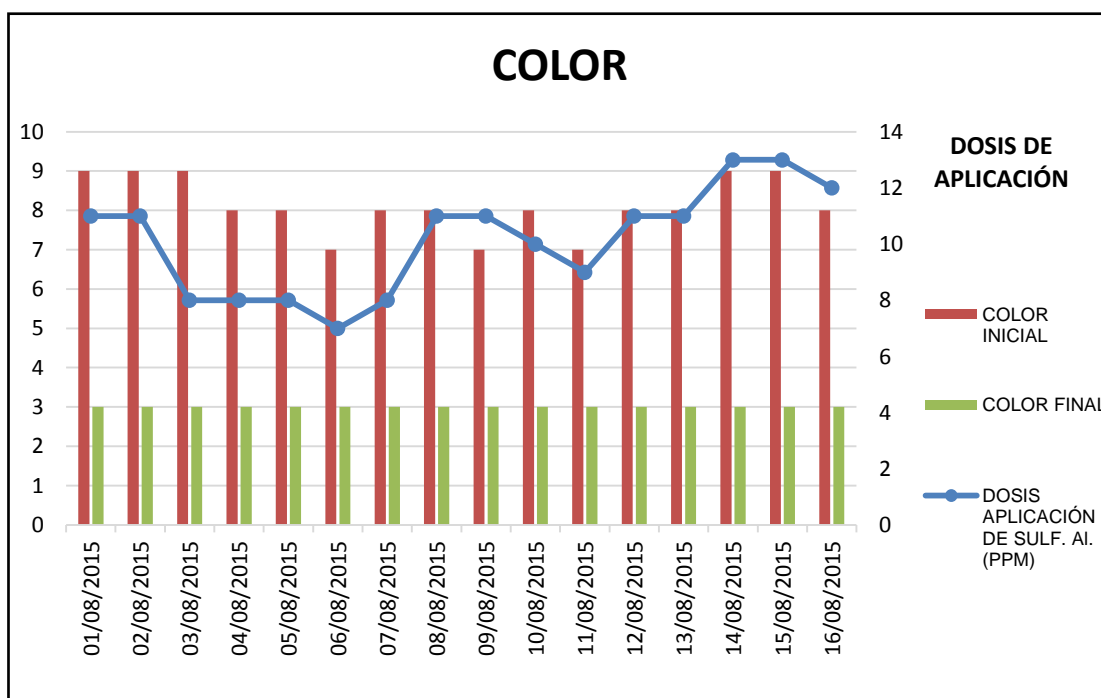
**FIGURA 52.-COMPORTAMIENTO DEL PH ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN**



DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

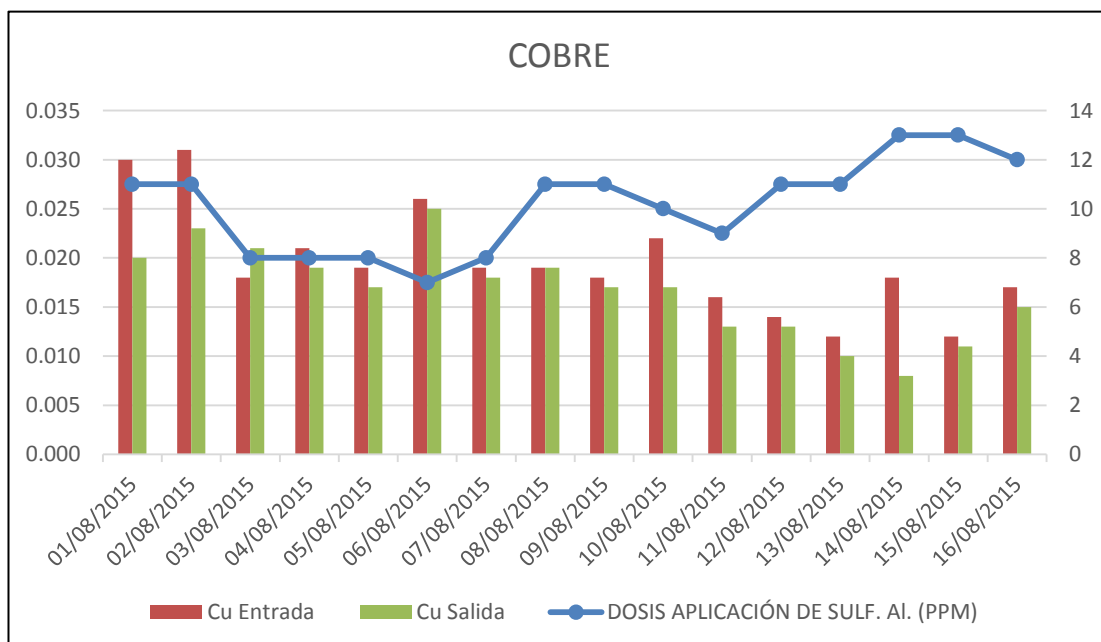
**FIGURA 53.-COMPORTAMIENTO DEL COLOR ANTES Y DESPUÉS DE LA**



ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

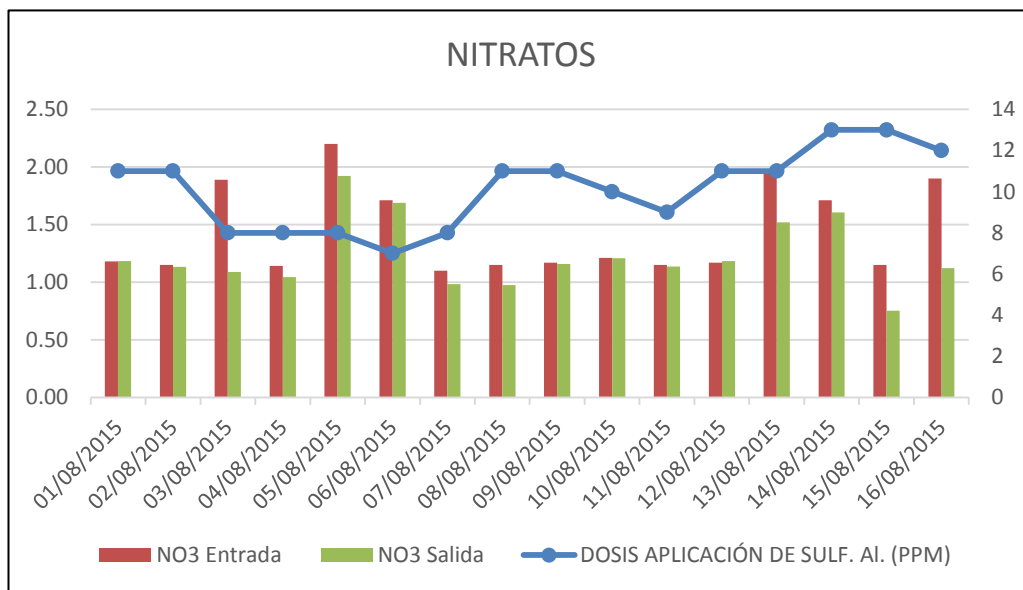
**FIGURA 54.-COMPORTAMIENTO DEL COBRE ANTES Y DESPUÉS DE LA**



ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

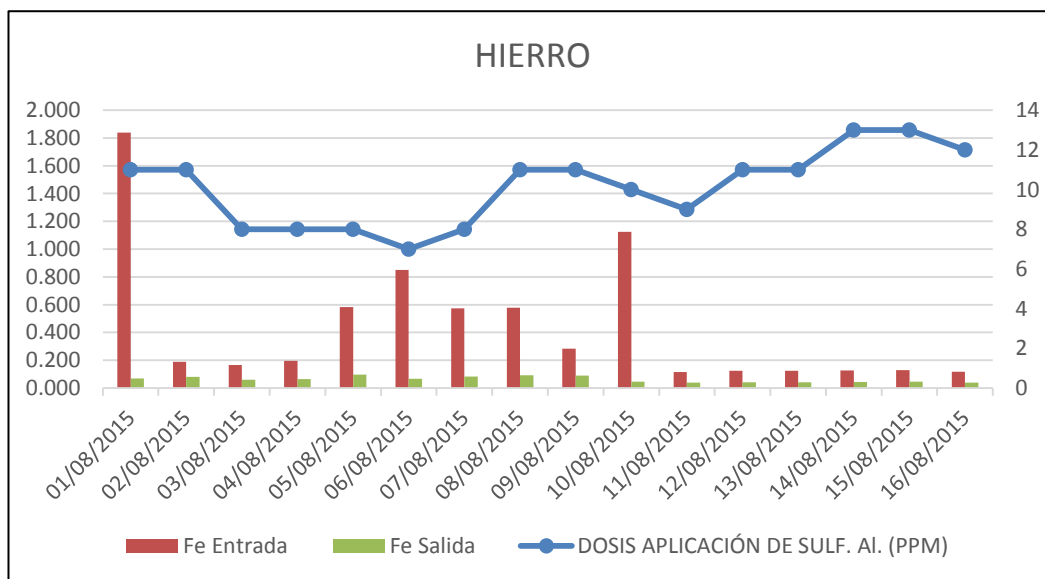
**FIGURA 55.-COMPORTAMIENTO DE LOS NITRATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



AGOSTO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 56.-COMPORTAMIENTO DEL HIERRO ANTES Y DESPUÉS DE LA**

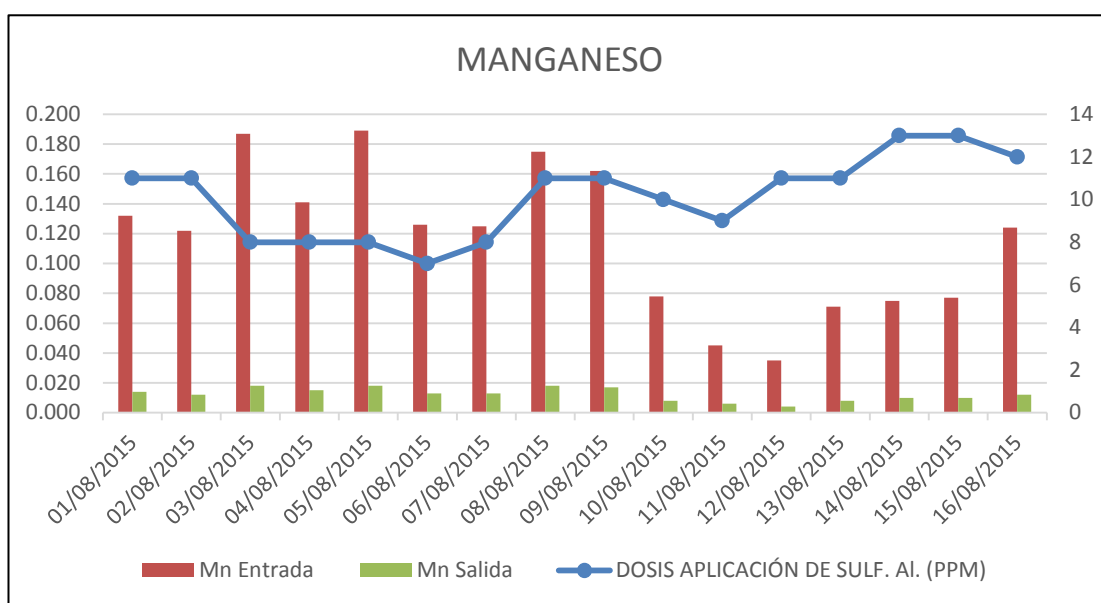




ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

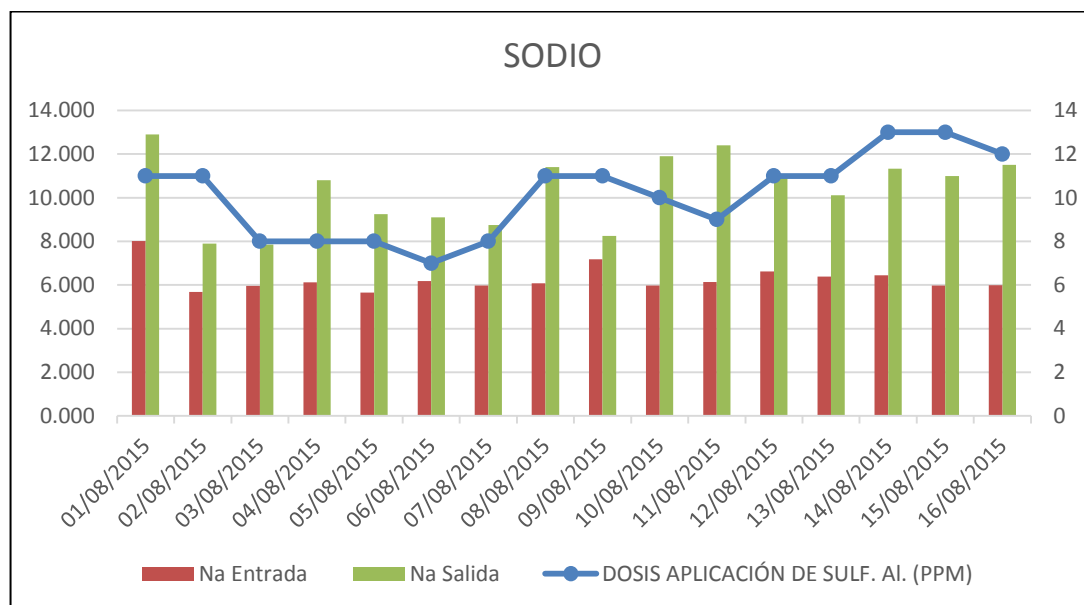
**FIGURA 57.-COMPORTAMIENTO DEL MANGANESO ANTES Y DESPUÉS DE LA**



ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.

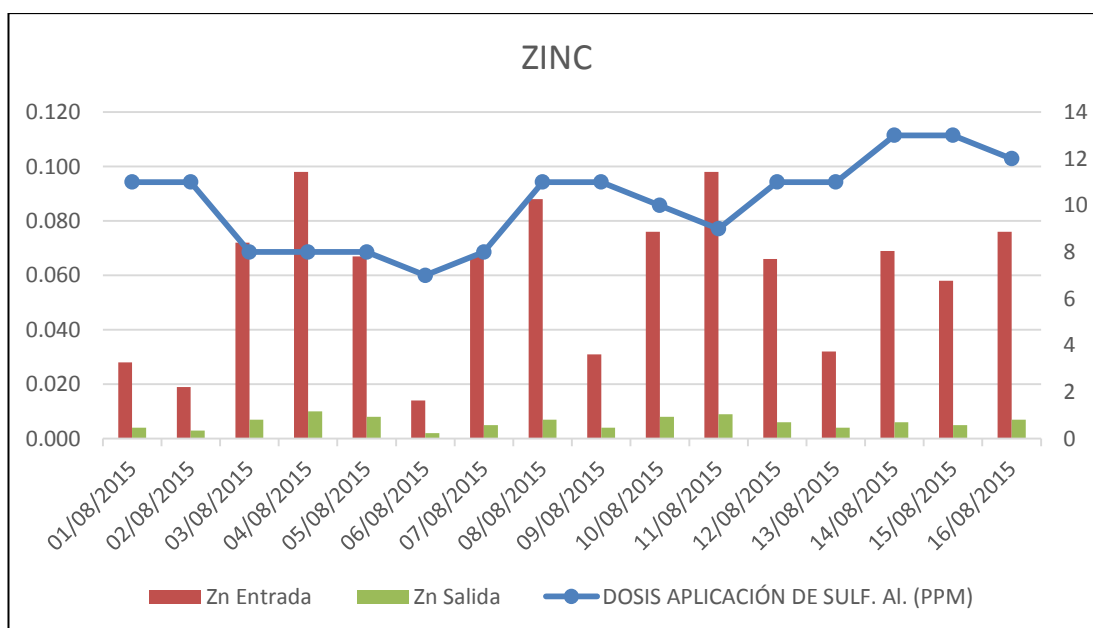
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA 58.-COMPORTAMIENTO DEL SODIO ANTES Y DESPUÉS DE LA**  
ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.



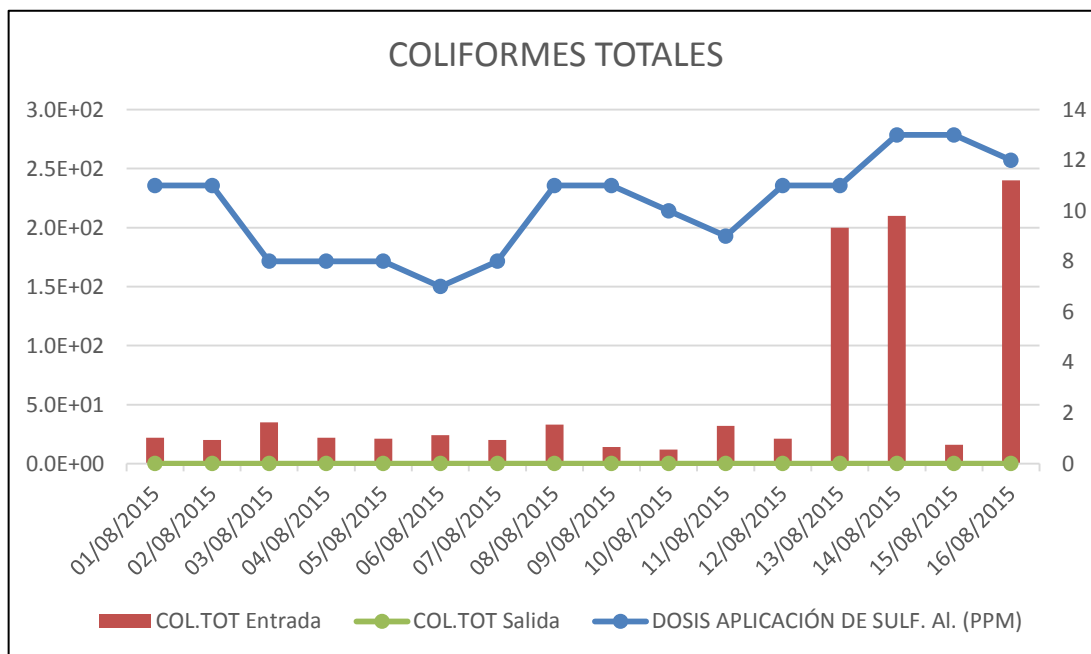
**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

**FIGURA 59.-COMPORTAMIENTO DEL ZINC ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.**



**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

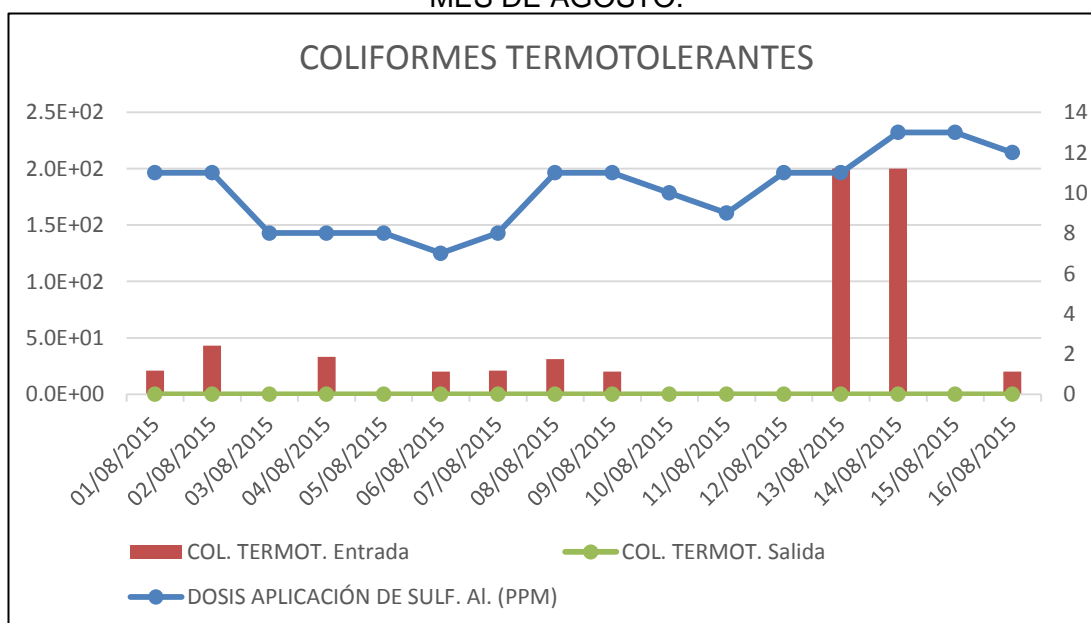
**FIGURA 60.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TOTALES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE**



**AGOSTO.**

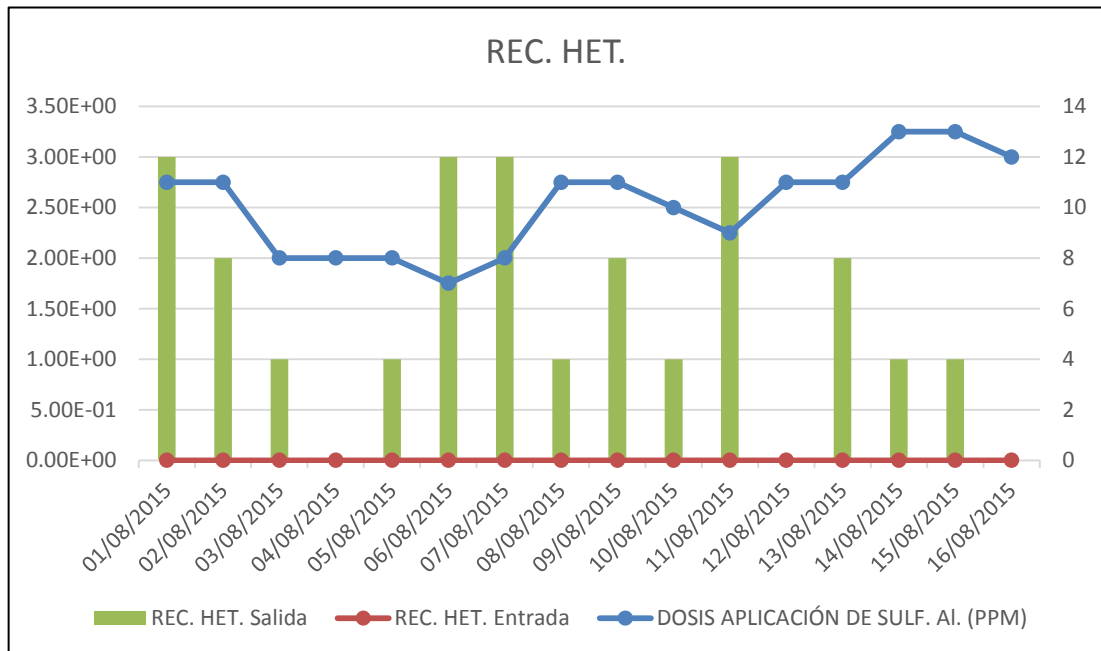
**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

**FIGURA 61.-COMPORTAMIENTO DE LAS COL. TERMOTOLERANTES ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.**



**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

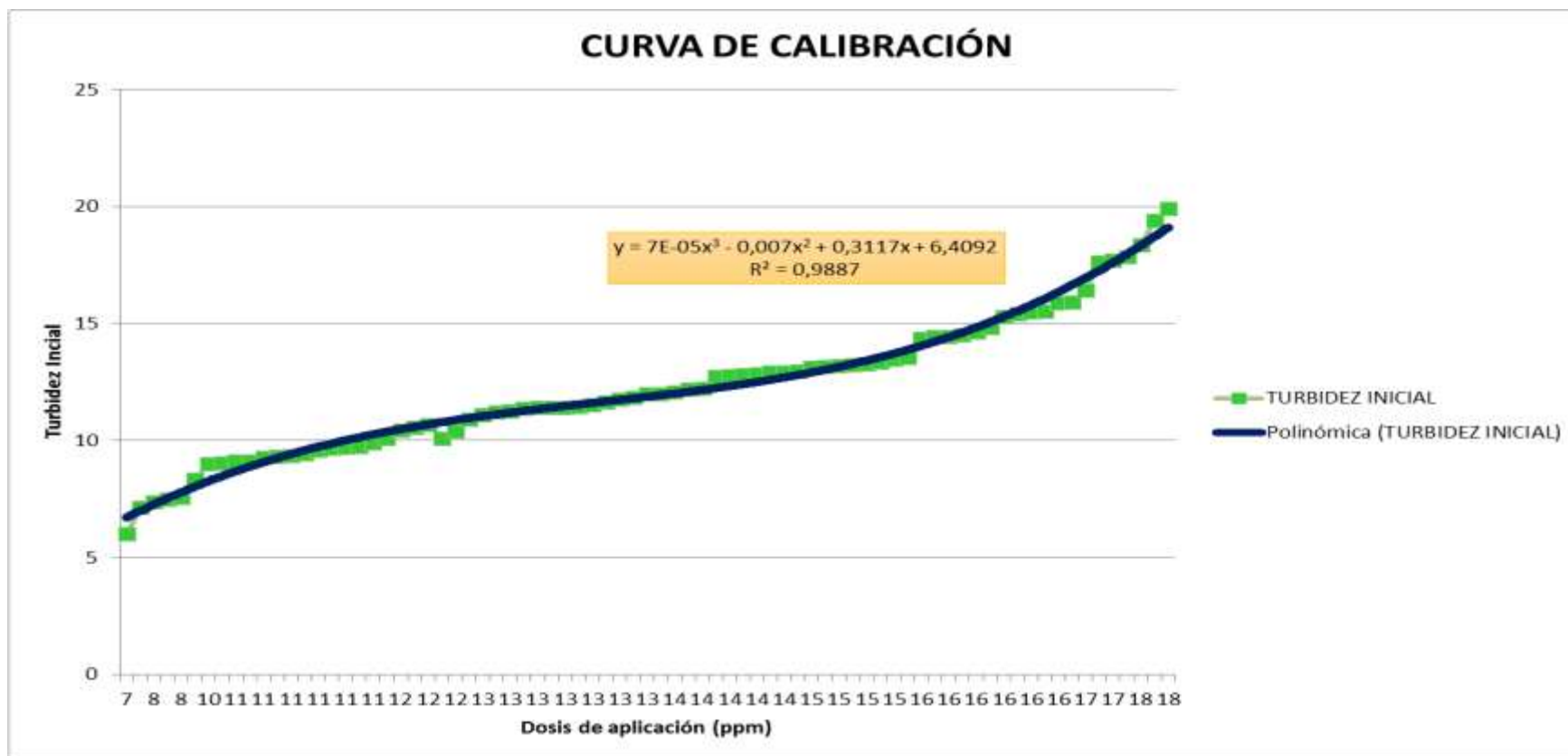
**FIGURA 62.-COMPORTAMIENTO DEL REC. HET. ANTES Y DESPUÉS DE LA**



**ADICIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO TIPO A DURANTE EL MES DE AGOSTO.**

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

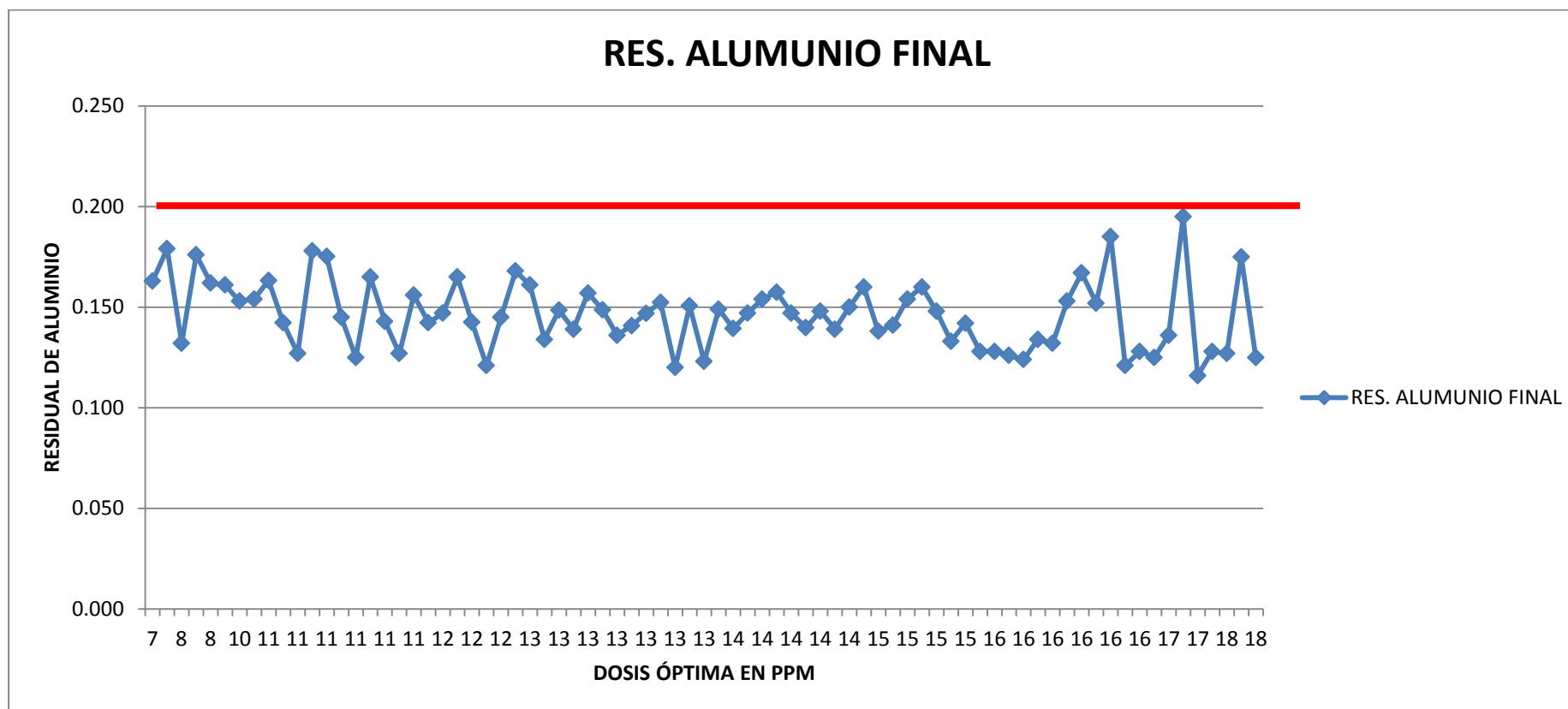
d) CURVA DE CALIBRACIÓN:



**FIGURA 63.-CURVA DE CALIBRACIÓN CON LAS DOSIS OPTIMAS DE LOS MESES DE JUNIO, JULIO, AGOSTO.**

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

F 8 A 64.-RESIDUAL DE ALUMINIO DESPUES DEL TRTAMIENTO CON SULFATO DE ALUMINIO TIPO A EN LOS ME  
JUNIO, JULIO Y AGOSTO.



**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

# **CAPITULO IV**



## 4.DISCUSIONES:

Según el análisis de regresión numérica, se elaboró el método de control con ayuda de una curva de calibración en la figura 63, que permitió determinar la dosis óptima de sulfato de aluminio tipo A, dentro del rango de turbidez inicial entre 6 NTU y 20 NTU; como se muestra en la figura 24, la misma que fue corroborada y supervisada por el personal del laboratorio de físico- química la empresa EPSEL S.A de CHICLAYO.

Como se observa figura 25 los puntos críticos son 0.195; 0.185 y 0.175 de residual de aluminio los cuales son los cercanos al límite máximo permisible establecido por el DS 031-2010 S.A propuesto por el MINAN, los mismos que corresponden a una turbidez de 17.63; 15.48; 19.42 respectivamente, esto indica que cuando se tenga una turbidez entre 17.6 y 17.7; 15.4 y 15.5; 19.4 y 19.7 se tiene que realizar un ajuste en la curva, utilizando el método numérico.

Para la elaboración de la curva de calibración se determinó la dosis optima de sulfato de aluminio tipo A según la turbidez inicial; las mismas que se obtuvieron de los ensayos de pruebas de jarras de los meses de junio, julio y agosto, como lo muestran las tablas 9,10 y 11.

Al realizar un nuevo análisis de los parámetros después de la adición del sulfato de aluminio tipo A, se observa en las tablas 6, 7 y 8 que los valores han variado sin embargo no exceden los límites máximos permisibles para el consumo humano propuestos por el MINAN según el D.S. N° 031-2010-SA.

# **CAPITULOV**

## **5.CONCLUSIONES:**

Se evaluaron datos históricos de los meses de junio, julio y agosto del año 2014, para demostrar que el agua cruda que ingresa no presenta excesiva variación con el respecto al año 2015.

Se compararon los datos históricos de los análisis de turbidez, dureza, conductividad, pH y dosis de sulfato de aluminio tipo A, con los análisis realizados en el año 2015, con la finalidad de mostrar la relación directa de turbidez inicial con dosis de aplicación.

Se construyó una curva de calibración figura 63, la misma que servirá para determinar la dosis óptima del sulfato de aluminio tipo A, cuyos valores responden a un amplio rango de turbidez que va de 6 a 20 UNT para dosis de sulfato de aluminio entre 7 y 18 PPM, de esta manera se podrá dosificar sulfato de aluminio en una dosis precisa de acuerdo a la turbidez presentada.

Se evaluó la calidad del agua potable de la empresa EPSEL S.A CHICLAYO, después de aplicar la curva patrón, demostrando que no exceden los límites máximos permisibles propuestos por el MINAN, por lo tanto, el aporte del presente trabajo de investigación resulta ser de suma importancia.

# **CAPITULO VI**

## **6.RECOMENDACIONES**

Se debe registrar los análisis diarios de los ensayos de pruebas de jarras en los meses de verano para evaluar y elaborar una curva de calibración, para turbidez mayor a 20 UNT; debido a que en estos meses hay precipitaciones climáticas.

Es necesario realizar un ajuste numérico a la curva en los datos 6 y 7; 17.6 y 17.7; 15.4 y 15.5; 19.4 y 19.7 mediante ensayos de pruebas de jarras para obtener dosis de sulfato de aluminio tipo A, con la finalidad de obtener una mayor precisión en la dosis de aplicación y evitar el exceso de residual de aluminio.

Realizar un mantenimiento y monitoreo permanente del dosificador de sulfato de aluminio y con ello mantener la unidad de floculación siempre con un funcionamiento adecuado.

Se debe dar un mantenimiento y calibración constante de los equipos utilizados en los análisis realizados al agua cruda.

La curva de calibración debe ser aplicada a un agua cruda cuyos parámetros físico químicos se encuentren dentro de los límites máximos y mínimos tratados durante la elaboración de la misma que se observan en el anexo 02.

# **CAPITULO VII**

## 7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. P 3,4.

ANDIA, Y. (2000), Tratamiento de agua coagulación y floculación, (pp.47).  
[http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e).

Arboleda, J. (2000) Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera Edición. Vol. I.

Autoridad Nacional del Agua, (2011). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial. Lima.

Barrenechea, A. (2004); Aspectos Físico- químicos del agua, (pp. 55);  
<http://www.bvsde.opsoms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>.

Barrenechea A., (2006) Coagulación. <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/cuatro.pdf>

Cabildo, P. y Bravo, J. (2010). “Reciclado y tratamiento de residuos” (2<sup>nd</sup> ed.) Madrid.

Cárdenas, Y. (2000). Tratamiento de Agua: Coagulación y Floculación.  
Recuperado de  
[http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154). Definición de AGUA CRUDA.

Dergal, S. (2006). Química de Alimentos. [ed.] Enrique Quintanar Duarte. Cuarta. México: Grupo Hernández S.A de C.V. págs. 1-12.

Digesa SA, Ministerio de Salud, (2007). Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. Lima.

Edelin, F. (1990) "Tratamiento Fisicoquímico del Agua", Ecuador.

Fontanills, S. y Antonio L. (1998). Una tecnología apropiada para la clarificación de aguas de consumo humano en poblaciones periurbanas y rurales. Tesis de Maestría.

Frank, N., Kemmer J, McCallion J. y Espinoza M. (1992). Manual de agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. [ed.] McGraw-Hill. México: Isbm 968. pág. 1.

León, J. (1999) "Optimización de polímero sintético en el tratamiento de aguas para el consumo humano en la nueva planta de tratamiento de agua potable", (Tesis de titulación), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.

Lyonnaise, E., (1985), "Tratamiento de Agua", Perú.

Mejías, C. (2006). Internalización de los Costes Ambientales Generados por el uso del Agua a través de Instrumentos Fiscales. Aplicación a la Comunidad Foral de Navarra. (Tesis doctoral). Universidad Complutense De Madrid. Recuperado de <http://biblioteca.ucm.es/tesis/ghi/ucm-t29573.pdf>.

Minsa (2014). Resolución ministerial, Informe N° 002347-2014/050/DIGESA. Lima.



- Montoya, C. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización, (148). <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3822425>.
- OMS. (2004). Guías para la calidad del agua potable, incluye primer apéndice a la tercera edición. Vol.1.
- Orellana, J. (2005), Tratamiento de las aguas, (pp. 123) [http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf).
- Organización Panamericana de la Salud, (1998). Guía para la Calidad de Agua Potable. Washington: Guidelines for drinking-water quqlity. págs. 36-37.
- Pérez, J. (2006). Avances de sedimentación. Curso sobre Tecnología de Tratamiento de Agua para Países en Desarrollo, 2006. P 1.
- Pisfil, J. (2014) “Planta de tratamiento de agua N° 01 de Chiclayo” Perú. Programa regional OPS/CEPIS de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano, 1992.
- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (2010). Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud. Lima –Perú.
- Restrepo, I., Sánchez, L., Galvis, A., Rojas, J. Y Sanabria, I. (2007) “Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento para el cumplimiento de las metas del milenio”. (Vol.3, pp. 321-350), Santiago de Cali Colombia.

- Rodríguez, A. y Ferrer, G. (2006). “La gestión integrada de los recursos hídricos en las Islas Baleares”. Investigaciones geográficas, (ISSN 0213-4691, N° 41, España. pp. 49-64)
- Rodríguez, C. (1995). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Santafé de Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. P 115.
- Rodríguez, S., García, O y Muñoz, R. (2002). Una solución factible para la clarificación de aguas para consumo humano. Noticias técnicas de laboratorio. P 21.
- Rojas, J. (2000) Purificación del Agua. México: Alfaomega. pág. 23.
- Rojas, J. (2006). Calidad de Aguas. Segunda. S.I. Escuela Colombiana de Ingeniería. págs. 19- 222.
- Romero, J. (1996) Acuiquímica. Departamento de publicaciones Escuela Colombiana de Ingenierías, (1 ed.) Colombia. 56p.
- Romero, J. (2002). Calidad del Agua. (1 ed.). P 67, 69, 70, 71.
- Tarjuelo, B., Chillaron, J., Ortega, M., Álvarez, N. (2004)”El uso sostenible de los recursos hídricos Servicio Integral de Asesoramiento al Regante (SIAR). II Jornadas sobre el medio natural albacetense”: (ISBN 84-95394-59-6, pp. 81-87), México.
- Water Poll. (1983) Inhibition of flocculation processes in systems containing organic watter. Vol 55 N 07. P 947.

# **CAPITULO VIII**

# **ANEXO 1**

## **ANÁLISIS QUÍMICOS PARA AGUA CRUDA Y AGUA POTABLE.**

### **1. ANÁLISIS DE COLOR**

#### **1.1. Fundamento**

El color del agua puede ser de origen mineral causada por sustancias metálicas como compuestos de hierro o manganeso, o se puede extraer de sustancias de origen vegetal como hojas, ramas, musgos, etc. Las cuales son inofensivas y aunque se desconoce la naturaleza química exacta de la materia colorante, se estima que son principalmente taninos, glucósidos y sus derivados. El color puede deberse también a algas, plantas acuáticas o protozoarias o residuos orgánicos o inorgánicos solubles de muchas industrias como las de textiles, minería, papel, materiales químicos, etc.

#### **1.2. Interferencias**

La turbiedad del agua y los sólidos suspendidos incluso cuando es ligera, hacen que el color aparente sea más llamativo que el color real; por tanto, ha de eliminarse la turbidez antes de aproximarse el color real, mediante centrifugado o por filtrado. De preferencia usar papel filtro con un tamaño de poro menor o igual a  $0.4\mu$ . También se puede utilizar filtro de membrana.

El valor del color de agua depende en buena medida y se incrementa invariablemente al aumentar el PH del agua.

### 1.3. Reactivos

Solución madre de color

- Se pesan 0.1246 g de  $K_2PtCl_6$  y 0.1 g de  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$  y se colocan ambos en un mismo vaso de precipitados de 100 ml. se añaden aproximadamente 0 ml. de agua destilada.
- Se añaden 10 ml de HCl concentrado y se agita hasta disolver.
- Se trasfiere la solución resultante a una fiola de 100 ml. y se enrasa con agua destilada. Se guarda la solución en un frasco ámbar.
- La solución resultante es de 500 unidades de color (U.C.) y es estable por varios meses.

### 1.4. Materiales:

- Vaso de precipitación de 100 ml.
- Fiola de 100 ml.
- Tubos de Nessler de 100 ml.

### 1.5. Preparación de estándares:

#### - Preparación de patrones de color:

Se llevan los siguientes volúmenes de solución de madre de color (50 U.C.) a fiolas de 100 ml. para obtener los patrones correspondientes, luego trasvasar a los tubos Nessler de 100 ml. Un tubo Nessler similar lleno hasta la marca se enrasa con agua destilada servirá como patrón de 0 U.C.

Volumen inicial	Patrón obtenido
1 ml	5 U.C.
2 ml	10 U.C.
4 ml	20 U.C.
6 ml	30 U.C.
8 ml	40 U.C.
10 ml	50 U.C.
12 ml	60 U.C.
14 ml	70 U.C.

- Se protegen los patrones con tapones limpios de caucho y se llena herméticamente. Estos patrones de color son estables durante varios meses.

#### 1.6. Procedimiento

- Si la muestra tiene menos de 70 U.C. se vierten 100 ml de la muestra en un tubo Nessler similar a los tubos que tienen los patrones y se comparan con estos. Se toma como medida de color la muestra el valor del patrón más parecido a esta o el valor intermedio entre los dos patrones más parecidos a la muestra.
- Si la muestra tiene más de 70 U.C. se toma una alícuota de la muestra y se diluye a 100 ml en el tubo Nessler. Se calcula el valor de la muestra diluida de manera descrita en el paso anterior y el resultado obtenido se multiplica por el factor de dilución correspondiente, calculado como:  $100 \text{ ml} / \text{ml muestra original}$ .
- El valor de la medida de color en el agua depende en gran medida del pH de la muestra. Al hacer de color es convenientemente medir el pH de la muestra y reportar este valor.

## **2. ANÁLISIS DE PH**

### **2.1. Fundamento**

El objetivo del método es determinar el valor de pH de muestras de agua potable y residual que se obtiene por medidas potenciométricas usando un electrodo de vidrio.

El pH se define como el logaritmo del inverso de la concentración de iones de hidrógenos y representa el grado de alcalinidad o acidez de una solución.

En las aguas crudas el pH tiene un valor óptimo en el cual se logra una mejor coagulación en las aguas tratadas, se relacionan los valores de pH con los de alcalinidad para conocer mediante la curva de Baylis la calidad corrosiva o incrustante del agua.

### **2.2. Interferencias**

Los iones sodios causan interferencias cuando se miden pH altos, por la baja actividad del ion hidrogeno. A pH menores que 12 el error es insignificante, debido a que la membrana del electrodo está compuesta por un vidrio especial que arroja bajo error, sin embargo, a pH mayores que 12 se debe agregar un valor de corrección.

### **2.3. Reactivos**

- Solución buffer certificados de pH 4.01. 7.00 y 10.00
- Solución de EDTA, 0.1M: pesar 37.2 g. de la sal sódica de dietil-tetramino acético, disolver y diluir a 1 litro con agua destilada.

- Ácido clorhídrico, HCL, 0.1M: Medir 8.5 ml de HCL concentrado y diluir a 1 litro con agua destilada.

#### **2.4. Materiales**

- Vasos de 150 ml.

#### **2.5. Equipos**

- PH meter CG 840
- Electrodo combinado de pH.

#### **2.6. Procedimiento**

Preparación de electrodo de pH.

a. El electrodo de pH consta de las siguientes partes:

- Cámara interna orificio de llenado
- Electrodo de referencia
- Unión de referencia
- Bulbo sensor de PH

b. Limpiar el bulbo con agua destilada; llenar el electrodo por el orificio de llenado con una solución electrolítica de KCl 3 mol/l, el nivel de llenado debe encontrarse una pulgada por encima del nivel de la muestra.

Agitar el electrodo como un termómetro clínico, para remover las burbujas de aire.

c. Almacenamiento del electrodo; el electrodo de pH debe almacenarse en 200 ml de solución buffer de pH 7 al cual se agregó 1 g. de KCL.



d. Limpieza del electrodo:

- Para eliminar sales inorgánicas, sumergir el electrodo en una solución ácida de HCl 0.1M por 30 minutos. Luego enjuagar con agua destilada y sumergir el electrodo en una solución de EDTA 0.1M por 15 minutos.
- Para eliminar los residuos de aceites y grasas, sumergir el electrodo en metanol por 30 minutos.
- Para eliminar residuos de proteínas, sumergir el electrodo en una solución de hipoclorito de sodio al 10% por 5 minutos.
- Después de realizar algún procedimiento de limpieza, drenar, la solución interna y rellenar la cámara con solución electrolítica.

## 2.7. Medición

Calibración de pH usando 2 buffer.

- Sumergir el electrodo en la primera solución tampón y oprimir la respectiva tecla de valor de pH. En la pantalla aparecen "CAL", "WAIT", "P1" y el respectivo valor.
- Cuando está identificada la solución tampón, el indicador "WAIT" es intermitente; tan pronto como el valor se ha estabilizado, se paga "WAIT". El indicador "P2" intermitente invita a continuar con la calibración.
- El electrodo se enjuaga con agua estilada y se repite el proceso con la segunda solución tampón. Cuando el

medidor de valor-pH ha asumido la calibración aparece “CAL” y “OK”, luego el punto cero del electrodo en “PH” y a pendiente “%”.

- Ahora se encuentra preparado el medidor de valor – pH con el electrodo para la medición. Si se desea que aparezca el punto cero y la pendiente en forma repetida, es necesario oprimir una de las teclas de valor de taponamiento y luego la tecla “pH”.

### **3. ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD**

#### **3.1. Fundamento**

La conductividad específica es una medida de la capacidad que tiene una muestra de transmitir la corriente eléctrica.

Este parámetro depende de la concentración total de sustancias iónicas disueltas en el agua y la temperatura a la cual se hace la medida. Afectan esta medida la naturaleza de los distintos iones disueltos, sus valencias o sus concentraciones reales o relativas.

El agua destilada fresca tiene entre 0.05 y 0.2  $\mu\text{MHhos/cm}$ , incrementándose después de varias semanas de almacenamiento entre 0.2 y 0.4  $\mu\text{MHhos/cm}$ .

Este incremento es causado principalmente por la absorción de dióxido de carbono y en menor cantidad amoníaco.

Como cada ion tener un coeficiente de temperatura, para mayor precisión en los trabajos, la conductividad debe ser determinada a 25°C.

#### **3.2. Toma de muestra y preservación**

Se requiere de aproximadamente 10 a 200 ml de muestra, se puede almacenar en botellas de pastico o de vidrio y efectuar la medición en un tiempo máximo de 24 horas.

Se recomienda efectuar esta medición en el sitio con el instrumento de campo apropiado.

### **3.3. Materiales**

- Vaso de 200 ml.

### **3.4. Equipo**

- Conductímetro HACH

### **3.5. Medición**

- Conectar el conductímetro HACH.
- Presionar el botón de encendido. I/O
- Efectuar la medición sumergiendo el sensor de conductividad dentro de un vaso que contiene la muestra de agua.
- Agitar el sensor en el fondo del vaso para estar seguro de que no haya burbujas de aire atrapadas cerca del electrodo.
- Esperar hasta que se estabilice el equipo y aparezca el equipo y aparezca la señal READY, luego tomar la lectura.
- Enjuagar el sensor con abundante agua destilada tratando de que el agua pase por el orificio del sensor.

## **4. ANÁLISIS DE DUREZA TOTAL**

### **4.1. Fundamento**

La dureza en aguas cruda sirve como índice del grado de mineralización del agua, en las aguas tratadas la dureza se determina para evaluar la eficiencia del proceso de ablandamiento.

La dureza se atribuye principalmente a las sales de calcio y magnesio, debido a que el hierro, magnesio, cobre, barrio, plomo y zinc están presentes en cantidades muy bajas.

Si los carbonatos y bicarbonatos están presentes en concentraciones iguales o mayores a la concentración de calcio y magnesio, cuando el agua se evapora por calentamiento, se forma un depósito que consiste principalmente de Hidróxidos de calcio y de magnesio.

Este tipo de dureza se llama CARBONATADA, ya que estos depósitos se disuelven fácilmente con ácido, se denomina también temporal.

Cuando la alcalinidad los sulfatos y cloruros más solubles pueden formar depósitos que no son fácilmente disueltos por ácidos y en este caso se denomina dureza no carbonatada o permanente. Los compuestos que causan dureza permanente se denominan comúnmente como incrustantes.

### **4.2. Reactivos**

- NaCN sólido en cristales (precaución; es extremadamente tóxico y debe manejarse con sumo cuidado. Manejar con

espátula y evitar todo contacto con la piel, vía respiratoria o mucosas).

- Solución amortiguadora:
  - a) Pesar 1.179g de sol disódica de EDTA y 0.780g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Disolver ambos compuestos en aproximadamente 50 ml. de agua destilada.
  - b) Pesar 16.9g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y disolver en 143ml de  $\text{NH}_3$  concentrado.
  - c) Disolver (a) en (b). Llevar a 250 ml con agua destilada.
  - d) La mezcla tiene un tiempo de vencimiento de un mes.
- Indicador solido de negro de ericromo T: pesar 0.5g de negro de ericromo T y 100g de NaCl en cristales. Poner ambos en mortero y mezclar hasta obtener un color completamente uniforme. Guardar en un frasco herméticamente cerrado.
- Solución estándar de EDTA 0.01M; pesar 3.723g de  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  (sal disodica de EDTA) en agua destilada y llevar a 1l.
- Solución estándar de  $\text{CaCO}_3$ ; pesar 1.000g de  $\text{CaCO}_3$  (anhidro, estándar primario, previamente secado en estufa a  $105^\circ\text{C}$  durante dos horas), llevar a un matraz de 500ml y añadir gotas de HCl (1:1) hasta disolver. Añadir 200ml de agua destilada y hervir de 3 a 5 minutos para eliminar el  $\text{CO}_2$ .
- Enfriar y añadir unas gotas de indicador rojo de metilo y ajustar al color naranja intermedio por adición de  $\text{NH}_4\text{OH}$  3N o HCl 1+1, según se requiera transferir cuantitativamente a una fiola de 1L. enrasar con agua destilada. La concentración de la solución resultante se puede expresar como 1.00mg  $\text{CaCO}_3$ .

#### 4.3. Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 250ml.

- Bureta graduada de 50ml.
- Probeta graduada de 50ml.

#### 4.4. Procedimiento

- Calcular el factor volumétrico (f) de la solución EDTA 0.01M titulando 15 o 20 ml de solución estándar de  $\text{CaCO}_3$ , siguiendo el procedimiento descrito más adelante. Expresar el resultado como: “mg de  $\text{CaCO}_3$  equivalente a 1.0 ml de solución d EDTA.”

Así:

$$f = \frac{\text{Volumen titulado de solución estándar de CaCO}_3}{\text{Gasto real de solución de EDTA}}$$

- Seleccionar un volumen adecuado de muestra, transferir a un matraz de 250ml y llevar a 50ml con agua destilada.

VOLUMENES	RANGOS
50ml	0-300mg $\text{CaCO}_3$ /l
25ml	300-600mg $\text{CaCO}_3$ /l
10ml	600-1500mg $\text{CaCO}_3$ /l

- Utilizar 50ml de agua destilada en otro matraz como blanco y testigo de comparación de color.

- Añadir 2ml de solución amortiguadora a los dos matraces. Después de agregar esta solución fija un tiempo límite de 5min. De duración para la titulación a fin de reducir al mínimo la tendencia a la precipitación de  $\text{CaCO}_3$ .
- Añadir una medida (aprox. De 0.25g) de cristales de NaCN a los dos matraces y agitar hasta disolver.
- Añadir una medida, similar a la anterior, de indicador solido a los dos matraces y agitar hasta disolver. Se observa en los matraces una coloración violeta.
- Llevar la bureta a cero con la solución de  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  y titular, gota a gota, el blanco hasta que el color de este vire de violeta a azul incipiente, se suelen necesitar de dos a tres gotas (aprox. 0.2ml). Se anota la lectura de la bureta como "B" y se lleva la bureta hasta la marca cero.
- Se empieza a titular rápidamente la muestra hasta que el color violeta de esta desaparezca. Se detiene a titulación por 10seg, aunque sin dejar de agitar el matraz, luego seguir titulando gota a gota, hasta alcanzar el mismo color azul que el blanco. Se anota la lectura de la bureta como "A".
- Se toma como gasto real, el gasto de solución  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  en la titulación de la muestra menos el gasto de dicha solución en la titulación del blanco (es decir, se toma el valor de A-B).

#### 4.5. Cálculos:

Se calcula la dureza del agua en  $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ .

$$\text{Dureza total} = \frac{(A - B) * f * 1000}{\text{ml muestra}}$$

Dónde:

(A-B) = Gasto real de solución de Na<sub>2</sub>EDTA, en ml.

f= factor volumétrico de la solución de Na<sub>2</sub>EDTA.

## 5. ANÁLISIS DE SULFATOS

### 5.1. Fundamento

Los sulfatos son uno de los aniones más abundantes en las aguas naturales. En combinación con el calcio y magnesio son responsables de las incrustaciones duras que se encuentran comúnmente en los aparatos por donde se conduce, se calienta o se evapora agua (tuberías, calderas, utensilios domésticos, etc.)

En concentraciones de 500mg/L tienen acción laxante en el hombre, lo sulfatos pueden contribuir a crear problemas de malos olores al ser reducido por las bacterias reductoras, ya que se da origen al ácido sulfúrico, bajando el pH del agua causando problemas de corrosión.

Los sulfatos provienen de los suelos que s ricos o que contienen cantidades apreciables de yeso y minerales similares. También pueden provenir del último estado de oxidación de sulfuros, sulfitos o tiosulfatos de los suelos.



En el ciclo biológico del azufre los sulfatos también pueden existir en el estado de oxidación de la materia orgánica, pero ellos a su vez servirán de fuente de energía a cierto tipo de bacterias que usan el elemento en su mantenimiento.

## 5.2. Reactivos

Solución amortiguadora: disolver en 250 ml de agua destilada:

- 15 g de  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- 1.51 g de Acetato de sodio anhidro.
- 0.5 g de  $\text{KNO}_3$
- 10 ml de ácido acético 99%.

Transferir a una fiola de 500 ml y enrasar con agua destilada.

- Cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) en cristales entre 20 y 30 mesh (tamaño de las partículas).
- Solución estándar de sulfato: disolver 0.1479 g de sulfato de sodio anhidro o 0.18125 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  en agua destilada. La solución resultante es de 100 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$ . También se puede expresar como; 1.0 ml=0.1mg  $\text{SO}_4^{2-}$ .

## 5.3. Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- Cuchara de medida de 0.2 a 0.3 mg de capacidad.
- Fiolas de 100 ml de capacidad.

## 5.4. Equipos

- Agitador magnético
- Cronometro
- Fotómetro

- Turbidímetro digital.

### **5.5. Procedimiento**

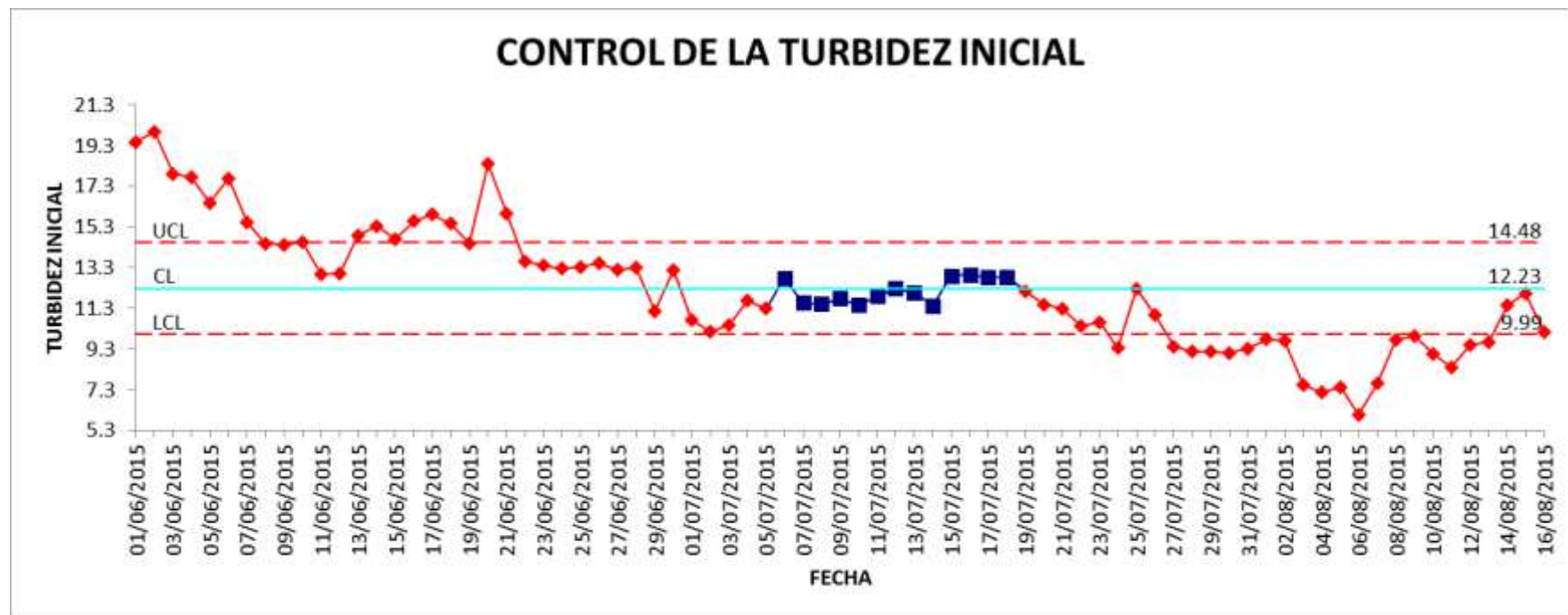
- Se toma 100 ml de la muestra o una porción diluida 100 ml, si la concentración de sulfato es mayor a 40 mg/l (en este caso anotar el factor de dilución correspondiente).
- Se añade a esta muestra 20 ml de solución amortiguadora, se lleva a agitación magnética y se mide la turbidez de la muestra. Este paso no es necesario en muestras que presenten muy poca turbiedad.
- Se da a la muestra el mismo tratamiento que a los estándares.

### **5.6. Cálculos**

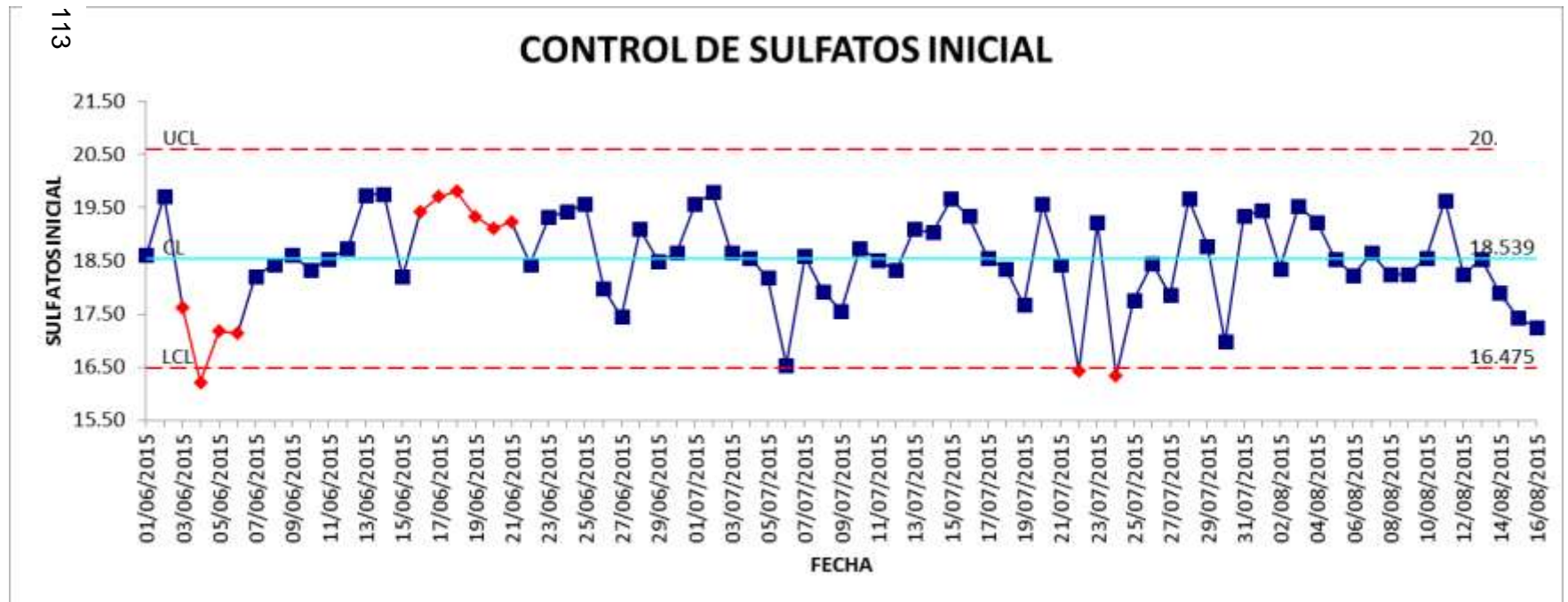
- Se toma el valor de la diferencia de turbiedad antes y después de añadir los cristales de cloruro de bario (en caso de no haberlo medido se toma el primer valor como cero), y se confronta este valor con la curva de calibración para obtener la concentración de sulfatos.
- Si se tomó una porción diluida de muestra, se multiplica el valor de concentración de sulfatos obtenido por el factor de dilución correspondiente.

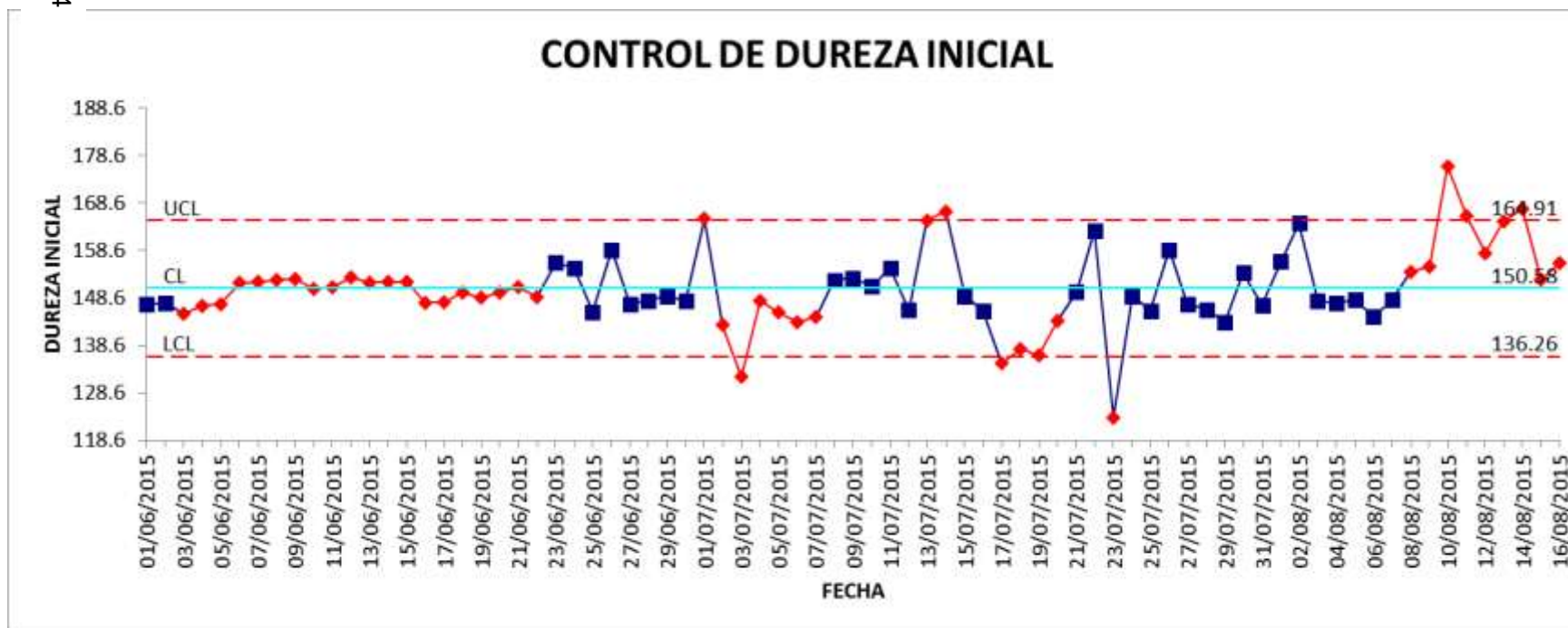
## ANEXO 2

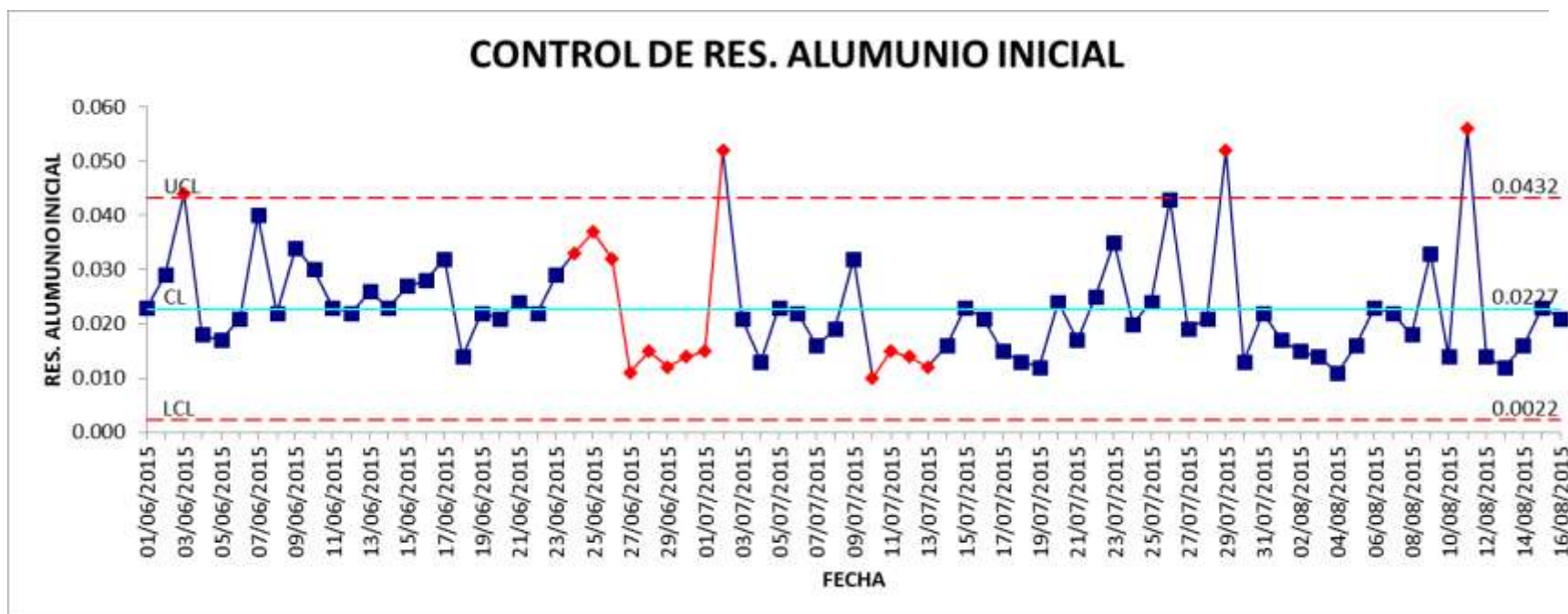
LÍMITES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LOS PARAMETROS DEL AGUA CRUDA TRATADA EN EPSEL S.A DURANTE LOS MESES DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO.







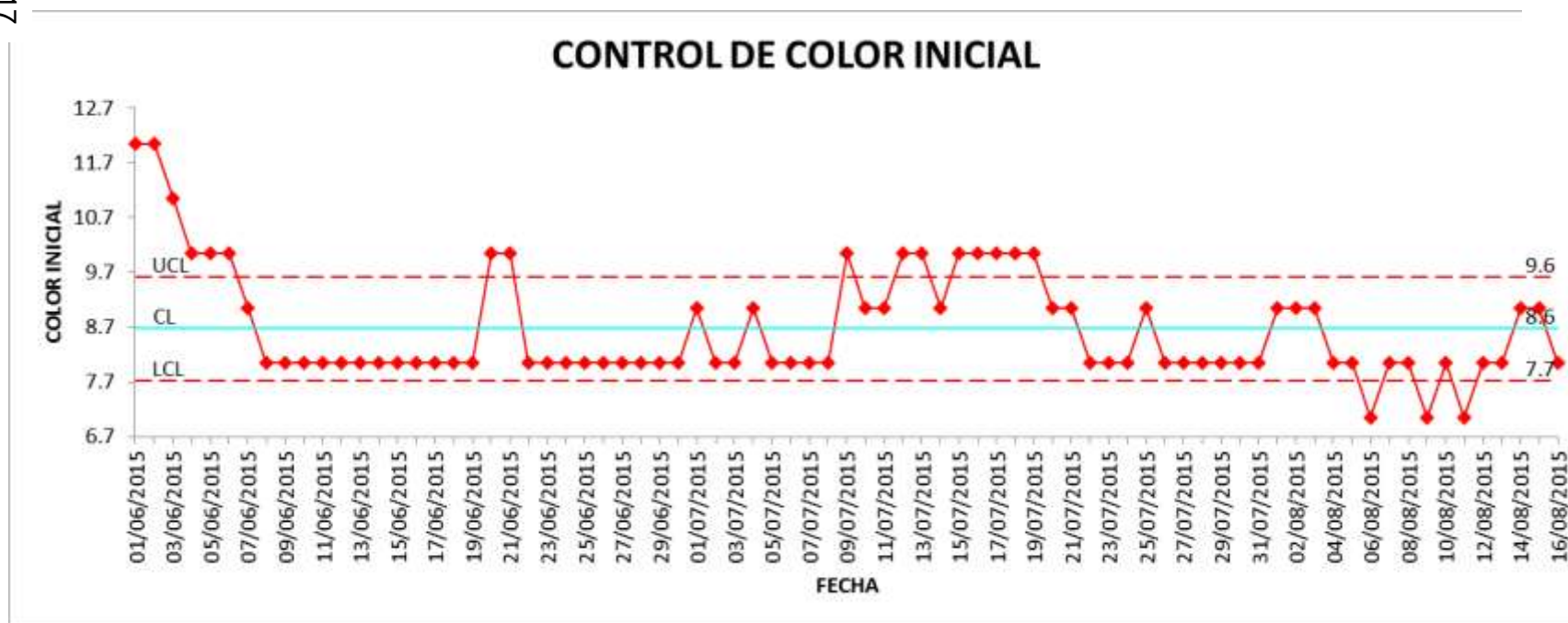












## ANEXO 3

### SEGURIDAD EN EL MANEJO DE INSUMOS QUÍMICOS

#### 1. Conceptos Básicos de Seguridad.

**Peligro:** es toda situación, condición o elemento con potencial de dañar o afectar a las personas, equipos, etc.

**Riesgo:** es el efecto que puede ocasionar un agente peligroso a las personas o equipo, etc.

**Perdida:** derroche innecesario de cualquier recurso; perdona, insumo, equipos, etc.

**Accidente:** es un acontecimiento violento, repentino, prevenible y no deseado, que interrumpe un proceso normal de trabajo y ocasiona daños o deterioros a personas, materiales, equipos e infraestructura.

#### 2. Seguridad en Manejo de Productos Químicos.

Disciplina que comprende actividades de orden técnico, legal, humano y económico que vela por el bienestar humano y la propiedad física de la empresa.

Además, es una herramienta fundamental en el control de pérdidas y en la prevención de riesgos.

### **3. Productos Químicos en Tratamiento de Agua**

Los productos químicos pueden ser sólido, líquido y gaseoso, pueden ser considerados materiales peligrosos en potencia ya sea con el manejo, uso, almacenamiento o transporte, sin seguridad.

#### **3.1. Riesgos en el Empleo de Productos Químicos.**

Los productos químicos pueden generar o desprender polvos, humos, gases, líquidos, vapores irritantes, explosivos, corrosivos, asfixiantes, tóxicos, etc., en el manejo, uso, almacenamiento o transporte.

Evitar riesgos, portando gafas, guantes y mascara contra vapores.

En caso de accidentes, lavar con agua las salpicaduras en ojos y piel, de persistir el malestar buscar ayuda médica.

#### **3.2. Manejo Seguro del Sulfato de Aluminio**

Al trabajar con el insumo químico es muy importante conocer el nombre comercial y técnico, así como la hoja técnica, características; solido, liquido, reactividad, etc.

Se debe conocer la hoja de seguridad del producto químico: características físicas, químicas, riesgos, equipos de protección, etc.

## **4. Seguridad en la Manipulación de Sulfato de Aluminio**

### **4.1. Identificación de Riesgos.**

- Producto catalogado como no peligroso.
- Astringente y propiedades laxantes.
- Acción irritante para los ojos, piel y membranas mucosas.
- Por contacto con la piel; leves irritaciones.
- Por ingestión, irritación de la boca, laringe, tracto intestinal, etc.

### **4.2. Primeros Auxilios**

- Contacto con la piel; lavarse con abundante agua.
- Inhalación; retirar a zonas de aire fresco
- Ingestión; beber bastante agua, inducir al vomito.
- En caso de malestar buscar ayuda médica.

### **4.3. Manejo y Almacenaje**

- Manejo; usar equipo de protección personal que cubre todo el cuerpo, guantes, mascarilla, lentes, etc.
- Derrames menores; lavar con abundante agua.
- Derrames mayores; juntar con cuidado y recoger en recipientes identificados y trasladar a botaderos autorizados.

# ANEXO 04.

## FORMATO DE PRUEBA DE JARRAS

EPSEL S.A.

### PRUEBA DE JARRAS

NOMBRE DE LA FUENTE: Planta N° 1 de Chiclayo  
FECHA: 14 de Abril del 2014.

AGUA CRUDA			DOSIFICACION mg/L			OBSERVACIONES VISUALES			AGUA SEDIMENTADA				AGUA FILTRADA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
JARRA	N°	Color	U.C.	Alcalinidad	Coagulante: ppm	Concentración de solución del sulfato de aluminio	Ayudante: Nombre	Tiempo de formación de floc	Índice de Winkler	FLOCULACION: Tiempo de floc 14 min tot 15 min		SEDIMENTACION Tiempo de		FILTRACION																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		Turbiedad	UNT							Quiezo	Total	pH	Color	Turbiedad residual	µS/cm	pH	Color	Turbiedad residual	µS/cm	U.C.	Turbiedad	Alcalinidad residual	mg/L	Alcalinidad	mg/L																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1	8.16	150.6	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										</

#### OTRAS OBSERVACIONES

Orden de la aplicación de los productos

químicos

Sulfato de Aluminio tipo A.

Temperatura del agua: 22.0° C

#### ÍNDICE DE WILCOB

0 - Floc coloidal. Ningún de aglutinación  
2 - Visible Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no  
entrenado.  
4 - Disperso. Floc muy bien formado pero no  
uniformemente distribuido.  
6 - Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.  
8 - Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente.  
10 - Excelente. Floc que se deposita todo, dejando el agua  
cristalina.

0

6 - Claro. Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.  
8 - Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente.  
10 - Excelente. Floc que se deposita todo, dejando el agua  
cristalina.

Responsable del Análisis

Jefe Dpto. Planta de Tratamiento Agua

VºBº Oficina de Control de Calidad



## ANEXO 05.

### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES. REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D.S. Nº 031-2010-SA.

#### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS.

##### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

## LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARAMETROS DE CALIDAD ORGANOLEPTICA

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE  
CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

## LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARAMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS.

### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04



Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolaclo	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Clorpirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
73. Dicloroacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,9
74. Formaldehído	mgL <sup>-1</sup>	0,02
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 3:** La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{LMP_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

## LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS RADIATIVOS.

### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS RADIATIVOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2. Actividad global $\alpha$	Bq/L	0,5
3. Actividad global $\beta$	Bq/L	1,0

**Nota 1:** Si la actividad global  $\alpha$  de una muestra es mayor a 0,5 Bq/L o la actividad global  $\beta$  es mayor a 1 Bq/L, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.

## ANEXO 6

### FOTOS

**FOTO 01:** INGRESO DE AGUA CRUDA A LA PLANTA N°1



**FOTO 02:** CONTROL DE SULFATO DE ALUMINIO EN PLANTA



**FOTO 03: SULFATO DE ALUMINIO GRANULADO TIPO A**



**FOTO 04: MEZCLA RAPIDA DEL SULFATO DE ALUMINIO**





**FOTO 05: SEDIMENTADOR SUR DE PLANTA N°1**



**FOTO 06: SEDIMENTADOR NORTE DE PLANTA N°1.**



**FOTO 07: EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS**



**FOTO 08: PREPARACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO**



**FOTO 09:** ADICION DE SULFATO DE ALUMINIO



**FOTO 10:** SEPARACIÓN DEL AGUA TRATADA PARA LOS ANÁLISIS.





**FOTO 11: ANÁLISIS DE ALUMINIO**



**FOTO 12: ANÁLISIS DE DUREZA**

